

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet
University of Zagreb Faculty of Textile Technology

TEKSTILNA ZNANOST I GOSPODARSTVO



TEXTILE SCIENCE & ECONOMY

ZBORNIK RADOVA

6. znanstveno-stručno savjetovanje
Tekstilna znanost i gospodarstvo

BOOK OF PROCEEDINGS

6th International Scientific-Professional Symposium
Textile Science and Economy

24. siječnja 2013, Zagreb, Hrvatska

24th January 2013, Zagreb, Croatia

ISSN 1847-2877

Ključni naslov: Tekstilna znanost i gospodarstvo

Skraćeni ključni naslov: Tekst. znan. gospod.

Organizacija/Organized by:

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**



**UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF TEXTILE TECHNOLOGY**

**ZNANSTVENO VIJEĆE ZA TEHNOLOŠKI RAZVOJ
HRVATSKE AKADEMIJE ZNANOSTI I UMJETNOSTI**



**THE SCIENTIFIC COUNCIL FOR TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF
CROATIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS**

AKADEMIJA TEHNIČKIH ZNANOSTI HRVATSKE



CROATIAN ACADEMY OF ENGINEERING

Suorganizator/Co-organizer:



Pokrovitelji/Patrons:



URED PREDsjedNIKA RH - IVO JOSIPOVIĆ
 OFFICE OF THE PRESIDENT OF CROATIA



MINISTARSTVO ZNANOSTI, OBRAZOVANJA I SPORTA
 MINISTRY OF SCIENCE, EDUCATION AND SPORTS



MINISTARSTVO GOSPODARSTVA
 MINISTRY OF ECONOMY



MINISTARSTVO RADA I MIROVINSKOGA SUSTAVA
 MINISTRY OF LABOUR AND PENSION SYSTEM



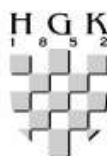
MINISTARSTVO PODUZETNIŠTVA I OBRTA
 MINISTRY OF ENTREPRENEURSHIP AND CRAFTS



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 UNIVERSITY OF ZAGREB



HRVATSKI INŽENJERSKI SAVEZ TEKSTILACA, ZAGREB
 CROATIAN ASSOCIATION of TEKSTILE ENGINEERS



HRVATSKA GOSPODARSKA KOMORA
 CROATIAN CHAMBER OF ECONOMY



HRVATSKA OBRRTNIČKA KOMORA
 CROATIAN CHAMBER OF TRADES AND CRAFTS



HAMAG INVEST
 HAMAG INVEST



HRVATSKA UDRUGA POSLODAVACA
 CROATIAN EMPLOYERS ASSOCIATION

Izdavač/Publisher:

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, Hrvatska

Urednici/Editors:

Prof. dr. sc. Željko Penava
Dr. sc. Ivana Gudlin Schwarz

Tehnički urednici/Technical Editors:

Prof. dr. sc. Željko Penava
Dr. sc. Ivana Gudlin Schwarz

TZG logo/TZG logo:

Dr. sc. Martinia Ira Glogar, doc.

Priprema za tisak/Page Layout:

Prof. dr. sc. Željko Penava

Kontakt adresa/ Contact address:

Sveučilište u Zagrebu	University of Zagreb
Tekstilno-tehnološki fakultet	Faculty of Textile Technology
Prilaz baruna Filipovića 28a	Prilaz baruna Filipovića 28a
HR-10000 Zagreb	HR-10000 Zagreb
☎: +(385) (1) 3712500	☎: +(385) (1) 3712500
✉: tzg@ttf.hr	✉: tzg@ttf.hr
http://tzg.ttf.unizg.hr	http://tzg.ttf.unizg.hr

Opaska/Note:

Svi radovi u ovom zborniku su recenzirani. Bez obzira na to, urednici i organizator ne odgovaraju za sadržaj prikazan u ovoj publikaciji. Sva prava pripadaju autorima, što znači da će daljnji uvjeti objave rada biti dogovoreni sa samim autorima. Nakon objave Zbornika TZG 2013, autori kao i druge osobe ili institucije koji žele objaviti reference ili na neki način koriste rad iz ove publikacije, se mole da navedu prethodnu objavu rada u Zborniku TZG 2013.

All the papers presented in this publication have been reviewed. However the editors and the organizers are not responsible for the contents presented within the papers. All the rights belong to the authors, meaning further publication conditions should be agreed upon with the authors. Upon the Book of the Proceedings publication the authors, so as the other persons or institutions wishing to publish reference or in some other manner use the papers from this publication are kindly requested to explicitly identify prior publication in the Book of the Proceedings 2013.

Znanstveni odbor/Scientific Programme Committee:

Predsjednik/President: Dr. sc. **Željko Bihar**, doc.
Prof. dr. sc. **Maja Andrassy**
Prof. dr. sc. **Sandra Bischof**
Prof. dr. sc. **Drago Katović**
Prof. dr. sc. **Gordana Pavlović**
Prof. dr. sc. **Tanja Pušić**
Prof. dr. sc. **Dubravko Rogale**

Organizacijski odbor/Organizing Committee:

Predsjednik/President: Dr. sc. **Ivan Novak**, doc.
Vinko Barišić, dipl. ing.
Dr. sc. **Željko Bihar**, doc.
Ivan Cerovečki
Zoja Crnečki
Sandra Franko, dipl. oec.
Dr. sc. **Ivana Gudlin Schwarz**
Mr. sc. **Branko Pavlović**
Prof. dr. sc. **Željko Penava**
Dr. sc. **Ivana Salopek Čubrić**
Srećko Sertić
Bosiljka Šaravanja, dipl. ing.
Dr. sc. **Ruža Šurina**
Marija Šutina Kujundžić

Recenzenti/Reviewers:

Prof. dr. sc. Maja Andrassy; Prof. dr. sc. Dubravko Rogale; Prof. dr. sc. Željko Penava; Dr. sc. Željko Bihar, doc.; Prof. dr. sc. Drago Katović; Prof. dr. sc. Gordana Pavlović; Prof. dr. sc. Zlatko Vrljić; Prof. dr. sc. Sandra Bischof; Prof. dr. sc. Ružica Čunko; Prof. dr. sc. Tanja Pušić; Dr. sc. Ivana Salopek Čubrić, doc.

Riječ urednika

Upravo prolazi već šest godina otkako je Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu (TTF) pokrenuo inicijativu održavanja Savjetovanja Tekstilna znanost i gospodarstvo (TZG) u sklopu kojeg je redovito objavljan i Zbornik radova poput ovoga koji je upravo pred vama.

Kao i Savjetovanje kojeg prati, svaki naredni Zbornik radova donosi novine, prvenstveno u kvaliteti i sadržaju, što je karakteristika i ovog Zbornika. Dodatna novost je u izdavačkom obliku napuštanjem tiskanog izdanja i prelaskom na elektronsku formu e-Zbornika. Ovakav izdavački oblik je usvojen prvenstveno stoga što prati opći informatički razvoj, te naglašava našu ekološku svijest i savjest i praktičnost u rukovanju i korištenju.

Uredništvo se, kao i svi uključeni u organizaciju Savjetovanja, maksimalno angažiralo na pozivima i poticanju priznatih stručnjaka, gospodarstvenika i znanstvenika za sudjelovanje svojim radovima na Savjetovanju u želji da kvaliteta objavljenog bude prepoznata kako u znanstvenim tako i u stručnim krugovima.

Nažalost, ovo Savjetovanje održava se u razdoblju izrazito teške gospodarske situacije, duboke recesije koja je uz sve ostale prerađivačke grane zahvatila i tekstilno gospodarstvo već od ranije oslabljeno globalnim ekonomskim turbulencijama. Duboka kriza je snažno pogodila mlade, najviše u pogledu visoke nezaposlenosti. Upravo zato se Savjetovanje ovog puta naglašeno okreće mladim ljudima, studentima TTF-a, ali i ostalim studentima, što se odražava i u podjeli programa na gospodarski i studentski dio, uz već uobičajeno sudjelovanje znanstvenika. Ovakvim ciljanim pristupom želi se ostvariti sinergijsko povezivanje resursa TTF-a, drugih fakulteta i udruge e-STUDENT, s gospodarskim subjektima, institucijama, poduzetničkim inkubatorima, bankama i tvrtkama koje nude komplementarne usluge i proizvode.

U spomenutom cilju predstavljen je i izbor glavnih tema savjetovanja poput: "*Potencijali TTF-a*", "*Pogled gospodarstva na ulogu TTF-a u gospodarskim aktivnostima*", "*Aspekti stranih ulaganja u hrvatski TOKGO*", te izlaganje "*Strateški okviri i akcijski plan za sektore TOKGO*". U studentskom bloku Savjetovanja naglasak je stavljen na aktivnosti udruge e-STUDENT i aktivnosti oko studentskih poduzetničkih inkubatora i povezivanja gospodarstva sa mladim i inovativnim snagama - studentima.

Uz početno izlaganje dekanice TTF-a, te četiri tematska predavanja, Zbornik je podijeljen na sedam tematskih cjelina: *Vlakna i materijali*, *Mehaničke tehnologije*, *Oplemenjivanje*, *Odjevna i obučarska tehnologija*, *Ispitivanje tekstilija*, *Dizajn i marketing*, i *Ostale teme*. Ukupno objavljeno 25 kvalitetnih radova koji će na samom savjetovanju biti predstavljeni i u obliku poster prezentacija, a svi objavljeni radovi su prošli rigoroznu stručnu i znanstvenu recenziju. Razumijevajući značaj i potrebu regionalne suradnje, na Savjetovanje su se odazvali brojni znanstvenici i stručnjaci iz regije čiji su radovi također objavljeni u ovom Zborniku.

Na samom kraju ove Riječi urednika želimo se zahvaliti autorima radova, recenzentima, redakciji i uredništvu Zbornika te svim drugim suradnicima koji su svojim predanim i odgovornim radom pomogli objavljivanju ovog Zbornika radova. Zbornik, svojom ozbiljnošću analiza i mnoštvom aktualnih podataka svakom čitatelju/ici omogućava zanimljiv uvid u hrvatsko tekstilno gospodarstvo, tekstilnu znanost, te njihovu ekonomsku i stručnu povezanost. Samo stavljanjem znanosti u funkciju gospodarstva ostvarit ćemo značajnije pomake u zajedničkim nastojanjima povećanja konkurentnosti hrvatskog TOKGI sektora.

Zagreb, 24. siječnja 2013.

Urednici Zbornika:



Prof. dr.sc. Željko Penava



Dr. sc. Ivana Gudlin-Schwarz

Editors' word

The six year is just passing by since the Faculty of Textile Technology, University of Zagreb (FTT) has launched initiative for the Textile Science and Economy (TSE) Conference within which a Proceedings such as the one in front of you, are regularly published.

As Conference, each succeeding Proceedings brings novelty, primarily in quality and content, which is a feature of this Proceedings as well. Added novelty is in publishing, leaving a print edition and the transition to electronic edition in the form of e - Proceedings. Such publishing format was adopted primarily because it follows the general informatics development and underlines our environmental awareness and conscience as well as convenience in handling and use.

Editorial Board, as well as everyone involved in the organization of the Conference, was maximally engaged in calling and encouraging renowned experts, entrepreneurs and scientists to participate at the Conference with their papers, in order to make published quality recognized in both the scientific as well as in professional circles.

Unfortunately, this Conference takes place during an extremely difficult economic situation, the deep recession that with all other manufacturing industries has particularly affected the textile economy already weakened by global economic turbulence. The deep crisis has strongly affected the young, the most in terms of high unemployment. That is why this year's Conference emphasis turning to young people, students of FTT and other students, which is reflected in the division of the economic and the student section, in addition to the usual participation of scientists. The aim of such targeted approach is to achieve synergistic resources of FTT, other faculties and e-STUDENT association, with economic entities, institutions, business incubators, banks and companies that offer complementary services and products.

In the already mentioned aim, the choice of the main themes of the Conference has been presented, such as: "FTT potentials", "Economy view to the role of FTT in economic activities", "Aspects of foreign investments in the Croatian TOKGOI" and "A strategic framework and action plan for the sectors TOKGOI". In student section the emphasis is placed on the activities of the association e-STUDENT and activities on student business incubators and economic connections with young and innovative forces - students.

With initial exposure of Dean of FTT and four thematic lectures, Proceedings is divided into seven thematic sections: *Fibers and Materials*, *Mechanical Technology*, *Finishing*, *Garment and footwear technology*, *Textile testing*, *Design and marketing* and *Other topics*. A total of 25 high-quality published papers at the symposium will be presented in the form of poster presentations and all published papers have undergone a rigorous technical and scientific review. Understanding the importance and necessity of regional cooperation, the Conference was attended by a number of scientists and experts from the region, whose works were also published in the Proceedings.

At the end of this Editors' word, we would like to thank authors, reviewers and an editorial staff of Proceedings and all other associates whose dedicated and responsible work helped the publication of these Proceedings. Proceedings, with its serious analysis and a host of current data, every reader is provided an interesting insight into the Croatian economy, textile, textile science and their economic and professional connections. Only by putting science into the function of the economy, we will achieve significant improvements in joint efforts to increase the competitiveness of Croatian TOKGI sector.

Zagreb, January 24, 2013.

Proceedings Editors:



Prof. Željko Penava, PhD



Ph D. Ivana Gudlin-Schwarz



SADRŽAJ

CONTENTS

SEKCIJE / SECTIONS

A: VLAKNA I MATERIJALI / FIBERS & MATERIALS

Zorana KOVAČEVIĆ; Sandra BISCHOF & Drago KATOVIĆ Brnistra - od korova do tkanine Spartium Junceum L. - From Weed to Fabric	3
Anita PTIČEK SIROČIĆ; Ljerka KRATOFIL KREHULA & Jasenka JELENČIĆ Recikliranje PET-a – put od otpadne boce do tekstilnog vlakna Recycling of PET - From Waste Bottles to Textile Fibers	7
Ružica ŠURINA & Maja ANDRASSY Revitalizacija proizvodnje lanenih vlakana u Hrvatskoj Renewal of Flax Fibres Production in Croatia	11
Daniela ZAVEC PAVLINIĆ Odjeća od lanene tkanine u prošlosti i danas - kako pokrenuti proizvodnju? Clothing made of Flax Fabric in the Past and Today how to re-run the Production?	17

B: MEHANIČKE TEHNOLOGIJE / MECHANICAL TECHNOLOGIES

Željko KNEZIĆ; Željko PENAVALA & Miroslav TRATNIK Utjecaj konstrukcije tkalačkih strojeva na ekonomičnost proizvodnje tkanina Construction Impact of Weaving Looms on Manufacturing Fabrics Economy	23
Ana KOVAČ & Zlatko VRLJIČAK Testiranje kružnopletaćeg stroja s pamučnim jednostrukim pređama različite finoće Testing of Circular Doublar Bed Knitting Machine using Cotton Single Yarns of Various Fineness	29

C: OPLEMENJIVANJE / FINISHING

Tihana DEKANIĆ; Tanja PUŠIĆ & Ivo SOLJAČIĆ Specijalni efekti u oplemenjivanju denima Special Effects in Finishing of Denim	37
Sanja ERCEGOVIĆ RAŽIĆ & Ružica ČUNKO Primjena plazma tehnologije za modifikaciju svojstava površine celuloznih materijala Application of Plasma Technology for Modification of Surface Properties of Cellulose Materials	41
Anita TARBUK; Ana Marija GRANCARIĆ; Darko GOLOB & Alenka MAJCEN LE MARECHAL Mogućnost primjene kationiziranog pamuka u sustavima za pročišćavanje vode Possible Usage of Cationized Cotton for Waste Water Treatment	47

D: ODJEVNA I OBUČARSKA TEHNOLOGIJA / CLOTHING AND FOOTWEAR TECHNOLOGY

Isak KARABEGOVIĆ; Edina KARABEGOVIĆ; Mehmed MAHMIĆ & Ermin HUSAK Primjena industrijski robota u proizvodnim procesima tekstilne i odjevne industrije Application of Industrial Robots in Textile and Clothing Industry Manufacturing Processes	53
--	----

Miroslav MIKULČIĆ; Zenun SKENDERI & Jadranka AKALOVIĆ
Tehnologija proizvodnje niske radno-zaštitne obuće u tt. Jelen profesional d.o.o.
Technology Manufacturing of Protective short Work-Footwear in Jelen Profesional Ltd.....57

E: ISPITIVANJE TEKSTILIJA / TEXTILE TESTING

Polona DOBNIK DUBROVSKI & Stana KOVAČEVIĆ
Primjena živine porozimetrije za određivanje poroznosti netkanog tekstila
The Applicability of Mercury Intrusion Porosimetry for Nonwoven Porosity Determination63

Ivana GUDLIN SCHWARZ; Ivana KOS & Stana KOVAČEVIĆ
Fizikalno-mehanička i fiziološka svojstva maskirnih tkanina
Physical-Mechanical and Physiological Properties of Camouflage Woven Fabrics67

Dragana KOPITAR; Zenun SKENDERI & Mladen RAMLJAK
Utjecaj mješavine pet vlakana i dubine iglanja na prekidnu silu i istezanje netkanog geotekstila
Influence of PET Fiber Blends and Needle Penetration Depth on Breaking Force
and Elongation of Nonwoven Geotextile73

Željko PENAVAL; Daria KATINIĆ & Željko KNEZIĆ
Analiza temeljne tkanine za izradu ručno taftanih tepiha
Analysis of Primary Woven Fabric for Hand Tufting Carpet.....77

Željko PENAVAL; Diana ŠIMIĆ & Željko KNEZIĆ
Analiza sile izvlačenja niti iz tkanine
Analysis of the Yarn Pull-Out Force from Fabric81

Željko PENAVAL; Diana ŠIMIĆ & Vice ŠIMIĆ
Određivanje elastičnih konstanti za tkaninu u keper vezu
Determination of the Elastic Constants for Twill Woven Fabric85

Beti ROGINA-CAR & Drago KATOVIĆ
Istraživanje barijernih svojstava medicinskih tekstilija
Barrier Properties of Medical Textiles.....91

Zenun SKENDERI; Ivana SALOPEK ČUBRIĆ & Vesna Marija POTOČIĆ MATKOVIĆ
Toplinska svojstva pletiva naslojenih poliuretanom različite propusnosti
Thermal Properties of Poliurethane Coated Knitted Fabric with different Permeability95

F: DIZAJN I MARKETING / DESIGN AND MARKETING

Antonio MOHENSKI; Suzana KUTNJAK-MRAVLINČIĆ; Jadranka AKALOVIĆ & Nenad KUDELIC
Dizajn, razvoj i izrada modela cipele prema zadanoj formi
Design, Development and the Construction of the Model Shoe according to the Inflicted Form.....101

Edita VUJASINOVIĆ; Marijana PAVUNC & Ivan NOVAK
Recikliranje medicinskog tekstila
Recycling of Medical Textiles109

G: OSTALE TEME / OTHER TOPICS

Drago KATOVIĆ & Dubravko ROGALE Tekstilna znanost za konkurentno gospodarstvo Textile Science for Competitive Economy	117
Jasmina KORENAK; Irena PETRINIĆ; Mirjana ČURLIN; Romana PETROVIĆ Piet De LANGHE; Steven COENEN & Marko GERM Predstavljanje ERASME projekta "Visokoučinkovita i ekonomski isplativa tehnologija membranskog bioreaktora za povrat vode u oplemenjivanju tekstila" Overview of The ERASME Project Entitled "High-Efficient and Cost-Effective Air-Lift MBR for Water Reuse in Textile Finishing"	137
Tanja PUŠIĆ; Sandra BISCHOF; Hermina BUKŠEK; Irena PETRINIĆ Thomas LUXBACHER; Romana PETROVIĆ & Josip ARAČIĆ Predstavljanje EUREKA projekta Poboljšavanje otpornosti na gorenje vunelih i pamučnih mješavina Overview of the Eureka Project Entitled "Improvement in the Flame Retardant Properties of Cotton and Wool Blends"	141
Kristina ŠIMIĆ; Ivo SOLJAČIĆ & Tanja PUŠIĆ Srma na narodnim nošnjama u Hrvatskoj Metal Threads in Croatian Folk Costumes	145
ADRESE AUTORA / AUTHORS ADDRESSES	151
INDEKS AUTORA / INDEX OF AUTHORS	159
POPIS SPONZORA / LIST OF SPONSORS	163



SEKCIJA A

VLAKNA I MATERIJALI

SECTION A

FIBERS & MATERIALS

BRNISTRA - OD KOROVA DO TKANINE

SPARTIUM JUNCEUM L. - FROM WEED TO FABRIC

Zorana KOVAČEVIĆ; Sandra BISCHOF & Drago KATOVIĆ

Sažetak: Hrvatskom tekstilnom gospodarstvu potrebno je usmjeravanje prema održivom razvoju primjenom sirovina iz obnovljivih izvora i izradom proizvoda dodane vrijednosti. Također su značajne inovacije kao i izrada brendova i autohtonih proizvoda. Nadalje, u svim razvijenim zemljama povećala se potražnja za prirodnim materijalima dobivenim od biljnih vlakana koja nisu opasna za zdravlje i koja su biorazgradiva. Primjer takve biljke je *Spartium junceum L.*, odnosno brnistra. U prošlosti su Grci, Rimljani i Kartežani brnistru koristili kao materijal za izradu užadi, mreža, torba, pa čak i jedara dok su Hrvati osim toga brnistru koristili i za izradu pokrivača (slamarica), tepiha, cipela, itd. Kroz povijest se manufaktura proizvoda iz brnistre postupno smanjivala te se krajem 19. st. potpuno ugasila. U skladu s projektom pod nazivom: "Revitalizacija tekstilne proizvodnje materijala iz brnistre - u susret hrvatskom autohtonom proizvodu: od korova do tkanine" financiranom od strane Fonda za Razvoj Sveučilišta u Zagrebu ispitali su se tradicionalni načini izdvajanja vlakana te se provela njihova modifikacija, a zatim i karakterizacija u svrhu dobivanja kvalitetnog autohtonog vlakna. Ovakva vlakna su se primijenila u izradi originalnog hrvatskog proizvoda, a sama revitalizacija proizvodnje materijala iz brnistre je dugoročni cilj ovog projekta kojeg će biti moguće ostvariti u kućnim obrtima.

Abstract: Croatian textile economy needs to orient towards sustainable development using raw materials from renewable sources, innovation and creating brands and authentic as well as value-added products. Furthermore, in all developed countries there is an increased demand for natural materials derived from plant fibers that are not hazardous and that are biodegradable. *Spartium Junceum L.* (Spanish broom) is one of them. In the past, the Greeks, the Romans and the Carthagians used it as raw material for manufacturing ropes, nets, bags, sails, while our people used it for sheets, carpet and shoe manufacturing. Over the years, the tradition of Spanish broom manufacturing slowly disappears and at the end of 19th century began to fall into oblivion. Through the project "Revitalization of textile production of *Spartium junceum L.* – Development of autochthon Croatian product", funded from University of Zagreb Development fund, traditional maceration of Spanish broom fibres and its modification were investigated, as well as their characterization with the aim of obtaining autochthon fibres of great quality. These fibres were applied in original Croatian product, while revitalization of Spanish broom textile material production is longstanding goal of this project and its realization will be possible upon the end of the project.

Ključne riječi: Brnistra, *Spartium junceum L.*, vlakna, tekstilno gospodarstvo, hrvatski autohtoni proizvod

Keywords: Spanish broom, *Spartium junceum L.*, fibres, textile economy, Croatian autochthon product

1. Uvod

Usljed velike svjetske krize tekstilna i odjevna industrija su se također našle u nepovoljnom položaju. Kako bi došli do pozitivnih pomaka, potrebno je slijediti svjetske trendove i što više poticati razvoj inovativnih proizvoda konkurentnih na svjetskom tržištu. Vodeći se time, dolazi se do zaključka kako je hrvatskom tekstilnom gospodarstvu osim repositioniranja, primjena inovacija te održanja konkurentnosti potrebno i usmjeravanje prema održivom razvoju. Primjenom sirovina iz obnovljivih izvora te stvaranjem autohtonih proizvoda potpomogla bi se postojanost konkurentnosti na svjetskom tržištu tj. utjecalo bi se na pronalazak nekih novih proizvodnih niša [1]. Posljednjih godina, u svim razvijenim zemljama povećala se potražnja za prirodnim materijalima dobivenim od biljnih vlakana koja ne predstavljaju opasnost po zdravlje i koja su biorazgradiva. Primjer takve biljke je *Spartium junceum L.* (hrv. brnistra; eng. Spanish broom).

Brnistra je grmolika biljka karakteristična za Mediteransko podneblje. Pripada porodici leguminoza (mahunarki) i jedina je vrsta u rodu *spartium* (tablica 1). Za brnistru su karakteristični njeni intenzivno žuti cvijetovi koji su vidljivi u kasnom proljeću i ranom ljetu, u periodu kada brnistra cvijeta (slika 1). U prošlosti su Grci, Rimljani i Kartežani brnistru koristili kao materijal za izradu užadi, mreža, torba, pa čak i jedara dok su naše bake i prabake brnistru koristile za dobivanje predmeta za svakodnevnu upotrebu u domaćinstvu, za izradu pokrivača (slamarica), tepiha, cipela, itd. [2, 3].

Tablica 1: Klasifikacija *Spartium junceum* vlakana

Klasifikacija	Latinski/Engleski
Carstvo	Plantae/Plants
Podcarstvo	Tracheobionta/Vascular plants
Superdivizija	Spermatophyta/Seed plants
Divizija	Magnoliophyta/Flowering plants
Razred	Magnoliopsida/Dicotyledons
Podrazred	Rosidae/Rosids
Red	Fabales
Porodica	Fabaceae/Pea family
Rod	<i>Spartium</i> L./broom
Vrsta	<i>Spartium junceum</i> L./Spanish broom

S obzirom da se manufaktura proizvoda iz brnistre kroz povijest sve više smanjivala, danas je zaboravljena brnistra samo ukras Dalmatinskog krša koji svojim lijepim grozdastim žutim cvjetovima i ugodnim mirisom privlači poglede i plijeni pažnju. Proučavanjem literature, te u suradnji sa stručnjacima iz etnografskog područja došlo se do zaključka da je upravo brnistra, biljka vrijedna što većeg znanstvenog istraživanja i kao takva je moguća sirovina u proizvodnji brojnih proizvoda (tekstilni i odjevni predmeti, boje, mirisna ulja, papir, biorazgradivi kompozitni materijali, itd.).



Slika 1: Brnistra u cvatu

Sa željom intenzivnijeg istraživanja mogućnosti revitalizacije proizvodnje materijala iz brnistre započet je projekt pod nazivom: Revitalizacija tekstilne proizvodnje materijala iz brnistre - U susret hrvatskom autohtonom proizvodu: Od korova do tkanine, *financiranom od Fonda za razvoj Sveučilišta u Zagrebu*.





2. Revitalizacija tekstilne proizvodnje materijala iz brnistre

2.1 Revitalizacija

Iako je revitalizacija same proizvodnje materijala iz brnistre dugoročni cilj ovog projekta, kojeg će biti moguće ostvariti nakon njegovog završetka, tijekom projekta istražile su se mogućnosti uključivanja malih gospodarstava iz nedovoljno razvijenih dijelova Hrvatske. Proizvodnju ovakvih tkanina moguće je ostvariti u kućnom obrtu te su utvrđene potrebne naprave i uređaji za pripremu vlakana i izradu proizvoda od brnistre. Osim poznavanja samog tehnološkog procesa, potrebno je poznavati postupke pripreme odnosno maceracije i dobivanje vlakana. Količina stabličinih vlakana koja se može iskoristiti iznosi najčešće 10 %, a tzv. otpadni materijal se može iskoristiti za brikete za grijanje.

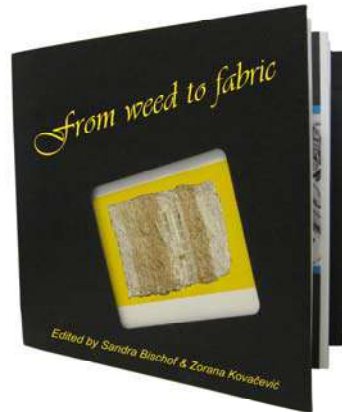
U skladu sa tradicijskim postupcima obrade brnistre u malom obiteljskom gospodarstvu, potrebna sredstva i naprave navedena su u tablici 2.

Tablica 2: Sredstva i naprave potrebne za pokretanje malog obiteljskog gospodarstva koje bi se bavilo postupcima obrade brnistre te izradom suvenira iz brnistre

Sredstvo, naprava	Slika
Srp (nož za branje brnistre)	
Prikolica za prijevoz	
Naprava za grubo lomljenje drvenastog dijela stabljike brnistre	
Grubi češalj	
Naprava za omekšavanje vlakana	
Fini češalj za isčešljavanje vlakana	
Preslica	
Vreteno	
Tradicijski kolovrat (nožni pogon)	
Naprava za prematanje pređe u vitice (ručni pogon)	
Naprava za prematanje pređe u cijevke (ručni pogon)	
Naprava za prematanje pređe u namotke (pogon elektromotorom)	
Vitlo za odmatanje iz vitica	
Snovaljka za pripremu pređe za osnovu	
Ručni tkalački stan - vodoravni (4 lista, 85 cm, 2 čunka, 6 cijevki)	

2.2 Autohtoni proizvod

Glavni cilj ovog projekta je izrada autohtonog proizvoda ili suvenira od brnistre. S obzirom na sve veću internacionalizaciju Sveučilišta u Zagrebu, došlo se do ideje da bi knjiga s tematikom brnistre bila izvrstan suvenir koji bi djelatnici Sveučilišta mogli poklanjati svojim međunarodnim partnerima. Knjiga će biti tiskana na engleskom jeziku i u njoj će se jezgrovito i sažeto prikazati znanstvene i umjetničke spoznaje o brnistri prikupljene tijekom trajanja ovog projekta [4]. U knjizi je obrađena tematika značaja i upotrebe brnistre kroz povijest pa sve do današnjeg dana. Naročita pažnja je posvećena cjelokupnoj iskoristivosti biljke: od sjemenki, cvjetova, vlakana, sve do otpadnog materijala nakon izdvajanja vlakana. U knjizi se nalazi veliki broj izvornih fotografija, kojima će se predočiti ne samo ljepota brnistre već i cijelog Mediteranskog podneblja (slika 2).



Slika 2: Jedan od primjera naslovnice knjige

3. Zaključak

Jedna od glavnih ideja projekta je kultiviranje brnistre u područjima Dalmatinskog krša i formiranje malih obiteljskih gospodarstava koja bi se bavila njenom proizvodnjom i iskorištavanjem. Prema zadnjim informacijama i publikacijama, kultiviranje brnistre bi imalo određenih prednosti u ekonomskom razvoju malih i nedovoljno razvijenih dijelova Hrvatske. Brnistra pokazuje veliki potencijal kao zanimljiva i ekološki prihvatljiva mediteranska kultura. Ne koristi se u prehrani, a u usporedbi sa ostalim korovnim vrstama pokazuje značajne agronomske prednosti. Prilikom kultiviranja nije potrebno dodavanje kemikalija kao što je slučaj kod pamuka, lana ili konoplje, a ujedno zbog snažnog korijenja pomaže u vezivanju tla, tj. sprječava narušavanje tla.

Vlakna od brnistre su primijenjena u izradi originalnog hrvatskog proizvoda, a samu revitalizaciju proizvodnje materijala iz brnistre moguće je ostvariti u kućnim obrtima. Razvoj malih gospodarstava, posebice onih smještenih u nedovoljno razvijenim dijelovima Hrvatske, pridonosi strateškim ciljevima unapređenja područja od posebne državne skrbi.

Literatura

- [1] Zelenika, R. & Grilec Kaurić, A.: Ocjena ekonomskog položaja tekstilne i odjevne industrije u Republici Hrvatskoj, *Ekon. misao i praksa*, **20** (2011) 2, 543-566, ISSN 1330-1039
- [2] Kovačević, Z. i sur.: Spanish broom – a forgotten textile raw material, *Tekstil* **59** (2010) 9, str. 410-421, ISSN 0492-5882
- [3] Katović, D.; Katović, A. & Antonović, A.: Extraction Methods of Spanish Broom (*Spartium Junceum* L.), *Drvna Industrija*, **62** (2011) 4, 255-261, ISSN 0012-6772
- [4] Kovačević, Z. i sur.: Comparison of Spanish broom (*Spartium junceum* L.) and flax (*Linum usitatissimum*) fiber, *Textile Research Journal* **82** (2012) 17, 1786-1798, ISSN 0040-5175

Zahvala

Ovi materijali temelje se na radu koji je financirao Fond za razvoj Sveučilišta.

RECIKLIRANJE PET-a – PUT OD OTPADNE BOCE DO TEKSTILNOG VLAKNA

RECYCLING OF PET – FROM WASTE BOTTLES TO TEXTILE FIBERS

Anita PTIČEK SIROČIĆ; Ljerka KRATOFIL KREHULA & Jasenka JELENČIĆ

Sažetak: U ovom radu provedeno je mehaničko i kemijsko recikliranje poli(etilen-tereftalata), PET-a (glikoliza i hidroliza) u različitim uvjetima reakcije depolimerizacije. Glikoliza je provedena pri temperaturi od 190 °C u različitim vremenskim intervalima, a reakcija hidrolize pri 170 °C. Mehaničko recikliranje otpadnih PET boca provedeno je uz dodatak stabilizatora za recikliranje Recyclostab 411. Produkti reakcije depolimerizacije PET-a okarakterizirani su termogravimetrijskom analizom (TGA) i infracrvenom spektroskopijom (FTIR). Karakterizacija mehanički recikliranog PET-a provedena je diferencijalnom pretražnom kalorimetrijom (DSC). Rezultati pokazuju da je postupkom glikolize i hidrolize došlo do razlaganja PET-a na monomere etilen glikol (EG), bis (2-hidroksietilentereftalat) (BHET), tereftalnu kiselinu (TPA) i različite vrste oligomera koji se mogu upotrijebiti za sintezu poliesterskih vlakana, a da se mehaničkim recikliranjem PET-a dobiva materijal zadovoljavajućih svojstava za direktnu daljnju primjenu.

Abstract: In this work mechanical and chemical recycling of poly (ethylene terephthalate), PET (glycolysis and hydrolysis) under different reaction conditions was carried out. Glycolysis reaction was carried out at the temperatures of 190 °C at different time intervals and hydrolysis reaction at 170 °C. Waste PET bottles mechanical recycling was carried out with the addition of stabilizer for recycling Recyclostab 411 PET depolymerization products are characterized by thermogravimetric analysis (TGA) and infrared spectroscopy (FTIR). Recycled PET obtained by mechanical process was characterized by differential scanning calorimetry (DSC). The results show that the process of glycolysis and hydrolysis decomposition leads to formation of monomers ethylene-glycol (EG), bis (2-hydroxyethyl) terephthalate (BHET), terephthalic acid (TPA) and the different types of oligomers, which can be used for the synthesis of polyester fibers. Result of PET mechanical recycling is material with satisfying properties, which can be directly used for different purposes.

Ključne riječi: poli(etilen-tereftalat), degradacija, recikliranje, vlakna

Keywords: poly(ethylene-terephthalate), degradation, recycling, fibers

1. Uvod

Sve intenzivnija primjena polimernih i sintetskih materijala, uz posljedično povećanje količine polimernog otpada, dovela je do sve većih problema u potrazi za prikladnim mjerama njegova zbrinjavanja. Takvi materijali nisu biorazgradljivi te je njihov kontakt s okolišem dugotrajan što predstavlja veliki problem. Drugi i najveći problem je taj što se polimerni otpad u širokoj primjeni upotrebljava u nepovratnoj ambalaži, kao što su boce od poli(etilen-tereftalata), PET-a. PET je materijal iz skupine poliestera koji su 1939. g. sintetizirali britanski kemičari J.R. Whinfield i J.T. Dickson iz tereftalne kiseline i etilen glikola, a već je 1942. g. počela proizvodnja vlakana na bazi PET-a pod nazivom Terylene. Udio poliesterskih vlakana na svjetskom tržištu znatno je povećan nakon 1979. g. i rastao je gotovo 8 % na godinu. Trgovačka imena pod kojima se poliester prodaje su Terylene, Corterra, Kodel, Enka, Verstan, Diolen, Trevira, Dacron, Terital, Lavsan, Termastat. PET je industrijski važan materijal koji se intenzivno koristi kao ambalažni materijal za dobivanje tekstilnih vlakana, izradu sportske opreme te kao punjenje za razne tekstilne proizvode (odjeća, jastuci, igračke, tepisi). Recikliranje PET-a jedan je od najuspješnijih primjera recikliranja polimera. Pojam recikliranje ili oporavak označava ponovnu uporabu otpada što podrazumijeva iskorištavanje energije koja se dobije spaljivanjem otpada, depolimerizaciju uz dobivanje monomera, vraćanje monomera ponovo u proizvodni ciklus te uključivanje otpada u biološki ciklus ugljika u prirodi. Kemijskim recikliranjem PET-a, odnosno postupcima glikolize i hidrolize, dobivaju se monomeri koji se koriste kao sirovina za proizvodnju PET-a: tereftalna kiselina (TPA), etilen glikol (EG) i bis (2-hidroksietilen) tereftalat (BHET). To su vrlo učinkoviti procesi kemijskog recikliranja koji u prisutnosti viška etilen glikola dovodi do nastajanja velike količine navedenih monomera te dimera, trimera i oligomera s hidroksilnim i karboksilnim krajnjim skupinama [1]. Cilj ovog rada bilo je kemijsko (glikoliza i hidroliza) i mehaničko recikliranje PET-a u različitim reakcijskim uvjetima u svrhu dobivanja monomera koji se mogu koristiti u proizvodnji tekstilnih vlakana.

2. Eksperimentalni dio

2.1 Materijali

U radu su upotrebljavani sljedeći materijali: otpadne PET boce (veličina listića otpadnog PET-a = 3x3 mm, $T_m=252\text{ }^\circ\text{C}$, $T_g=76\text{ }^\circ\text{C}$, $\rho=1.33\text{ g/cm}^3$); etilen glikol (etan-1,2-diol, Merk, Darmstad, $T_v=198\text{ }^\circ\text{C}$, $M=62.07\text{ g/mol}$, $\rho=1.11\text{ g/cm}^3$); cinkov acetat dihidrat, $\text{Zn}(\text{OOCCH}_3)_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ (Kemika, Zagreb, $M=219.46\text{ g/mol}$); natrijev hidroksid, NaOH (Kemika, Zagreb, $M=40\text{ g/mol}$, $\rho=2.13\text{ g/cm}^3$), stabilizator za recikliranje Recyclostab 411 (CIBA, Švicarska).

2.2 Priprava uzoraka

Kemijska degradacija PET-a glikolizom i hidrolizom provedena je u molarnom omjeru osnovnih komponenti PET/EG=1/18 (9,6 g PET-a i 50 ml EG-a) na temperaturama od 170 °C i 190 °C u različitim vremenskim intervalima (1, 2, 3 i 6 h). Nakon isteka vremena reakcije, smjesa je ohlađena na sobnu temperaturu uranjanjem reakcijske posude u mlaku vodu. Reakcijska smjesa je zatim filtrirana, a kruti dio osušen u sušioniku na 80 °C, 24 sata. Mehaničko recikliranje PET-a provedeno je primjenom laboratorijskog ekstrudera Rondol Bench Top 21, pri temperaturnom profilu 220/230/235/240/245/255 °C i broju okretaja pužnih vijaka 60 min⁻¹.

2.3 Karakterizacija

2.3.1 FTIR spektroskopija

FTIR spektroskopija primijenjena je za identifikaciju dobivenih monomera nakon postupaka kemijskog recikliranja otpadnog PET-a, spektrofotometar FTIR Spectrum One, Perkin Elmer, u području valnih brojeva od 4000 do 450 cm⁻¹. Uzorci su pripremljeni u obliku pastila s kalijevim bromidom

2.3.2 Termogravimetrijska analiza (TGA)

Termogravimetrijska analiza (TGA) provedena je termogravimetrijskim analizatorom TA Instruments Q500 u inertnoj atmosferi dušika uz protok od 100 ml/min. Brzina zagrijavanja prilikom mjerenja bila je 5 °C/min, a zagrijavanje je provedeno u temperaturnom području od 25 do 550 °C.

2.3.3 Diferencijalna pretražna kalorimetrija (DSC)

Karakterizacija otpadnog PET-a prije i nakon provedenih postupaka degradacije provedena je na diferencijalnom pretražnom kalorimetru Mettler Toledo 823°. Masa uzorka za mjerenja bila je 9 – 11 mg, a DSC je termostatiran uz konstantan protok dušika 50 ml/min. Uvjeti mjerenja na DSC-u: a) 25 °C – 280 °C zagrijavanje 10 °C/min u struji N₂ 50 ml/min; b) 280 °C izotermno 2 min; c) 280 °C – 25 °C hlađenje 10 °C/min u struji N₂ 50 ml/min; d) 25 °C izotermno 2 min; e) 25 °C – 280 °C zagrijavanje 10 °C/min u struji N₂ 50 ml/min; f) 280 °C – 25 °C hlađenje 30 °C/min u struji N₂ 50 ml/min.

3. Rezultati i rasprava

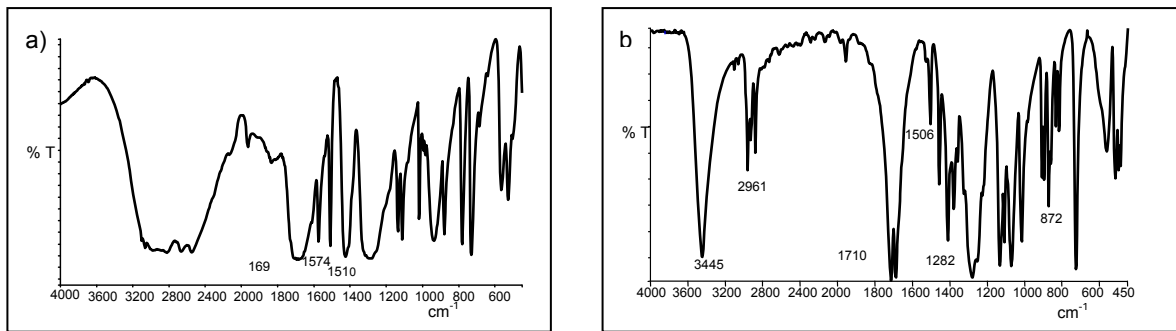
Kemijsko recikliranje PET-a obuhvaća postupke njegove depolimerizacije te, ovisno o primijenjenim metodama i reakcijskim uvjetima, rezultira potpunom depolimerizacijom do monomera ili djelomičnom depolimerizacijom do različitih vrsta oligomera. U svrhu ispitivanja utjecaja reakcijskih uvjeta na efikasnost kemijskog recikliranja PET-a korištene su dvije metode: glikoliza i hidroliza (alkalna depolimerizacija). Reakcija glikolize provedena je pri temperaturi od 190 °C dok je reakcija alkalne depolimerizacije provedena pri temperaturi od 170 °C. Omjer polaznih reaktanata poli(etilen-tereftalat)/etilen glikol PET/EG bio je 1:18. Glikoliza rezultira nastajanjem monomera bis (2-hidroksitereftalata) i etilen glikola dok se kao produkti reakcije hidrolize pojavljuju etilen glikol i natrijev tereftalat. Rezultati su dani u tablici 1.

Tablica 1: Maseni udjeli monomera dobiveni reakcijama glikolize i hidrolize

Vrijeme depolimerizacije t/h	Glikoliza, T = 190 °C, PET:EG 1:18 w / mas. % BHET + EG	Hidroliza, T = 170 °C, PET:EG 1:18 w / mas. % EG + Na ₂ TPA
1	7,85	83,55
2	10,61	89,65
3	28,88	94,79
6	87,30	96,32

Iz rezultata je vidljivo da, kada se reakcija glikolize provodi kratko vrijeme (1-3 h), uglavnom dolazi do nastajanja oligomera, no s produženim vremenom reakcije povećava se maseni udio nastalih monomera, w.

Takvi su rezultati očekivani jer je poznato da tijekom depolimerizacije polimera (PET-a) dolazi do cijepanja osnovnog polimernog lanca na manje lance, a potom na oligomere koji s vremenom reakcije depolimerizacije postaju manji sve dok se ne razlože na monomere. Najveća količina nastalih monomera BHET-a i EG-a dobivena je reakcijom koja je vođena 6 sati pri 190 °C (87,30 mas. %), Iz literature [2] poznato je da je topljivost PET-a u EG-u pri nižim temperaturama (170 °C) niska pa je iz tog razloga za efikasno recikliranje PET-a postupkom glikolize potrebno provoditi reakciju na višoj temperaturi. Za razliku od glikolize, reakcija hidrolize, provedena pri istom molarnom omjeru PET:EG (1:18) učinkovita je već i pri temperaturi od 170 °C i to za kratko vrijeme provođenja reakcije. Tako je iz rezultata vidljivo da već nakon 1 h provođenja reakcije nastaje 83,55 mas. % monomera dok se nakon 3 h do monomera razgradi čak oko 95 mas. % PET-a. Usporedbom rezultata nastale količine monomera reakcijama glikolize i hidrolize (tablica 1) vidljivo je da je postupak hidrolize (alkalne depolimerizacije), čak i pri nižoj temperaturi znatno učinkovitiji od postupka glikolize. To se objašnjava prisutnošću jake baze natrijevog hidroksida koja uvelike povećava stupanj depolimerizacije PET-a pa se kao rezultat dobiva znatno veći udio nastalih monomera u odnosu na oligomere [3]. Nastali produkt hidrolize natrijev tereftalat, Na₂TPA, prevede se u tereftalnu kiselinu, TPA, zakiseljavanjem reakcijske smjese koncentriranom kloridnom kiselinom. Ona se istaloži iz otopine nakon reakcije hidrolize kao bijeli talog koji je snimljen FTIR spektrofotometrom (slika 1a). Tereftalnu kiselinu karakterizira široki pik na oko 1700 cm⁻¹ (1694 cm⁻¹) koji predstavlja karboksilne skupine te vibracije na 1510 i 1574 cm⁻¹ za aromatska C=C istežanja. Nastanak monomera BHET-a reakcijom glikolize također je potvrđen FTIR spektrofotometrijom (slika 1b). Svi nastali monomeri (EG, BHET i TPA) koriste se kao reaktanti za proizvodnju PET-a i ostalih poliestera koji se u najvećoj mjeri koriste za dobivanje poliesterskih tekstilnih vlakana [2].

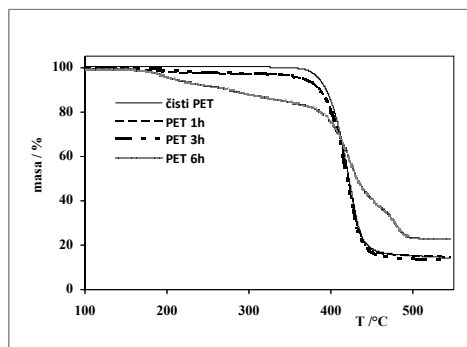


Slika 1: FTIR spektri a) tereftalne kiseline, TPA; b) bis (2-hidroksietilen)tereftalata, BHET

Preostala količina PET-a koji nije prešao u monomere predstavlja oligomere PET-a. Njihova toplinska postojanost određena je termogravimetrijskom analizom (TGA). Iz rezultata (tablica 2, slika 2) je vidljivo da početna temperatura razlaganja čistog PET-a T_{95} (temperatura kod 5 % gubitka mase uzorka odnosno početna temperatura dekompozicije) iznosi 385 °C dok za ispitivane uzorke depolimeriziranog PET-a vrijednost opada za čak 178 °C (uzorak podvrgnut reakciji glikolize 6 h na 190 °C) što upućuje na viši stupanj depolimerizacije tj. na nastajanje oligomera i monomera.

Tablica 2: Temperatura razlaganja depolimeriziranog PET-a nakon reakcije glikolize provedene pri 190 °C

uzorak	T_{95} / °C
PET čisti	385
glikoliza 190 °C, 1h	363
glikoliza, 190 °C, 3h	264
glikoliza, 190 °C, 6h	207



Slika 2: TG analiza uzoraka nakon postupka glikolize, 190 °C

Jedna od najprikladnijih i učestalo korištenih metoda za određivanje toplinskih svojstva polimernih materijala svakako je diferencijalna pretražna kalorimetrija (DSC). U ovom se radu DSC analiza provodila kako bi se utvrdila toplinska postojanost uzoraka mehanički recikliranih PET boca. Na temelju toga može se procijeniti postojanost materijala u cilju dobivanja recikliranog materijala zadovoljavajućih svojstava za ponovnu upotrebu, posebice u tekstilnoj industriji za ispređanje vlakana. Rezultati su dani u tablici 3. Poznato je da se promatranjem razlika u temperaturama taljenja i kristalizacije mogu detektirati promjene u strukturi polimera. Iz rezultata je vidljivo da nema znatnije promjene temperature tališta ispitivanih uzoraka nakon recikliranja. Potrijebljene su otpadne PET boce koje su prije recikliranja tretirane na različitim temperaturama kao bi se oponašali stvarni uvjeti upotrebe (skladištenje, niske i visoke temperature). Jedini porast temperature tališta, iako neznatan, primjećuje se kod uzorka recikliranih PET boca (PET 70 °C) koji je prije procesa recikliranja podvrgnut temperaturi od 70 °C. Za očekivati je bilo da će se kod ovog uzorka javiti određeni stupanj depolimerizacije uzrokovan takvom toplinskom obradom. Porast kristalnosti, koji se javlja uslijed procesa degradacije, uzrokovan je nastankom spojeva male molarne mase nastalih depolimerizacijom [4,5]. Međutim, kako promjene toplinskih svojstava PET boca nakon recikliranja nisu značajne, može se zaključiti da je ovako dobiveni reciklirani PET prikladan za daljnju upotrebu.

Tablica 3: Toplinska svojstva uzoraka mehanički recikliranog PET-a

UZORAK	T_g / °C	T_m / °C	H_m / Jg ⁻¹	T_c / °C	H_c / Jg ⁻¹	X_c / %
PET boce netretirane	79,85	249,42	36,81	148,44	5,90	4,34
PET rec. 5°C	79,68	249,25	34,64	151,57	11,96	8,79
PET rec. 40°C	79,49	250,04	35,61	148,97	9,46	6,96
PET rec. 70°C	79,85	250,43	36,20	151,99	14,48	10,65
PET rec. -20°C	85,08	249,55	34,33	150,99	4,52	3,32

4. Zaključak

Rezultati pokazuju da je postupkom kemijskog recikliranja PET-a glikolizom najveća količina monomera dobivena reakcijom koja je vođena 6 sati pri 190 °C. Nasuprot tome, reakcijom hidrolize već se u kratkom vremenskom periodu (1h) na temperaturi od 170 °C može dobiti iznimno visoka količina monomera (~ 84 %) dok se nakon 6 h na monomere razloži gotovo sva količina polimera PET-a.

Postupak mehaničkog recikliranja PET-a rezultira recikliranim materijalom dobrih svojstava pa se može zaključiti da je ovako dobiveni reciklirani PET prikladan za daljnju upotrebu.

Oba navedena postupka rezultiraju produktima (monomeri odnosno reciklirani polimer) koji su prikladne sirovine za proizvodnju novog polimernog materijala, posebice učestalo korištenih poliesterskih vlakana.

Literatura

- [1] Scheirs, J.: Recycling of PET, U *Polymer Recycling Science Technology and Applications*, John Wiley & Sons, 0-471-97054 9, Brisbane, (2001), 119-183
- [2] Güçlü, G.; Kaşgöz, A.; Özbudak, S.; Özgümüş, S.; Orbay, M.: *Journal of Applied Polymer Science*, **69** (1998) 19, 2311-2319, 0021-8995
- [3] Oku, A.; Hu, L.C. & Yamada, E.: *Journal of Applied Polymer Science*, **63** (1997) 5, 595-601, 0021-8995
- [4] Pracella, M.; Rolla, L. & Chionna, D.; Galeski, A.: *Macromolecular Chemistry & Physics*, **203** (2002) 10-11, 1473-1485, 1022-1352
- [5] Avila, F.: *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, **40** (2001) 4, 407-421, 0360-2559

Zahvala

Istraživanja prikazana u ovom radu financirana su od strane MZOŠ-a iz sredstava znanstvenog projekta 125-0821504-1976.

REVITALIZACIJA PROIZVODNJE LANENIH VLAKANA U HRVATSKOJ

RENEWAL OF FLAX FIBRES PRODUCTION IN CROATIA

Ružica ŠURINA & Maja ANDRASSY

Sažetak: Lan, koji se ubraja među najstarije kultivirane biljke svijeta, tisućljećima se - uz brojne uspone i padove – koristio za dobivanje vlakana, hrane i lijekova. Svoju renesansu doživio je krajem 20. stoljeća kada se povećava ekološka svijest i odgovornost prema okolini kroz pojačanu zaštitu prirodnih resursa. Danas mnogi istraživači diljem svijeta, pa tako i u Hrvatskoj, pokušavaju unaprijediti uzgoj lanene biljke i proširiti njezinu primjenu.

Abstract: Flax belongs to the oldest cultivated plants in the world. For thousands of years it has been used for obtaining fibers, food and medicaments with numerous ups and downs. It experienced a renaissance near the end of the 20th century, when ecological awareness and responsibility for the environment increased through the enhanced protection of natural resources. Nowadays, many researchers all over the world, and also in Croatia, are trying to improve the cultivation of flax and to expand its used.

Ključne riječi: lan, lanena vlakna, revitalizacija proizvodnje lana

Keywords: flax, flax fibers, renewal of flax production

1. Uvod

Važnost uzgoja i prerade lana, posebno danas u jeku težnje za održivim razvojem i maksimalnim gospodarenjem svim resursima, očituje se kroz činjenicu da se svi dijelovi lanene biljke mogu iskoristiti, bilo da je uzgoj lana usmjeren za dobivanje vlakana ili sjemena.

Uzgoj i proizvodnja lana potječu iz najranijeg doba čovječanstva i održali su se do današnjeg vremena te se s pravom može reći da je lan biblijska biljka. Na sl.1 prikazana je tzv. Lanena knjiga, rukopis s najdužim sačuvanim tekstom na etruščanskom jeziku, koja je pronađena u Egiptu, a datira iz vremena između trećeg i prvog stoljeća prije Krista. Lanena knjiga, koja se danas čuva u Arheološkom muzeju u Zagrebu [1], sastoji se od 5 lanenih traka u koje je bila umotana egipatska mumija. Pretpostavlja se da opisuje obredne propise vezane uz vjerske rituale etruščanskih vračeva.



Slika 1: Liber linteus Zagrebiensis tzv. lanena knjiga [1]

Sve do kraja 18. Stoljeća u Europi lan je uz vunu bio najvažnija tekstilna sirovina, a u ruralnim domaćinstvima izvor hrane i narodni medikament [2-4].

Krajem 18. i početkom 19. stoljeća započinje istiskivanje lanenih vlakana s vodeće pozicije na ljestvici vlaknatih sirovina koju je imao kroz protekla stoljeća. Niz razloga bili su povod takvom nepovoljnom trendu za lan. Moglo bi se reći da je sve započelo još u 17. stoljeću Tridesetogodišnjim ratom u Europi koji je imao dugotrajan odjek na gospodarstvo, a slijedom ratnih pustošenja djelomično su zanemarene i oranice zasijane lanom [2, 5]. Nakon tog razdoblja, a zbog sve većih potreba za vlaknima, na tržištu se pojavljuju i značajnije količine pamuka. Ubrzo je pamuk postao vrlo tražena i važna tekstilna sirovina zbog lakše preradivosti, njegove finoće i mekoće te niže cijene od lana. Nagli prodor pamuka u Europi u 19. stoljeću te otkriće i razvoj umjetnih vlakana od prirodnih polimera početkom i sintetičkih vlakana, sredinom 20. stoljeća glavni su čimbenici koji su ozbiljno ugrozili proizvodnju ove industrijske biljke. Uzgoj i prerada lana je potisnuta s nekada značajnih uzgojnih površina na površine simbolične veličine na kojima se lan tradicionalno uzgajao zbog sjemena i ulja dok je korištenje i prerada lanenih stabljika do vlakana i pređe znatno smanjena [6-9].

Trebalo je proći gotovo pola stoljeća da bi se uočila nepravda načinjena ne samo lanu, već i drugim biljnim vlaknima (izuzevši pamuk) zanemarivanjem njihove proizvodnje. U posljednje vrijeme sveopćeg trenda većeg okretanja suvremenog života prirodi i očuvanju okoline ponovno se daje važnost prirodnim vlaknima, pa tako i lanu kao prirodnom materijalu, a djelomično za to je zaslužna i modna industrija.

Suvremeni uzgoj i proizvodnja lana za dobivanje vlakana može se promatrati s nekoliko stajališta. Tako se fina tehnička lanena vlakna prerađuju u svakodnevne (odjeća, stolno i posteljno rublje) i luksuzne proizvode. Naime, bez obzira na iznimno snažan uspon umjetnih vlakana, neosporno je da ekskluzivan „laneni izgled“ čini ta vlakna još uvijek zanimljivim za izradu vrhunske dizajnerske odjeće. Osim za konvencionalnu uporabu, sve više raste zanimanje za korištenjem lanenih vlakna na području tehničkog tekstila gdje osim finih čak i gruba tehnička lanena vlakna dobivaju sve veću važnost (bio-kompoziti).

Kućina nekada nije imala veću važnost, a danas se smatra visokovrijednim sastojkom izolacijskih materijala koji se ugrađuju u automobile i razna druga transportna vozila. Osim kao izolacijski materijal svoju primjenu kućina nalazi i u industriji papira posebice onih vrsta za koje se očekuje dugotrajnost u uporabi kao što je to slučaj s novčanicama.

2. Lanarstvo u Hrvatskoj nekad i danas

Iako vještina uzgoja lana, dobivanje vlakana te proizvodnja različitih predmeta iz lana u Hrvatskoj datira iz vremena koje se podudara s vremenom proizvodnje u susjednim zemljama, prvi pisani podatak o organiziranoj preradi lanenih vlakana potječe tek iz 1720. godine kada je u Ozlju otvorena prva tkaonica lana [10, 11]. Nekada je gotovo svako domaćinstvo uzgajalo lan i to ponajviše za svoje vlastite potrebe. Veličina usjeva ovisila je o broju članova obitelji odnosno o potrebi za lanenom tkaninom. Većina poslova oko uzgoja i prerade lanenih vlakana smatrana je ženskim poslom, naročito predenje i tkanje, dok je muškarac pomagao jedino u pripremi tla za sjetvu i poslovima vezanim uz pripremu močenja stabljika [11, 12]. Prisutnost i tradicionalnost lana u Hrvatskoj vidi se i u mnogim običajima koji su se zadržali i do današnjeg dana.

Osim industrijske proizvodnje lana na poljoprivrednim dobrima 1940-tih godina, mnoga seoska gospodarstva su sijala lan za svoje vlastite potrebe. U to vrijeme, oskudica poljoprivrednih strojeva te zbog manjkavog planiranja uzgoja i nedovoljno primjenjivanih agrotehničkih mjera (gnojidba, obrada tla, tehnika sjetve, prihrana i zaštita od bolesti i štetnika) prirodi lana u tom vremenu su bili niski [7, 13].

Predivi lan se pretežno uzgajao kao jara forma, koja daje fino vlakno ako se uzgaja u pogodnim klimatskim uvjetima. Zahtjeva stabilnu klimu, visoku vlažnost zraka i umjerene temperature. Naša geografska širina po svojim agroklimatskim uvjetima nije u potpunosti odgovarala uzgoju predivoga lana, nego više uzgoju uljanog lana s grubljim vlaknima. No, u Hrvatskoj se ipak uzgajao i lan za vlakna, ali na manjim, izoliranim parcelama uz šume i padine brda. Ozimi lan, za dobivanje ulja, uzgajao se na malo većim površinama u Slavoniji, jer mu, za razliku od jara lana, manje smeta suša u toku ljeta.

Važnija lanarska proizvodna područja u to vrijeme nalazila su se u Podravini, Posavini i Slavoniji (oko Daruvara, Pakraca i Sirača). Posebno dobri uvjeti uzgoja lana za vlakna bila su područja Gorskog Kotara i Like, gdje je stabljika dosežala i visinu od 70 cm. Međutim, to su bile veoma male uzgojne površine [7]. Zbog tadašnjih gospodarskih uvjeta nisu se mogle osnovati velike lanare, pa industrijske prerade lana u pravom smislu nije ni bilo, a to pokazuje i činjenica da je postojalo tek nekoliko lanara (Češko selo, Črnkovci, Osijek). Zbog toga se lan prerađivao u pogonima osnovanim za preradu konoplje (kudeljarama), što je bilo racionalno, jer su tvornice mogle bolje iskoristiti svoje kapacitete.

Nemogućnost proizvodnje zadovoljavajućih količina kvalitetnijeg lana iz čijih bi se vlakna mogla dobiti finija pređa za proizvodnju kvalitetnijih lanenih tkanina, pojava jeftinijih tkanina iz pamuka i napuštanja tradicionalnog odijevanja seoskog stanovništva u narodne nošnje te s vremenom i prodor umjetnih vlakana, a uz to i zabrana močenja u tekućim vodama, dovele su do postupnog odustajanja od toga da se kultura lana i proizvodnja lanenih vlakana održi. Nakon 2. svjetskog rata površine zasijane lanom u Hrvatskoj se kontinuirano smanjuju, a laneno vlakno polako postaje zaboravljeno, ne samo kod nas nego i u svijetu.

Unatoč tome, istraživači Agronomskog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu, već tada sustavno započinju s istraživanjima vezanim uz uzgoj lana. Tako se u razdoblju od 1954. do 1962. godine provode sortni pokusi s 12 različitih nizozemskih sorata pri čemu se posebice daje naglasak na praćenje prilagodbe uvezenih sorata klimatskim uvjetima u Hrvatskoj [13, 14]. Na temelju provedenih pokusa izdvojene su četiri najproduktivnije sorte (Diana, Noblesse, Wiera i Solido) koje su preporučene za uzgoj domaćim proizvođačima lana. I pored toga što su se istraživači intenzivno bavili uvođenjem stranih sorata predivog lana, u Hrvatskoj je i dalje bila prisutna tendencija smanjenja površina pod lanom. Krajem 20. stoljeća površine pod lanom svedene su na svega 650 ha dok je prinos vlakana bio jedva dostatan za snabdijevanje lanare u Črnkovcima koja je bila jedini industrijski pogon u Hrvatskoj za preradu lana [12].

U zadnjem desetljeću 20. stoljeća dolazi do zatvaranja tvornice u Črnkovcima te naglo prestaje uzgoj lana i proizvodnja lanenih vlakana [12, 15]. Ne može se sa sigurnošću reći da li se lan prestao uzgajati u cijeloj Hrvatskoj jer Statistički zavod Hrvatske ne raspolaže podacima o proizvodnji lana nakon 1990. godine. Ipak, može se pretpostaviti da se u Hrvatskoj u okviru neregistriranih seoskih gospodarstva nastavio uzgoj lana za vlastite potrebe.

Dok kod nas industrijski predivog lana gotovo i nema, u svijetu se već duže vrijeme lanu poklanja velika pažnja i raste interes za njegovom proizvodnjom. Europske zemlje u kojima i nije nikada u potpunosti utrula proizvodnja lana s posebnom pažnjom pristupaju problematici uzgoja i prerade lana te njegovoj primjeni u različitim područjima. U skladu s tim potiče se znanstveni rad u institutima opremljenim za rješavanje lanarske problematike. U tom smislu se istraživanja lana usmjeravaju u tri pravca: za vlakna, ulje i papir i na sva tri područja djeluje se u cilju povećanja proizvodnje.

Početak 21. stoljeća javlja se želja za obnavljanjem tradicionalne proizvodnje i uzgoja predivog lana te se u Hrvatskoj pokreću znanstveno-istraživački projekti čiji je cilj iskorištavanje prirodnih pogodnosti Hrvatske za uzgoj kulture lana. Tako u 2000. godini započinje obnova uzgoja lana u Ivanić Gradu i to u sklopu projekta *Lan i tkalačka radionica*. Cilj projekta bio je revitalizacija uzgoja i prerade lana te obnova tradicionalnog ručnog tkanja. Međutim, kako su stare domaće i inozemne sorte lana nestale, dogovorena je suradnja na ponovnom uvođenju ove kulture s uvezenim stranim sortama predivog lana, praćenje njegove proizvodnje i prerade za dobivanje pređe te izrada visokovrijednih proizvoda kućne radinosti.

Sve veći interes za lan – biljku i proizvode od lana - bio je povod da se pokrenu projekti Zagrebačke županije - *Uvođenje i unapređenje proizvodnje lana* i *Obnova tradicijskoga gospodarstva u Zaklepici*. Početkom 2002. godine pokrenut je tehnološki istraživačko-razvojni projekt u suradnji s Ministarstvom znanosti, obrazovanja i športa *Izrada hrvatskog suvenira iz lanenog konca*. Jedan od rezultata navedenog projekta je laneni ručnik (sl. 2) koji je dobio oznaku Izvorno hrvatsko i kao originalni hrvatski suvenir prezentiran je svjetskom tržištu [15, 16].



Slika 2: Laneni ručnik – originalni hrvatski suvenir [16]

U okviru ovog projekta okupljeni su istraživači s dva fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i to s Tekstilno-tehnološkog i Agronomskog, sa zajedničkim ciljem obnove proizvodnje lana. U suradnji s Ministarstvom poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva RH 2004. godine pokrenut je i VIP projekt *Obnova proizvodnje lana i proizvoda od lana*. Također, jedan za drugim, pokrenuta su i dva znanstvena projekta na Tekstilno-tehnološkom fakultetu; prvi: *Alternativna primjena vlakana za netkane i kompozitne materijale* te potom drugi: *Visokoučinkoviti tekstilni materijali i vlakna unapređene vrijednosti* koji su kao jedan od zadataka imali istraživanje mogućnosti unapređivanja kvalitete domaćih lanenih vlakana.

Istraživači Agronomskog fakulteta od 2002. godine pa sve do danas provode sortne pokuse s uvezenim sortama, a sa svrhom obnavljanja uzgoja i proizvodnje predivog lana u Hrvatskoj. Zajedno s istraživačima s Tekstilno-tehnološkog fakulteta cilj im je odabrati odgovarajuće strane sorte koje bi osigurale dovoljnu količinu i zadovoljavajuću kvalitetu vlakana za tekstilne i druge industrije, ukratko, definirati ovisnosti svojstava lanenih vlakana o svojstvima biljke.

3. Interdisciplinarni pristup revitalizaciji lana

S razvojem novih tehnologija javlja se potreba za povećanjem specijalizacije unutar pojedinih znanstvenih područja, uz korištenje spoznaja iz drugih disciplina i zajedničkog (timskog) rada znanstvenika. Nekada je pojedinac sam rješavao probleme i donosio zaključke, a danas to čine skupine istraživača različita stručnog profila koje imaju isti interes i koriste te zajednički nastoje riješiti postavljeni cilj, čime će se dobiti nove znanstvene činjenice o nekom pojmu.

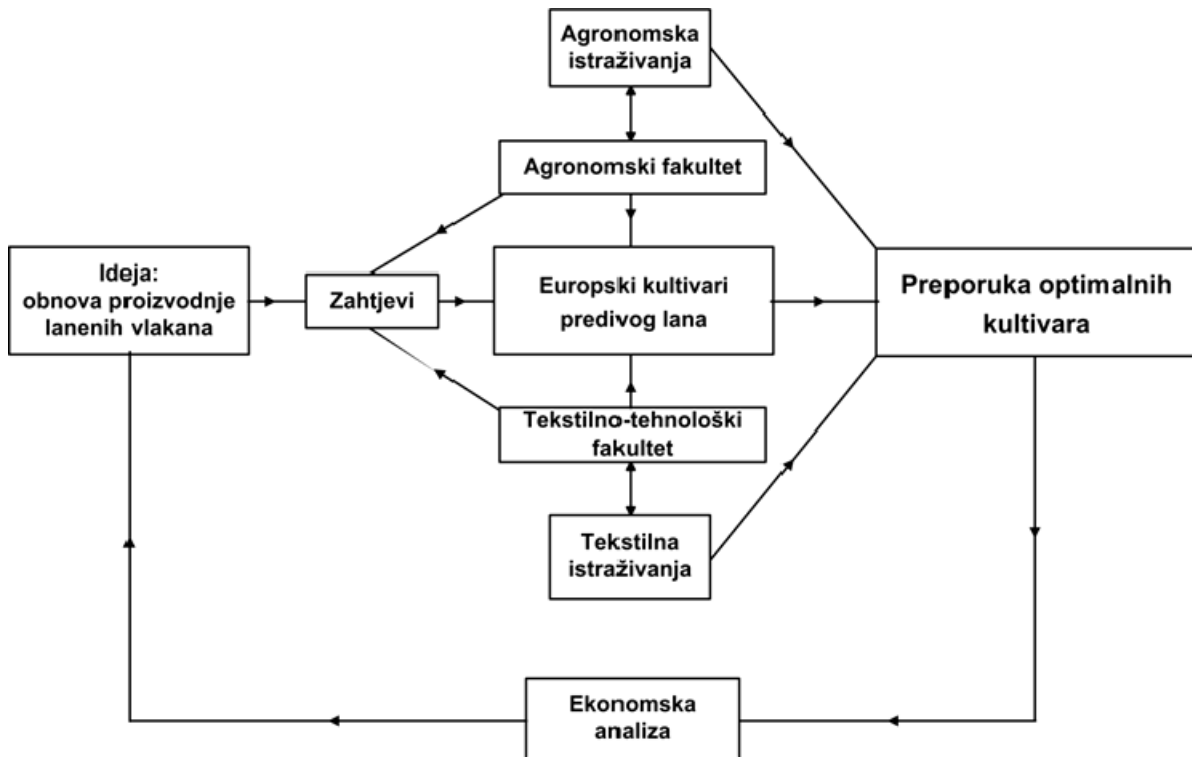
Detaljnim pretraživanjem baze podataka i radova objavljenih u relevantnim časopisima koji pokrivaju područja tekstila i agronomije utvrđen je nedostatak suradnje između istraživača, posebice kada se radi o lanu i njegovim vlaknima. Istraživanja koja su opisana u znanstvenim publikacijama, a tiču se lana, mogu se svrstati u nekoliko cjelina:

- karakterizacija svojstava lanenih vlakana (morfološke karakteristike, kemijska struktura i tekstilno-tehnološka svojstva vlakana) često uz pomoć metoda koje su relevantne za pamuk i vunu te se one moraju prilagoditi ispitivanju lanenih vlakana,
- uvođenje stranih kultivara uz istraživanje njihove aklimatizacijske sposobnosti,
- razvoj ekoloških postupaka izdvajanja vlakana iz stabljike,
- unapređivanje tehnologije prerade vlakana u raznovrsne proizvode te
- razvoj netekstilnih proizvoda na osnovu lanenih vlakana.

U tim radovima uočljiv je jednostrani pristup rješavanju problema i donošenja zaključaka, uz vrlo oskudno uvažavanje činjenica za koje su meritorne druge struke.

Rad na složenom zadatku: definiranje ovisnosti svojstava lanenih vlakana o svojstvima biljke ostvaruje se unatrag jednog desetljeća pa do danas, putem interdisciplinarnog pristupa istraživanju vrednovanja lana i lanenih vlakana. Tekstilci i agronomi su ostvarili zajednički prostor istraživanja u kojima se prati i utvrđuje utjecaj agrotehničkih mjera na svojstva i strukturu lanenih vlakana uz zajednički cilj obnove tradicionalne proizvodnje lana te definiranje i unapređivanje kvalitete lanenih vlakana. Takvim sustavnim i interdisciplinarnim pristupom, koji se temelji na agronomskim i tekstilnim istraživanjima lana, definira se ovisnost svojstava vlakana o svojstvima biljke. Pri tome se istražuje aklimatizacijska sposobnost uvezenih kultivara koji imaju najveći potencijal prilagodbe klimatskim uvjetima Hrvatske, sa svrhom obnove proizvodnje lana te definiranja i unapređenja kvalitete lanenih vlakana.

Budući da je predivi lan biljka vlažnih i umjereno toplih područja, osjetljiva na visoke temperature, vruće i suhe vjetrove u fazi intenzivnog porasta i cvatnje, može se pretpostaviti da u novonastalim klimatskim uvjetima dolazi do umanjanja njezinih vrijednih agronomskih svojstava, te slijedom toga i tekstilno-tehnoloških svojstava vlakana. Određivanjem korelacije između tekstilno-tehnoloških svojstava vlakana i svojstava biljke relevantnih za vlakna mogu se istaknuti kultivari koji daju vlakna očekivanih tekstilno-tehnoloških i uporabnih svojstava uz primjenu odgovarajućih agrotehničkih mjera (sl.3).



Slika 3: Interdisciplinarni pristup istraživanju vrednovanja lana

Kako pokazuje shema provode se složena istraživanja koja obuhvaćaju detaljnu analizu zahtjeva koji se postavljaju od strane tekstilaca i od strane agronoma na lan i njegova vlakna. Pri tome se istražuju temeljna pitanja:

- kakav je utjecaj uvjeta uzgoja na svojstva lanenih vlakana,
- kakav je utjecaj svojstava biljke na svojstva vlakana te
- postoji li ovisnost pojedinih svojstava lanenih vlakana.

Usklađivanjem postavljenih zahtjeva opravdava se uzgoj i proizvodnja predivog lana uz poštivanje ekoloških i ekonomskih zahtjeva.

4. Zaključak

- Suvremeni trend ponovnog otkrivanja lana kao industrijske sirovine ukazuje da lan ima sigurnu budućnost ne samo kao prehrana već i kao strateška tekstilna sirovina u Hrvatskoj. Naime, uzgoj lana u Hrvatskoj mogao bi osigurati potrebnu količinu lanenih vlakana za tekstilnu (odjeća i tehnički tekstil) i druge industrije (prehrambeni i medicinski proizvodi).
- S obzirom da se lan u prošlosti uspješno uzgajao u Hrvatskoj ne postoji razlog da se ne potakne interes za ponovni uzgoj i proizvodnju lana. Može se očekivati da će proizvodnja danas biti još bolja posebno uz iskorištavanje svih produkata (vlakno, sjeme) lanene biljke.
- Daljnji trend uzgoja lanene biljke i proizvodnja vlakana ovisit će i o potražnji na svjetskom tržištu, odnosno o opredjeljenju ljudske civilizacije za sintetička ili prirodna vlakna, uz sve izraženije težnje čovjeka za prirodnim materijalima i obnovljivim resursima.

Literatura

- [1] Arheološki muzej u Zagrebu, dostupno na: http://www.amz.hr/hrv/page.asp?id=odjeli&sub=1&sub2=2&url=egipatska_zbirka, pristupljeno 2011.
- [2] Ghillean P. & Nesbitt M: The cultural history of plants, Natural Fibers and Dyes, Routledge, ISBN 0-415-92746-3, New York, (2005)
- [3] Harris, J.: *5000 Years of Textiles*, 2nd edition, British Museum Press, ISBN 0714125709, London, (2004)
- [4] Muir, D. & Westcott, N. D.: *Flax: The Genus Linum (Medicinal and Aromatic Plants - Industrial Profiles)*, CRC Press, ISBN 0-415-30807-0 Canada, (2003)

- [5] Bonney, R.: The Thirty Years' War 1618-1648 (Essential Histories), Osprey Publishing, ISBN 0415308070 England, (2002)
- [6] Nussli E.: Novi razvoji u preradi lana u pamučnoj predionici, *Tekstil*, **44** (1995.) 11, str. 539-545, ISSN 0492 - 5882
- [7] Šurina, R., Andrassy, M. & Vujasinović, E.: Lan – biljka i vlakno kroz stoljeća, *Tekstil*, **58** (2009.) 12, str. 625-639, ISSN 0492 - 5882
- [8] Raffaelli, D. i Andrassy, M.: Fina lanena vlakna – budućnost za lanare, *Tekstil*, **39** (1990.) 2, str. 75-81, ISSN 0492 - 5882
- [9] Šimetić, J.: Lan u proizvodnji i upotrebi, *Sjemenarstvo* **25** (2008.) 3-4, str. 217-221, ISSN 1330-0121
- [10] Soljačić, I. i Čunko, R.: Hrvatski tekstil kroz povijest, *Tekstil*, **43** (1994.) 11, str. 584-602, ISSN 0492 - 5882
- [11] Potočanec J.: Naši domaći lanovi. Prilog upoznavanju gospodarskih svojstava, Poljoprivredni šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1953.
- [12] Šatović F.: Lan u prošlosti i sadašnjosti, Fakultet poljoprivrednih znanosti, *Bilten poljodobra*, **35** (1987.) 11-12, str. 3-20, ISSN 0353-1414
- [13] Pasković F.: Bitni problemi u lanarstvu i konopljarstvu Jugoslavije, *Tekstil*, **7** (1960.) 9, str. 521-525, ISSN 0492 - 5882
- [14] Pasković F.: Ispitivanje novih nizozemskih sorata lana, *Tekstil*, **2** (1963.) 12, str. 117-125, ISSN 0492 - 5882
- [15] Butorac, J.: Predivo bilje. Poglavlje Lan, Kugler, ISBN 978-953-727-17-9, Zagreb, (2009.)
- [16] Pučko otvoreno učilište Ivanić grad, dostupno na: <http://www.pou-ivanicgrad.com/index.php?l=i10>, pristupljeno 2011.

ODJEĆA OD LANENE TKANINE U PROŠLOSTI I DANAS - KAKO POKRENUTI PROIZVODNJU?

CLOTHING MADE OF FLAX FABRIC IN THE PAST AND TODAY - HOW TO RE-RUN THE PRODUCTION?

Daniela ZAVEC PAVLINIĆ

Sažetak: Lan je kulturna biljka koja ima svestrana pozitivna svojstva upotrebe. Prije gotovo 100 godina proizvodila se u svakoj kući u selu, ponajprije zbog izrade odjeće za sve članove obitelji, te zbog svog pozitivnog djelovanja na zdravlje (sjemenke, ulje, maziva, itd...). Nakon masovne industrijalizacije u tekstilnoj industriji, nakon 1920. godine, lan je izgubio svoju značajniju ulogu, ponajviše je bio zamijenjen s pamukom, a kasnije sve više sa tkaninama izrađenih iz kemijskih vlakana. Danas se lanene tkanine izrađuju ručno samo još zbog sačuvanja tradicije te zbog seoskog turizma najviše u Beli Krajini te u Prekmurju. Još i danas u starim seoskim imanjima postoji laneno platno ručno izrađeno prije 40 godina, a čija vrijednost je jako velika. Za izradu takvih kvalitetnih proizvoda naši su preci imali puno znanja, ne samo zbog uzgoja lana, nego i zbog znanja prerade i poštivanja vrijednosti napravljenih proizvoda u kućnoj radinosti. Danas se lan u EU proizvodi u Francuskoj i Belgiji, pa je nastala udruga „Linen&Hemp Community“. Povezivanje sa takvom udrugom je u tijeku pa se i u Sloveniji uspostavlja ponovna proizvodnja lanenih proizvoda. Činjenica je, da je nužno sačuvati znanje o našoj tradiciji te lanenoj kulturi, koje se sve manje pamti i izumire svakim danom.

Abstract: The flax is a cultural plant that has wide positive properties of end use. Approximately 100 years ago the flax was produced by farmers, with the aim to produce the flax garments and because of positive healing effects (seed, oil, etc.). After 1920, when mass industrialization in textile industry occurs, the flax had lost its role, it was mostly replaced by cotton and afterwards by chemical fibres. Today the flax fabrics are made for maintaining the tradition or even for tourism, mostly in Bela Krajina and in some villages in Prekmurje. There was evidence, that the flax fabrics older than 40 years are still available by some farmers, and such fabrics are precious. While taking a look into this worthy flax fabric it is obvious that the knowledge of our ancestors was huge, neither because of growing the flax plants, but as well because of its hand production and of respect of this home made products. Today the flax production is present in France and Belgium. Established was „Linen & Hemp Community“. The collaboration with the community is in progress and growing of flax and its production in Slovenia will be re-run. The fact is that the knowledge of our flax tradition, that is going to the past and it die out by each day, has to be maintained.

Cljučne riječi: lan, laneno platno, proizvodnja, lanena odjeća.

Keywords: flax, flax fabric, production, flax clothing.

1. Uvod

Lan, već kroz svoje latinsko ime »linum usitatissimum« pokazuje da se radi o „jako uporabnoj“ biljki. Na području Slovenije proizvodnja lanenih biljaka bila je najveća oko 1870. godine [1, 2]. Lanene biljke uzgajali su gotovo u svakoj seoskoj kući, da bi iz njih napravili domaću odjeću za sve članove obitelji te druge proizvode, koji su bili bitni za zdravlje (sjemenke, ulje, maziva, i sl.). Kako je proizvodnja bila u porastu, brzo je došlo i do promjene odnosno do pada proizvodnje već prema kraju slijedećeg desetljeća. Pad proizvodnje bio je posljedica uvoza pamučnih proizvoda, koji su na veliko zamijenili lan i njegove proizvode. Iz pamuka se izrađivala „kotenina“ pa se ta vrsta tkanine upotrebljavala za izradu svih potrebnih odjevnih predmeta, koji su bili potrebni za nošenje u različitim prigodama, kako za radne aktivnosti tako i za svečane prigode. Pamuk se masovno uvezio iz Amerike bez obzira, da se već unaprijed znalo o manjku pamuka tijekom svjetskog rata zbog uništenog brodskeg prometa.

U spomenuto doba na području Slovenije lan je bila kulturna biljka, koja je bila uzgajana u najvećim količinama. Ljudi su uzgajali lanene biljke te izrađivali lanena platna te druge lanene proizvode ručnim radom uz različita pomagala. Kroz uvoz pamuka većina uzgajача lanenih biljaka promijenila je svoj posao, te su se količine gotovo prepolovile. Uzgajanje lanenih biljaka ostalo je samo u siromašnim predjelima teritorija gdje su ljudi još uvijek preživljavali kroz domaće obrtničke radove. U to doba ljudi su znali što je bitno za njihovo zdravlje i bili su pripremljeni obavljati ručne radove u svojim domovima za svoje zdravlje.

Danas je najviše uzgoja lanenih biljaka i izrađivanja proizvoda od lana ostalo na područjima Prekmurja i Bele Krajine, gdje se lanena platna još i dandanas mogu pronaći. I u sadašnje vrijeme na tim područjima lan se još uvijek uzgaja, doduše u malim količinama, ponajviše da se sačuva tradicija i da se mogu u sklopu seoskog turizma pokazivati radne aktivnosti domaćih obrta. Što su ljudi sve više okupirani industrijsko izrađenim proizvodima, ponovo je prisutna želja sve veće populacije, da se opet nosi i upotrebljava prirodno. Općenito nije problem dobiti prirodno, ali se postavlja pitanje, da li je to prirodno izvorno domaće ili dolazi iz uvoza, pa je stoga podrijetlo nepoznato. Jednako je sa lanenim platnom te drugim proizvodima iz lanenih biljki.

Uzgajanje lanenih biljaka je od velikog značaja i u zemljama Europske unije pa je tako formirana udruga u Francuskoj i Belgiji pod imenom „Linen and Hemp Community“ [3]. Područje primjene lanenih proizvoda je zanimljivo ne samo zbog proizvodnje lanenog platna i drugih proizvoda za zdravlje, već za proizvodnju tekstilnog interijera, te automobilsku industriju. Mogućnost proizvodnje lanenih biljaka u Sloveniji razmatrana je s više stajališta: sa stajališta poljoprivrednih ciljeva, da se obrađuje zemlja koja možda do sada nije bila obrađena i sa stajališta proizvodnje lanenog platna te izrade lanene odjeće. Pružaju se mogućnosti subvencioniranog uzgajanja lanenih biljaka iz različitih europskih fondova preko Ministarstva za poljoprivredu te za razvoj sela gdje se očekuje da bi takva djelatnost postala dodatna radna aktivnost za poljoprivrednike. Istovremeno je omogućeno uključivanje proizvođača lanenih biljaka u spomenutu udrugu te se na taj način uspostavlja poslovni lanac u Sloveniji s ciljem ponovnog pokretanja spomenute proizvodnje.

2. LAN – uzgoj i prerada u prošlosti

Lan je jednogodišnja biljka u kojoj se vlakna nalaze u stabljikama. Upravo zbog tih vlakana, lanene se biljke trebaju obrađivati ručnim radom te paziti da se biljke tijekom čupanja ne slome; samo se ručnim radom mogu sačuvati cijele stabljike iz kojih se mogu proizvesti što dulja vlakna, koje se dalje koriste za izradu lanenog platna. Kad se lan ubrao (iščupao) s polja treba lanene stabljike ostaviti točno određeno vrijeme na rosi travnjaka, tako da se od stabljike uspiju odcijepiti vlakna. U tom periodu lanene stabljike potrebno je najmanje 2 puta preokrenuti, slika 1. Na ovako izložene lanene stabljike ne smije padati kiša jer pređa oprana kišom nije dovoljno izdržljiva. Od posebnog značenja su pojedini postupci, koje treba pažljivo obaviti inače je cjelokupna berbalanena stabljika potpuno uništena. Najbitnije je samo promatranje i znanje kad je pravo vrijeme da se izvede slijedeći postupak [4].



a.



b.

Slika 1: Lanene biljke a) na travnjaku, b) sušenje pređe [4]

Uzgajali lanenih biljaka u dobi oko 1870. godine bili su doduše prisiljeni raditi svojim rukama kako bi zaradili dovoljno za preživljavanje svojih obitelji. Bili su uvjereni da obavljaju jako važan posao, te si na taj način stvaraju kvalitetne proizvode. Kako mogućnosti, da rade nešto drugo za preživjeti nije bilo, puno je ljudi više godina uzgajalo lanene biljke i izrađivalo njihove proizvode. U tome su bili najbolji pa nisu ni tražili posao daleko od svojih domova i obitelji. Uzgajanje lanenih biljki tražilo je vrijeme i volju za radom svih članova obitelji. Budući da su se pojavile druge mogućnosti za radom, tijekom više godina došlo je do problema da je nestalo vrijednih prelja i tkalaca. Kao posljedica toga došlo je do pada uzgoja lanenih biljki i prerada njihovih proizvoda više nije bila toliko proširena. Ljudi više nisu bili pripremljeni na naporan fizički rad. Modernizacija i industrijalizacija u tekstilnoj industriji zapošljavala je sve više djelatnika u tvornicama, sve se više upotrebljavalo trgovačko platno niže kakvoće. Ljudi su bili svjesni te niže kakvoće proizvoda koje su masovno počeli primjenjivati, ali je njihovo prilagođavanje gospodarskim razmjerima bilo nužno.

2.1 Svojstva ručno izrađenog lanenog platna

Ručno izrađeno laneno platno bilo je izrađeno u širini od 70 cm, što je bilo uvjetovano sa ručnim tkalačkim stanom za tkanje. Industrijska platna izrađena su do širine 150 cm, čime se može vidjeti razlika u proizvodnji količina. Što god industrija lanenog platna (pa tako i drugih) diktirala svjetskom tržištu za masovnu prodaju, još uvijek ostaje činjenica, da je ručno izrađeno laneno platno bolje kvalitete. Ako se samo promatra lanena pređa može se vidjeti njezina osobitost ručne izrade – u pređi su ostala zadebljanja, a njezina nejednolikost

je pružala drukčiji izgled i opip. Od tog se platna (baš zbog grubosti same pređe) dobiva na većoj udobnosti kod nošenja, pored svega takva odjeća pozitivno utječe i na zdravlje korisnika. U početku 1900. godine ljudi su laneno platno opisivali kao odjeća sa svojstvom pilinga – to je bilo objašnjeno kao piling odumrlih stanica dok se laneno platno nosilo direktno u dodiru s golom kožom. No, danas imamo tzv. suvremene materijale i puno više dermatoloških bolesti, ali samo se rijetki pitaju o izvoru spomenute bolesti.

Pored spomenutog svojstva kao pilinga, laneno platno najviše se koristi za izradu ljetne odjeće. Krojevi za odjeću izrađenu iz lanenog platna bili su napravljeni sa više komocije, tako, da su bili mikroprostori između odjeće i ljudske kože veći. To je značilo više zraka oko ljudske kože koji je davao efekt hlađenja. Posebno su bile popularne ženske haljine i muške široke hlače, slika 2a. Međutim, u zimsko doba, lanena se odjeća prije nošenja grijala na različitim grijaćim elementima, tako da je vrijeme toplog efekta bilo produljeno.

Kako je spomenuto u uvodnom dijelu, danas se može pronaći laneno platno, staro i više od 40 godina. To je platno bilo izazov za dizajnericu Sanju Veličković iz Ptuja, koja je ručno od platna izradila predivnu haljinu, Slika 2b. Tijekom prezentacije te haljine i stručne diskusije o mogućnosti proizvodnje lanenih biljaka u sklopu 10. znanstvene konferencije u Murskoj Soboti (Slovenija) iskazano je veliko zanimanje za takve proizvode. Više je nego očito, da ljudi pored hrpe tekstilnih proizvoda traže nešto drugačije, nešto što je njima poznato iz djetinjstva. Takva je diskusija rezultirala provođenjem ankete (u tijeku) te se izrađuje i tržišna analiza za ponovno pokretanje proizvodnje koja bi počela na farmama lanenih biljaka i u Sloveniji.



a.



b.

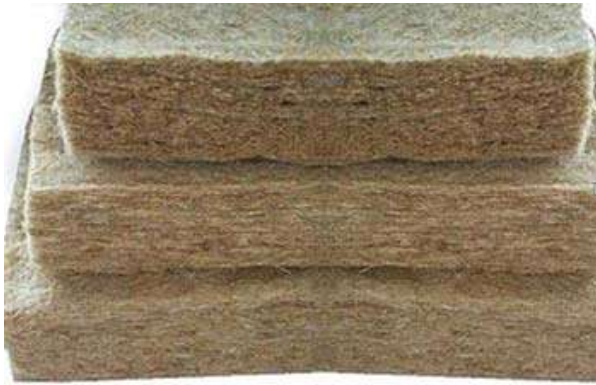
Slika 2: Lanena odjeća: a) iz godine 1908 [6]; b) lanena haljina koju je 2012. godine dizajnirala i iz 40 godina stare lanene tkanine izradila dizajnerica Sanja Veličković iz Ptuja.

U puno primjera laneno platno se u prošlosti ukrašavalo ručno izrađenim vezom u različitim bojama (uzorci i različiti ornamenti), koji se osim na odjeći najviše izrađivali na stolnjacima. Uzorci i ornamenti bili su specifični ovisno o području odnosno regiji u kojoj su bili izrađeni. Pored odjeće i izrade stolnjaka iz lanenog platna izrađivala se i posteljina, plahte i ručnici; dok su se iz grubljeg platna izrađivale i vreće za nošenje različitih prehrambenih artikala (povrća i voća). Danas se spomenuti proizvodi već izrađuju u Francuskoj serijskom proizvodnjom, dok se opisani ornamenti izrađuju strojnim radom.

2.2 Drugi proizvodi iz lanenih biljki

Kao što je već prethodno spomenuto, lan se kao biljka uzgajao prvenstveno zbog izrade lanenog platna, tako da su ljudi mogli odijevati sebe i članove svoje obitelji. Od lanenih biljki poznata je upotreba sjemenki iz kojih se pripremaju različiti napitci, te laneno ulje. Tako mljevene sjemenke i ulje imaju pozitivne učinke na probavu ljudi. Dok se sa sjemenkama lana možemo liječiti i danas, na tržištu suvremenog doba mogu se pronaći materijali za izolaciju u građevinarstvu izrađeni od lanenog vlakna. Iz literature [8] može se zaključiti, da se izolacijski materijali napravljeni od lanenih stabljika ocjenjuju pozitivno za održavanje dobre klime u prostorijama gdje živimo, slika 3.

Zanimljivu strategiju integracije lanenih vlakana u proizvode ima švicarska tvrtka B.comp. Lanena vlakna koriste se za izradu skijaških štapova te za izradu bicikala. Za takvu proizvodnju razvijena je vrhunska tehnologija. Trenutno se vode pregovori na tom području o suradnji s tvrtkama iz Slovenije gdje postoje mogućnosti za izradu zaštitnih kaciga iz lanenih vlakana. Mogućnosti za uzgajanje lanenih biljaka za proizvodnju navedenih proizvoda su velike.



a.



b.

Slika 3: Izolacijski materijal napravljen od lanenih vlakana

3. ZAKLJUČAK

Tkanje lanenog platna jedan je od najstarijih domaćih obrta 18. i 19. stoljeća. Bio je to (kao i ostali obrti u ono doba) obrt ručnog rada s visokim stupnjem strpljenja i napornog fizičkog rada. Tkanje su u većini slučajeva izvodili muškarci, dok su žene pripremile pređu za tkanje te su njima pomagale i kod tkanja, ako je to bilo potrebno. Ljudi su bili složni i pomagali su jedni drugima u postupku čupanja lanenih stabljika. Bilo je to gospodarstvo gdje su ljudi preživjeli sa proizvodima napravljenima u lokalnim područjima. Danas ljudi (pre)žive sa proizvodima nepoznatog podrijetla jer žive u vremenu gdje gospodarstvo diktira masovnu potrošnju svega novoga, svega stranog, ponajviše bez činjenica koje su vezane uz kvalitetu tih proizvoda (odjeće i namirnica).

Danas je sve manje domaćih obrta (ili ih nema) sa područja tekstila (tkanja) jer ljudi nisu naviknuti na „obrt“ ili nemaju obrtničkih znanja. Nemaju ni tzv. „visokog stupnja strpljenja“ ili nisu skloni napornom fizičkom radu na spomenutom području. Rijetki su stručnjaci koji cijene domaće ili čak ručno napravljene proizvode, još rjeđi su oni koji posjeduju dovoljno znanja da bi mogli pokrenuti spomenuti obrt.

Mnoštvo tekstilnih predmeta dostupna je na tržištu pa se stoga postavlja pitanje „Zašto raditi taj obrt?“, „Ima li uopće mogućnosti da se domaći obrt s područja tekstila opet pokrene?“. Budući da su u radu predstavljene mogućnosti za uzgajanje i upotrebu lanenih biljaka, smatra se da se ponovnom proizvodnjom lanenih biljaka može ostvariti nekadašnja kvaliteta i steći nova znanja o proizvodnji, primjeni i upotrebi lanenih vlakana u suvremenim proizvodima za razne namjene. Farme lanenih biljaka pozitivno su ocijenjene za razvoj seoskih površina, za proizvodnju lanenog platna i ostalih opisanih proizvoda, kao i za otvaranje novih radnih mjesta. Povezivanje se stranim udrugama putem zajedničkih projekata mogućnosti za proizvodnju lana i u našim regijama dobivaju na značenju, kao i mogućnosti za dobivanje financijskih sredstava za početak proizvodnje.

Literatura

- [1] Pridelovanje lanu: Kmetijske in rokodelske novice, 1.1.1876, letnik 34.
- [2] Gojenje lanu: Kmetijske in rokodelske novice, 26.12.1876, letnik 54, št. 52.
- [3] <http://linenandhempcommunity.eu/>
- [4] Slovenski gospodar, LAN IN PLATNO, 1916
- [5] <http://www.park-goricko.org>
- [6] Slovenski gospodar, LANI IN KONOPLJA, 1919
- [7] <http://www.ebelakrajina.si/on/1716-tucnja-lanu-v-adlesicah>
- [8] http://www.lokalno.si/2010/08/20/59580/zgodba/danes_tucnja_lanu/
- [9] <http://www.gorenjskiglas.si/novice/nasveti/index.php?action=clanek&id=12466>
- [10] Zavec Pavlinić, Daniela: Lan v oblačilu in zdravlju, 10.znanstvena konferenca PAZU, 30.11-1.12.2012 Murska Sobota.



SEKCIJA B

MEHANIČKE TEHNOLOGIJE

SECTION B

MECHANICAL TECHNOLOGIES

UTJECAJ KONSTRUKCIJE TKALAČKIH STROJEVA NA EKONOMIČNOST PROIZVODNJE TKANINA

CONSTRUCTION IMPACT OF WEAVING LOOMS ON MANUFACTURING FABRICS ECONOMY

Željko KNEZIĆ; Željko PENAVALA & Miroslav TRATNIK

Sažetak: Tkalački strojevi karakterističan su primjer kako se kroz povijest razvojem tehnologije i primjenom tehničkih dostignuća smanjivao utjecaj „ljudskog faktora“ na stupanj njihovog iskorištenja, smanjenje utroška električne energije, povećanje kvalitete proizvoda i ukupne produktivnosti. Stoga su na četiri različita tkalačka stroja tijekom proizvodnje tkanina (u stvarnim proizvodnim uvjetima) provedena mjerenja elektroenergetskih parametara posebnim, za tu namjenu projektiranim, mjernim sustavom[1]. Dobiveni podaci upućuju na važnost unapređenja mehaničkih konstrukcija tkalačkih strojeva, prilagodbi, razvoju i primjeni dostignuća iz područja informatike, elektrotehnike i elektronike u tehnološkim procesima proizvodnje tkanina. Isti podaci određuju smjernice za odabir proizvoda (tkanine) i optimalnog proizvodnog procesa.

Abstract: Weaving looms are typical example how throughout the history, technology development and application of technical advances reduced the impact of "human factor" to the degree of its utilization. The consumption of electricity is reduced, but the quality of the product and overall productivity increases. Therefore, in four different looms over fabric production (in real production conditions) measurements of power parameters were conducted with special, custom made, measuring system[1]. The data suggest the importance of improving the mechanical construction of weaving looms, adjustment, development and application of advances in information technology, electrical and electronics engineering in the manufacturing process. The same data set guidelines for the selection of products (fabrics) and optimal manufacturing process.

Ključne riječi: tkanje, tkalački stroj, elektroenergetski procesni parametri, utrošak električne energije, produktivnost, troškovi

Keywords: weaving, weaving loom, electric power process parameters, engaged electric power and energy consumption, energy consumption, productivity, expenses

1. Uvod

Tragovi u najstarijim izvorima ukazuju na postojanje tkanina preko 5 000 godina. Izrada tkanina pomoću strojeva, pokušana je i prije otkrića parnog stroja (za pogon su korišteni mehanizmi koji su vodenu energiju, energiju vjetra ili snagu konjske, volovske zaprege pretvarali u rotacijsku)[2,3]. Pronalaskom i razvojem elektromotora, došlo je do njihove primjene na tkalačkim strojevima i to korištenjem „transmisije“ tako da se jednim elektromotorom pokretalo više tkalačkih strojeva. Moderni tkalački strojevi osim glavnog, pogonskog elektromotora, imaju još: nekoliko elektromotora (za otpuštanje osnove, tvorbu sukljanih krajeva itd.), nekoliko elektromagneta koji svojim pomičnim dijelovima u određenim trenucima izvrše pravocrtni pomak, elektromagnetske spojke za prijenos vrtnje elektromotora, elektromagnetske kočnice koje po potrebi zaustavljaju kretanje strojnih dijelova, itd. Osim spomenutog, ima još komponenti i sklopova na tkalačkom stroju koji troše ili zbog kojih se troši električna energija, te je nužno razmotriti svaki funkcionalni dio da bi se primijenila kvalitetna rješenja kojima bi se smanjila potrošnja [4, 5].

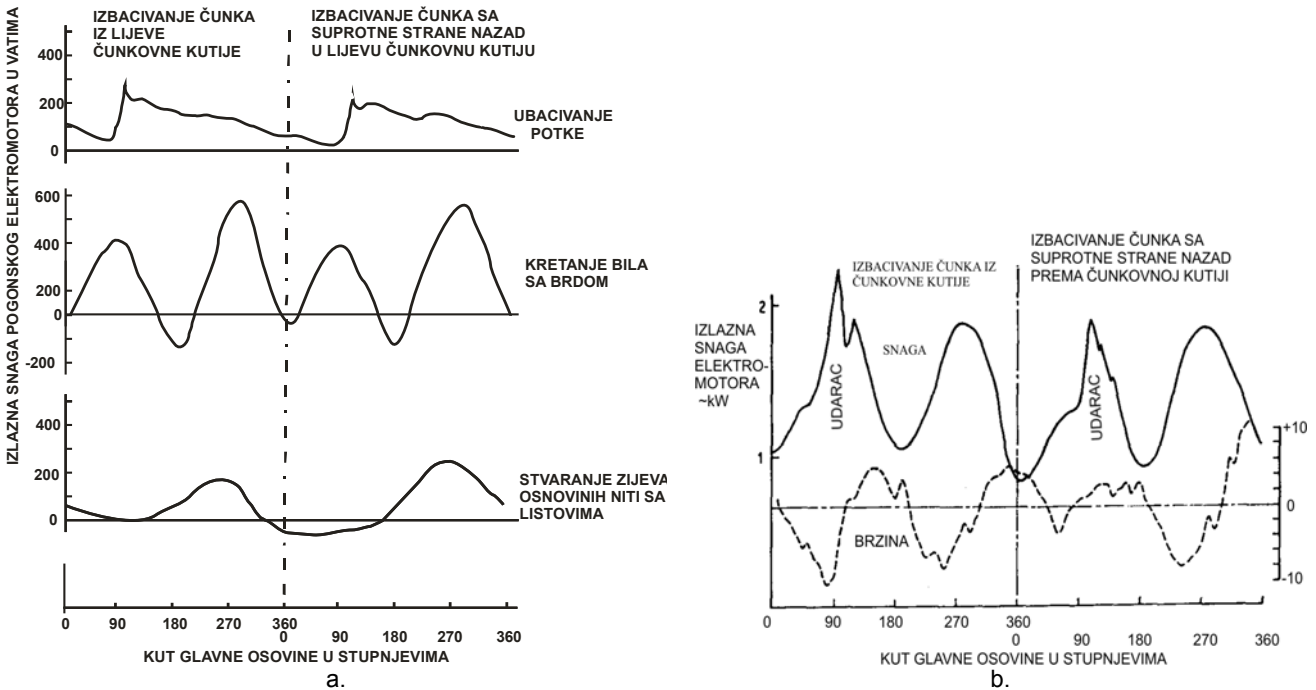
2. Snaga i brzina na tkalačkim strojevima

U procesu tkanja angažiranu električnu snagu (energiju) treba proučavati od trenutka do trenutka vezano uz događanja koja se odvijaju na tkalačkom stroju. Asinkroni elektromotor koji se koristi na tkalačkom stroju vrti se sporije od sinkrone brzine koju uzrokuje napajanje izmjeničnom strujom, a ta razlika naziva se električno klizanje (električni pomak). Ovakav elektromotor nije 100% učinkovit, brzina mu varira ovisno o neravnomjernom opterećenju, jer neki dijelovi tkalačkog stroja rade kontinuirano, a neki periodički. Ako se električno klizanje poveća, povećat će se i količina proizvedene topline.

Tkalački strojevi novije generacije pokreću se posebno konstruiranim elektromotorima upravljanim računalnim sustavom integriranim u sam tkalački stroj.

2.1 Snaga i brzina elektromotora na čunkovnom tkalačkom stroju

Unatoč poboljšanjima, ipak asinkroni elektromotor tkalačkog stroja radi s više električkog klizanja, i manjim faktorom snage od većine drugih elektromotora. Snaga i brzina su povezane. Kada brzina raste, apsorbirana snaga se smanjuje, a kada je potreba za snagom veća, brzina se smanjuje [6].



Slika 1: a) Zahtjevi za snagom, b) Karakteristike snage i brzine elektromotora na čunkovnom tkalačkom stroju

U prošlosti se pokušavalo i procjenom snage potrebnom za svaki od sastavnih mehanizama tkalačkog stroja, ali zbog međusobnog djelovanja, isključivanje različitih komponenti nije dalo precizne podatke. Ipak, rezultati mjerenja upotrijebljeni su za dobivanje krivulja prikazanih na slici 1a. Ovi podaci su približni, njihovim objedinjavanjem dobila bi se krivulja koja pokazuje zbroj snaga svih komponenti tkalačkog stroja u upotrebi (bez njihove interakcije). To je zbog toga što ponašanje i elektromotora i tkalačkog stroja ovisi o brzini u određenom trenutku, ali i o ubrzanjima koje stvaraju druge komponente [7].

Uočljive su razlike u potrebnoj snazi ovisno s koje strane tkalačkog stroja (iz kojeg spremnika) se izbacuje čunak s potkom. To je djelomično objašnjivo činjenicom da je brzina u trenutku pritkaja različita za ova dva slučaja. Ovi rezultati odnose se na „Picanol President“ tkalački stroj radne širine 2,1 m, ali su vrlo karakteristični te se mogu upotrijebiti za tkalačke strojeve sličnih karakteristika.

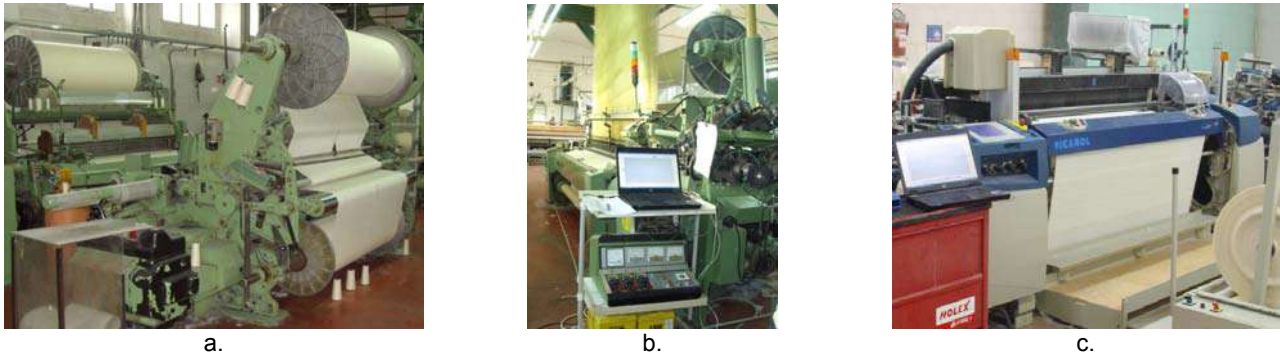
Kako je već bilo spomenuto, zahtjevi za snagom na elektromotor ciklički variraju što je vidljivo na grafičkim prikazima na slici 1b. Elektromotori, vodiči električne struje i prijenosna oprema moraju podnijeti vršne vrijednosti struje, a ne samo prosječne, iz čega se zaključuje da nizak faktor snage zahtijeva veće struje za potrebnu snagu, te zbog toga sve električne komponente moraju biti veće od uobičajenih standarda.

2.2 Snage elektromotora na bezčunkovnim tkalačkim strojevima

Razvojem elektroničkih mjernih uređaja povećane su mogućnosti mjerenja različitih parametara, te se ta iskustva primjenjuju i u tekstilnoj tehnologiji. Koristeći prethodna iskustva i primjenjujući tehnička dostignuća projektirani izrađen je specijalni mjerni sustav sa kojim su izvršena mjerenja elektroenergetskih parametara na četiri tkalačka stroja: u tvorničkim pogonima na tri različita tkalačka stroja angažirana pri realizaciji redovnih proizvodnih planova (Dörnier typ GTNF4/SD, Sulzer Rütli G 6100 i Picanol OmniPlus 800 (slika 2.)) i fizikalno mehaničkom laboratoriju Zavoda za projektiranje i menadžment tekstila Tekstilno-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na tkalačkom stroju Dörnier (tff).

Spomenuta mjerenja provedena su posebno projektiranim sustavom koji među ostalim sadrži elektronske vatmetre, digitalno trofazno mjerilo snage i utrošene energije, kontrolne mjerne instrumente i opremu, te

računalo i programsku podršku nabavljenu, prilagođenu i razvijenu kao jedinstveni sustav za mjerenje elektroenergetskih parametara tkalačkih strojeva (mogućnost dobivanja preciznijih podataka o trenutnom angažiranju električne snage u vrlo kratkim vremenskim jedinicama)[8].

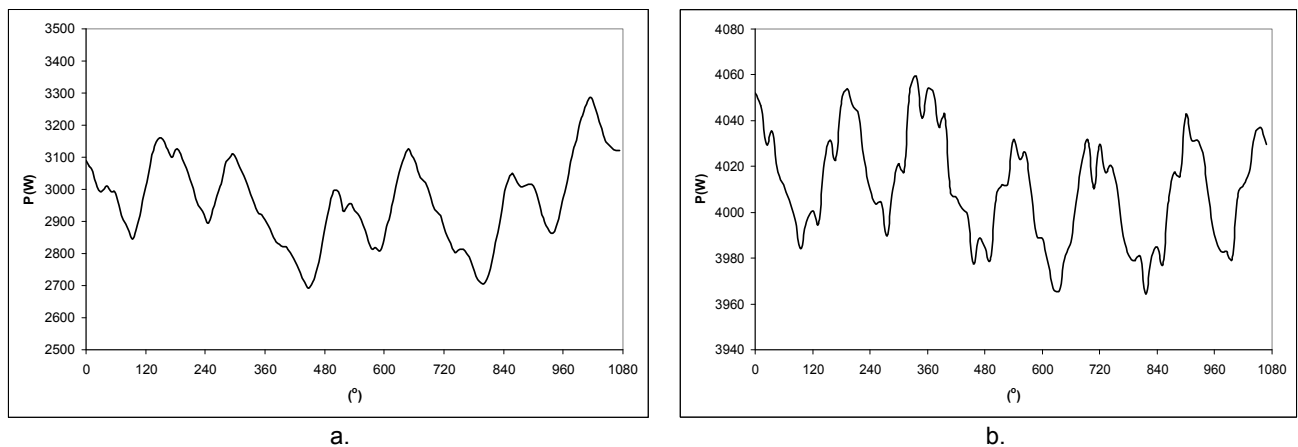


Slika 2: Tkalčki strojevi: a) Dörnier typ GTNF4/SD, b) Sulzer Rütli G6100 sa žakalom, c) Picanol OmniPlus 800

2.2.1 Rezultati mjerenja i izračunate ukupne električne snage sustava tkalačkih strojeva za tkanje reljefnih tkanina (frotira)

Mjerenja su izvršena na tkalačkim strojevima Dörnier model GTNF4/SD i Sulzer Rütli G 6100 za tkanje reljefnih tkanina (frotira) u proizvodnom pogonu firme Fromax Inter u Oroslavju. Potrebno je napomenuti da tkalački stroj Dörnier model GTNF4/SD radne širine 163 cm sa dva osnovina vratila (jedno za temeljnu osnovu, a drugo za flor) je listovni sa mehaničkom listovkom i krutim utkivnim šipkama sa hvatalima. Pokreće ga kavezni trofazni elektromotor nazivnih vrijednosti: 380 V frekvencije 50 Hz, snage 3 kW, $\cos\phi$ 0,85, broj okretaja 955 u minuti, sa remenskim prijenosom (izmjenjiva klinasta remenica na vratilu elektromotora: promjera 90 mm, 110 mm i 130 mm, omogućuje tkanje pri 150, 180 i 210 okretaja u minuti glavnog vratila tkalačkog stroja) i prijenosnikom snage - „getribom“ s elektromagnetskom kočnicom. Upravljanje radom elektromotora obavlja se kontaktnim elektromehaničkim sklopnicima. Zaustavljanje stroja je elektromagnetskom lamelnom kočnicom. Otpuštanje osnova (temelj i flor) obavlja se posebnim asinkronim elektromotorima - svaki snage 0,18 kW, 380V, 760 okretaja u minuti pri 50 Hz frekvenciji napajanja.

Tkalački stroj Sulzer Rütli G 6100 je radne širine 200 cm sa dva osnovina vratila (jedno za temeljnu osnovu, a drugo za osnovu flora) sa hvatalima na fleksibilnim trakama i elektronskim žakar uređajem. Elektronski upravljani glavni pogonski elektromotor nazivnih vrijednosti: 380 V frekvencije 50 Hz, snage 5,5 kW, broj okretaja 2850 u minuti, pokreće mehanizme tkalačkog stroja remenskim prijenosom (klizne remenice različitog promjera na vratilu elektromotora) i prijenosnikom snage - „getribom“ s elektromagnetskom kočnicom. Snaga glavnog elektromotora zglobnim osovinskim prijenosom („kardanom“) prenosi se na elektronski žakar uređaj čiji rad mora biti sinkroniziran sa ostalim dijelovima tkalačkog stroja. Napetost osnove (temeljne i flor) ostvaruje se zasebnim elektromotorima upravljanim elektronskim sklopovima.



Slika 3: Grafički prikaz izračunatih vrijednosti ukupno angažirane električne snage u sustavima tkalačkih strojeva tijekom 3 okretaja glavnog vratila tkalačkog stroja: a) Dörnier model GTNF4/SD pri 180 okret/min, b) Sulzer Rütli G 6100 pri 300 okretaja glavne osovine u minuti

Na dijagramima prikazanim na slikama 3.a,b iskazane su izračunate vrijednosti ukupno angažirane električne snage u sustavima tkalačkih strojeva na kojima je provedeno istraživanje. Ukupna snaga P

predstavlja vektorski zbroj pojedinačnih snaga po fazama, a kako je riječ o elektromotornom pogonu spojenom u trokut, kod zbrajanja je primijenjen i odgovarajući koeficijent za takav spoj. Upravo te krivulje pokazuju da se ukupna snaga ciklički ponavlja nakon svakog trećeg okretaja glavnog vratila tkalačkog stroja, (unesene i pritkane tri potke), koliko i traje jedan ciklus stvaranja petljica tropotkinog frotira.

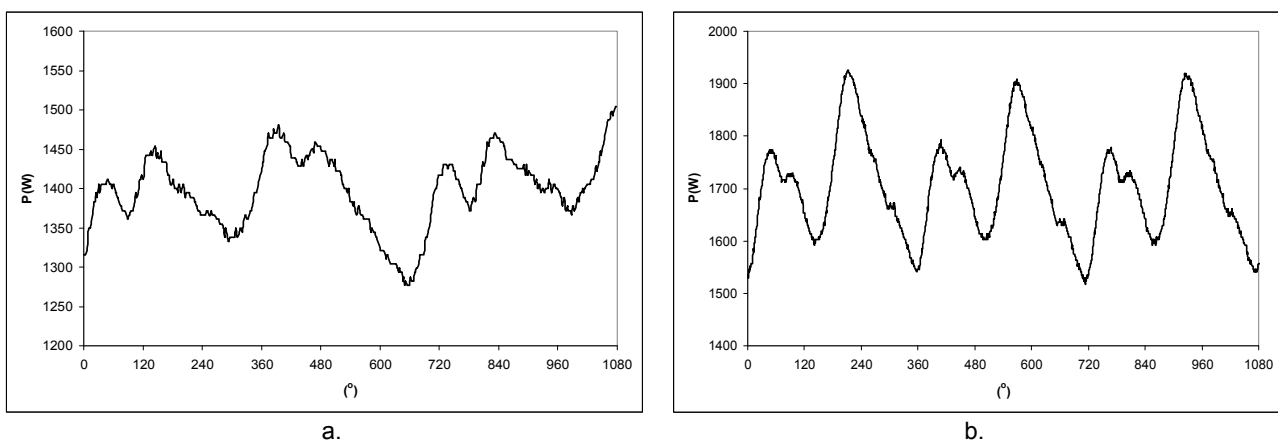
Na slici 3.a vidljivo je da se grafički prikazane izračunate vrijednosti ukupno angažirane električne snage u sustavima tkalačkih strojeva Dörnier model GTNF4/SD kreću od cca 2700 W do 3300 W (razlika cca 600 W), a na slici 3.b uočljivo je da se grafički prikazane izračunate vrijednosti ukupno angažirane električne snage u sustavima tkalačkih strojeva Sulzer Rütli G 6100 kreću od cca 3960 W do 4060 W (razlika 100 W).

2.2.2 Rezultati mjerenja i izračunate ukupne električne snage sustava tkalačkih strojeva za tkanje ravnih tkanina

Zbog utvrđivanja razlika energetske procesne parametara na pojedinim tkalačkim strojevima, provedena su planirana mjerenja i na listovnim tkalačkim strojevima Dörnier GTN(ttf)[9] (pri 163 okretaja u minuti) i Picanol OmniPlus 800 (pri 500 okretaja u minuti glavnog vratila tkalačkog stroja) kod tkanja ravnih tkanina.

Listovni tkalački stroj Dörnier sa hvatalima na krutim šipkama, pri tkanju ravnih tkanina u širini 163 cm, ima 15 listova s povratnim uvodom i 2 lista za krajeve upravljanih listovnim uređajem. Otpuštanje osnove sa osnovnog vratila ostvaruje se mehaničkim mehanizmima Huntovog regulatora, a gotova tkanina povlači se povlačnim valjkom i pozitivnim regulatorom. Pogon tkalačkog stroja ostvaruje se elektromotorom nazivnih vrijednosti: 380 V frekvencije 50Hz, snage 3 kW, $\cos\phi$ 0,85, 955 okretaja u minuti, remenskim prijenosom (klinasta remenica na vratilu elektromotora: promjera 90 mm omogućuje tkanje pri 163 okretaja glavnog vratila tkalačkog stroja) i prijenosnikom snage - „getribom“ s elektromagnetskom kočnicom.

Picanol OmniPlus 800 (u firmi Čateks – Čakovec) je računalom upravljani zračno mlazni listovni tkalački stroj radne širine do 190 cm[10], podešen za tkanje ravnih tkanina širine tkanja 163 cm. Moguć je izbor do 8 boja potke, a unošenje potke ostvareno je elektronski upravljanim sustavom glavne i relejnih mlaznica u kombinaciji s tunelom tvorenim od uzubina po širini brda. Zijev osnovnih niti tvori se pomoću listova (do 16 listova) upravljanih specialnim sustavom. Zbog fleksibilnosti sustava moguće je tkati u rasponu od vrlo finih (od 22 dtex) do grubih pređa (330 tex) jer osjetila postavljena na ključne pozicije prepoznaju kvalitetu pređe i korigiraju parametre rada stroja da bi se ciklus odvijao sa što manje zastoja, što većom kvalitetom i minimalnim utroškom zraka za unos potke. Specijalni „Sumo“ motor sa patentiranim direktnim pogonom ostvaruje vitalne funkcije. Sve nadzire microprocessor OMNIplus 800. Korištenjem interaktivnog zaslona može se u realnom vremenu ostvariti planirana prilagodba, jer su gotovo sva mehanička podešavanja zamijenjena elektronskim. Prednosti su višestruke, postupci podešavanja su: vrlo su precizni, vremenski kratko traju i lako se mogu provjeriti. Nema potrebe za zamjenom (podešavanjem) mehaničkih dijelova, a podaci se jednostavno mogu prenijeti s jednog računala na drugo. Zahvaljujući elektronskim kontrolama, neke postavke mogu se obaviti bez zaustavljanja stroja (npr. promjena gustoće tkanja), a za neke se može ostvariti automatski rad, npr., stroj sam može odabrati optimalne brzine tkanja[11]. Pokretanje stroja obavlja se potpuno automatski po unaprijed utvrđenoj proceduri.



Slika 4: Grafički prikaz izračunatih vrijednosti ukupno angažirane električne snage u sustavima tkalačkih strojeva tijekom 3 okretaja glavnog vratila tkalačkog stroja: a) Dörnier model GTN (ttf) (163 okret/min), b) Picanol OmniPlus 800 (500 okretaja u minuti glavnog vratila tkalačkog stroja)

Dijagrami na slikama 4.a,b prikazuju izračunatu ukupnu snagu koja se ciklički ponavlja nakon svakog okretaja glavnog vratila tkalačkog stroja. Na slici 4.a vidljivo je da se krivulje izračunatih vrijednosti ukupno

angažirane električne snage u sustavima tkalačkih strojeva Dörnier model GTN kreću od cca 1270 W do 1500 W, a na slici 4.b izračunate vrijednosti ukupno angažirane električne snage u sustavima tkalačkih strojeva Picanol OmniPlus 800 kreću od cca 1530 W do 1920 W.

3. Analiza rada tkalačkih strojeva

Obradom zabilježenih podataka pri istraživanju u industrijskim proizvodnim pogonima i laboratoriju lako se mogu izračunati vrijednosti koje su mjerodavni pokazatelji pri projektiranju proizvodnih procesa, bilo da se izrađuje plan proizvodnje ili projektira proizvodni pogon za proizvodnju tražene tkanine.

3.1 Tkanje reljefnih tkanina (frotira)

Istraživanje je provedeno prema planu istraživanja u proizvodnom pogonu Firme Fromax Inter u Oroslavju na tkalačkim strojevima za tkanje reljefnih tkanina (frotira) Dörnier model GTNF4/SD i Sulzer Rüti G 6100, a iz dobivenih podataka izdvojeni su karakteristični podaci za ovu analizu. Parametri pri tkanju artikla (frotira) pamučnom pređom: osnova (temeljna i flor osnova su jednake) finoće 2x25 *tex*, u ukupnoj gustoći 24 niti/cm ($g_{ot}=12$ niti/cm, $g_{of}=12$ niti/cm), a pređa za potku finoće 36 *tex* i gustoće $g_p=22$ niti/cm.

Tablica 1: Utrošak električne energije pri tkanju reljefnih tkanina (frotira)

Tkalački stroj	Broj okretaja (min^{-1})	Gustoća potke (niti/cm)	P (kW)	W/potci	W/cm	W/m'	W/m^2
Dörnier GTNF4/SD	180	22	2,98	0,276	6,07	606,6	365,4
Sulzer Rüti G 6100	300	22	3,83	0,213	4,68	467,8	281,8

Vrijednosti u tablici 1. izražajno iskazuju prednost u proizvodnji stroju Sulzer Rüti G 6100. Posebnu pogodnost ovaj stroj pruža svojim elektronskim žakar uređajem za koji se programi (projekti – kreacije) željenog izgleda proizvoda (ručnik ili metražna tkanina) mogu pripremiti na osobnom računaru (nije potrebno izrađivati – bušiti programske karte kao što je potrebno za listovku listovnog tkalačkog stroja Dörnier model GTNF4/SD).

3.2 Tkanje ravnih tkanina

Prvi dio istraživanja provedeno je na listovnom tkalačkom stroju Dörnier sa listovkom u fizikalno mehaničkom laboratoriju Zavoda za projektiranje i menadžment tekstila Tekstilno-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pri tkanju ravne tkanine. Drugi dio istraživanja proveden je pri proizvodnji ravne tkanine zračno mlaznim tkalačkim strojem Picanol OmniPlus 800 u firmi Čateks u Čakovcu.

U tablici 2. izdvojeni su karakteristični podaci koji jednim dijelom mogu utjecati na izračun cijene koštanja određenog proizvoda.

Tablica 2: Utrošak električne energije pri tkanju ravnih tkanina

Tkalački stroj	Broj okretaja (min^{-1})	Gustoća potke (niti/cm)	P (kW)	W/potci	W/cm	W/m'	W/m^2
Dörnier (tff)	163	22	1,70	0,174	3,827	382,7	230,5
Picanol OmniPlus 800	500	21	1,01	0,042	1,054	105,4	63,5

Prema podacima u tablici 2. uočljive su povoljnije vrijednosti vezane uz proizvodnju strojem Picanol OmniPlus 800. Ono što nije vidljivo u tablici 2. a uočeno je pri istraživanju, potrebno je spomenuti (dio podataka) za tkalački stroj Picanol OmniPlus 800:

- brzina (broj okretaja glavnog vratila) mijenja se bez zaustavljanja stroja (ne treba mijenjati remenice), stroj može sam odabrati optimalnu brzinu rada ovisno o ostalim parametrima
- gustoća potke mijenja se odabirom vrijednosti u izborniku računala (nije potrebno mijenjati zupčanike)

- vez tkanja određuje se crtanjem veza na interaktivnom zaslonu računala u sustavu stroja
- u slučaju zastoja, nakon automatskog ili ručnog uklanjanja razloga zastoja, računalo upravlja pokretanjem i nastavkom rada stroja
- računalo stroja bilježi sve podatke u vezi rada stroja, te se ti podaci lako prenese na drugo računalo zbog usporedbe i analizu.

4. Zaključak

Istraživanja na različitim tkalačkim strojevima u industrijskim proizvodnim pogonima i laboratoriju provedena su s ciljem utvrđivanja elektroenergetskih parametara tkalačkih strojeva tijekom tehnološkog procesa tkanja. Pouzdano je utvrđeno da stroj kod kojeg dominira mehanički način upravljanja njegovim radom, a ima i slabije izbalansirane mehaničke strojne dijelove i nema nikakvih elektronskih uređaja za upravljanje radom elektromotora, ima izraženije variranje potrebe za električnom snagom, odnosno energijom unutar jednog okretaja glavnog vratila stroja, a osobito pri pokretanju. Zbog veće brzine rada (broja okretaja glavnog vratila) i svih računalom upravljanih i kontroliranih funkcija stroja, kvaliteta i produkcija također su višestruko veće. Analizirajući utrošak električne energije po dužini unesene potke, nameće se zaključak da je povoljnija upotreba strojeva s elektroničkim upravljanjem. Važan podatak, koji se nipošto ne smije zanemariti, svakako je automatski rad elektronički upravljanih strojeva gdje su elektroničkim sklopovima zamijenjeni (nadomješteni) klasični mehanički uređaji, te zahvaljujući toj činjenici pojednostavljen je postupak i skraćeno je vrijeme pripreme proizvodnje novog artikla. Dobiveni rezultati potiču na nastavak istraživanja i praktičnu primjenu otkrivenog.

Literatura:

- [1] Knezić, Ž.: Utjecaj radnih parametara strojeva za tkanje na potrošnju električne energije, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, mentor: dr.sc. Željko Penava. Izv.prof., Zagreb, 2012., Doktorska disertacija
- [2] Tkanje, Opća enciklopedija, knjiga 8 Š-Žva, strana 232, JLZ Zagreb 1982.
- [3] Kovačević, S.: *Ručno tkanje*, Prometej&Centar za kreativne alternative, Zagreb 2003., ISBN 953-6460-37-8
- [4] Hebblerling F.: The Power Requirements for Reciprocating Yarn Traverses, *Textile Research Journal*, 1962, 32, 211
- [5] Ornatskaja, B.A.; Kivilis S.S.: Projektovanje i modernizacija tkackih mašina, „Legkaja promišljenosc i bitovoe obsluživanje“, Moskva, 1986.
- [6] Reeves Lord, P.; Mansour, H.M.: *Weaving: conversion of yarn to fabric*, Woodhead Publishing, 1973, ISBN: 0900541784
- [7] Demartini, R.J.; Lukens, A.F.: Selection of Electric Drivers for Looms, *Textile Research Journal*, 1950, 20, 53
- [8] Knezić, Ž.; Penava, Ž. & Rogale, D.: Weaving Machine Consumption of Electricity Depending on Weaving Speed, *Proceedings of 5th International Textile, Clothing & Design Conference – Magic World of Textiles*, Dragčević, Z. (Ed.), 235-240, Dubrovnik, Croatia, October 03rd to October 06th 2010.
- [9] Upute za rad na tkalačkom stroju DORNIER - unos potke s krutom šipkom - tkalački stroj s variogetribom, Lindauer DORNIER G.m.B.H., 899 LINDAUER, 1974.
- [10] www.picanol.be
- [11] Orešković, V.: Automati i računala u službi tkalaštva, *Zbornik referata stručnog savjetovanja: Primjena automatizacije u tekstilnoj i odjevnoj industriji*, SITTH i SITTI, Zagreb, 1980.

TESTIRANJE KRUŽNOPLETAČEG STROJA S PAMUČNIM JEDNOSTRUKIM PREĐAMA RAZLIČITE FINOĆE

TESTING OF CIRCULAR DOUBLAR BED KNITTING MACHINE USING COTTON SINGLE YARNS OF VARIOUS FINENESS

Ana KOVAČ & Zlatko VRLJIČAK

Sažetak: Jednoznačno je testiran kružnopletači dvoiglenični stroj finoće E17. U laboratorijskim uvjetima testiranje je provedeno različitim finoćama jednostrukih pamučnih pređa. Prema preporuci proizvođača na stroju je moguće pletiti pamučnim jednostrukim pređama finoće 12 do 36 tex. Također je za ovu finoću stroja preporučena optimalna finoća pamučne pređe 20 tex. Između finoća pređa 12 i 36 tex, na tržištu se nalaze uobičajne finoće 14, 16, 17, 20, 25, 28, 30 i 33 tex. U ovom testiranju, pri jednoj dubini kuliranja, korištene su pređe finoće 16, 20, 25 i 30 tex. S pređama finoće 12 i 14 tex ne dobiju se dovoljno stabilne strukture. S njima se može pletiti i izrađivati funkcionalno pletivo, ali s manjom dubinom kuliranja. Grublje pređe finoće 33 i 36 tex također se mogu pletiti na ovom stroju ali s većom dubinom kuliranja pri čemu se dobiju znatno masivnija kvalitetna i funkcionalno primjenjiva pletiva. S navedenim pređama izrađivano je glatko kulirno desno-desno pletivo plošne mase 130 do 250 g/m². Izrađena se pletiva mogu koristiti za izradu klasičnog ženskog rublja, zimskog ženskog i muškog rublja te proljetnih i ljetnih majica.

Abstract: Unidirectional production testing of double bed circular knitting machine E 17 was performed. Testing was performed using various counts of cotton single yarns. As recommended by the manufacturer the machine can knit cotton single yarns of counts from 12 to 36 tex. Likewise, optimum cotton yarn fineness of 20 tex is recommended for this machine gauge. Within the range of yarn counts between 12 and 36 tex there are common yarn counts of 14, 16, 17, 20, 25, 28, 30 and 33 tex. Within the scope of this testing at one sinking depth the following yarn counts 16, 20, 25 and 30 tex were used. When using yarns with counts of 12 and 14 tex no sufficiently stable structures are produced. They can be used for manufacturing functional knitted fabrics, but using a smaller sinking depth. Coarser yarn counts such as 33 and 36 can also be processed on this machine type, but using a greater sinking depth, resulting in qualitative and applicable knitted goods. The mentioned yarns were used to knit plain weft-knitted fabrics with an area density from 130 to 250 g/m². The manufactured knitted fabrics can be used to make classic lingerie, men's and women's winter underwear as well as spring and summer T-shirts.

Cljučne riječi: tekstil, stroj, testiranje, pletivo, kulirno, desno-desno, pređa, pamuk

Keywords: textile, machine, testing, knitted fabric, weft-knitted, rib fabric, yarn, cotton

1. Uvod

Strojevi za izradu pletiva se projektiraju i izrađuju prema namjeni. Tehnolozi, modni kreatori, proizvođači vlakana i pređa kontinuirano nude tržištu nove modele i nove materijale koji su često osnovna podloga konstruktorima strojeva da za njih izrađuju određene tipove strojeva. Pojavom novih tehnika i tehnologija u izradi mikrovlakana i veoma finih te elastanskih pređa, pred konstruktore strojeva se u posljednjih desetak godina stavlja zahtjev za izradu strojeva u velikim finoćama.

U klasičnoj upotrebi pri izradi vesti i pulovera izrađuju se strojevi finoće E2 do E12. Međutim, veoma fine ljetne polo majice izrađuju se na strojevima finoće E14 do E22. Kod izrade klasičnog pamučnog pletiva namijenjenog muškom i ženskom rublju koriste se strojevi finoće E16 do E24. Fino kulirno desno-lijeva pamučno pletivo plošne mase 60 do 80 g/m² namijenjeno izradi ženskog rublja izrađuje se pređama finoće 12, 14 ili 17 tex na kružnopletačim jednoigleničnim strojevima finoće E28. Međutim, fino žensko sintetičko rublje izrađuje se na osnovoprepletačim strojevima finoće E32 do E44. U posljednjih pet godina sve je veća potražnja za elastičnim pletivima koja se primjenjuju u izradi rublja, rekreacijske i sportske odjeće te odjeće za profesionalce. Jedan dio ovakvih pletiva se izrađuje tehnikom platiranja gdje se u jedan red upliće jedna pređa od prirodnih vlakana, a druga je pređa elastanska. Znatno rastezljivija i veoma tanka pletiva debljine do 0,4 mm često se nazivaju drugom kožom i izrađuju se također tehnikom platiranja pri čemu se najčešće u jedan red ili niz očica upliće jedna PA ili PES filamentna nit i uz nju jedna elastanska nit. Da bi pletivo moglo biti veoma elastično treba se izrađivati pređama koje često imaju prekidnu rastezljivost veću od 30%. Elastanske pređe imaju prekidnu rastezljivost 4 do 8 puta. Pređe se dovode u zonu pletenja u istegnutom

stanju pa se mogu plesti na znatno finijim konstrukcijama strojeva. Po ovom načelu su razvijeni tzv. ultra fini strojevi za izradu pletiva koji imaju finoće E44 do E80, (80 igala u jednoj iglenici na 25,4mm). Na ovakvim se strojevima plete sintetičkim filamentnim pređama finoće 10 do 30 dtex. Elastanske pređe najčešće su finoće 15 ili 22 dtex. S ovakvim pređama i načinom rada pletivo se podjednako skuplja uzduž i poprijeko 40 do 60%. Zbog ovako velikog skupljanja plošna se masa nalazi u granicama 110 do 130 g/m². Pri projektiranju, konstrukciji i izradi ovakvih strojeva za izradu pletiva koriste se posebna načela, te mehanizmi i uređaji za dovod pređa i povlačenje pletiva.

Svaki uobičajeni pleteni proizvod ima svoje specifičnosti koje se vremenom mijenjaju i poboljšavaju prema zahtjevima primjene. Tako npr. kod izrade kupaćih kostima, skijaške i biciklističke opreme namijenjene profesionalnim sportašima poželjno je imati odjeću sa što manje šavova. Ovakva se odjeća izrađuje na najsuvremenijim strojevima za izradu pletiva. U posljednjih nekoliko godina, najobičnije kratke čarape u cijelosti se izrađuju na čaraparskim automatima. Prethodne konstrukcije automata su izrađivale čarape bez završetka čarape na vršku kod prstiju. Ovaj završetak se zašivao na posebnom šivaćem stroju. Kod starijih strojeva debljina šava je bila velika i stvarala neugodu kod nošenja i bila uzrok trganja čarape na vršku kod prstiju. Pri projektiranju stroja za izradu pletiva koristi se načelo specijalističke izrade. Stroj izrađen po ovom načelu može izrađivati samo određene grupe pletiva. Za izradu drugih vrsta pletiva, na stroju se ne isplate raditi nikakve preinake. Ponekad proizvođači pletiva zahtijevaju od proizvođača strojeva da im izrade jedan stroj s tri cilindra različitih finoća, npr. E18, E20 i E24. Izmjena cilindara često nije problematična. Međutim, uskladiti preplet, finoću pređa s finoćom stroja i plošnom masom te s radnom brzinom je složen i veoma rizičan zahvat. Novoizrađeni stroj ima određenu namijenu i preporuku za njegovo korištenje. Proizvođač stroja nudi stroj određenih značajki, a korisnik stroja treba stroj u različitim prigodama. Prema preporuci proizvođača, svaki stroj može plesti s pređama određenih finoća. Također može plesti pređama različitih sirovinskih sastava, struktura i svojstava. Za izradu laganijih pletiva koriste se finije pređe i manja dubina kuliranja. Za izradu masivnijih pletiva koriste se grublje pređe i veća dubina kuliranja. U kvalitetno planiranoj proizvodnji svaki se stroj treba tehnološki testirati i provjeriti njegove mogućnosti rada. Danas, kad je veoma snažna konkurencija na tržištu, naprosto se moraju poznavati granične mogućnosti rada stroja i baš se one koriste pri izradi atraktivnih proizvoda koji će na tržištu biti prihvatljivi po aktualnosti, cijeni i održavanju. U ovom je radu i laboratorijskim uvjetima testiran kružnopletači dvoiglenični stroj s pamučnim jednostrukim pređama. Prema preporuci proizvođača, stroj može plesti s pređama određene finoće. Ovim testiranjem željelo se vidjeti kakva se struktura pletiva dobiva kod pletenja s različitim finoćama pređa [1,2].

2. Stroj za izradu pletiva

Za testiranje je korišten kružnopletači dvoiglenični stroj u osnovi namijenjen izradi glatkog kulirnog desnodnog pletiva koje će se koristiti za izradu dječjeg rublja, tab.1. Ovakvo rublje poželjno je izrađivati pamučnim jednostrukim pređama. Prema preporuci proizvođača stroja, za ovaj stroj finoće E17 preporuča se koristiti pamučne jednostruke pređe finoće 12 do 36 tex. Ako se koriste končane pamučne pređe, npr. finoće 12 tex x 2, 14 tex x 2 ili 17 tex x 2 tada je dobiveno pletivo prikladno koristiti za ljetne majice ili laganu ljetnu odjeću. Na stroju se također može plesti i pređama drugih sirovinskih sastava. Sirovinski sastav i značajke pređe uvelike određuju namijenu pletiva. Ako se na ovakvim strojevima plete PA ili PES filamentnim nitima tada se pletiva mogu koristiti za različite namijene u kućanstvu ili tehničkom području.

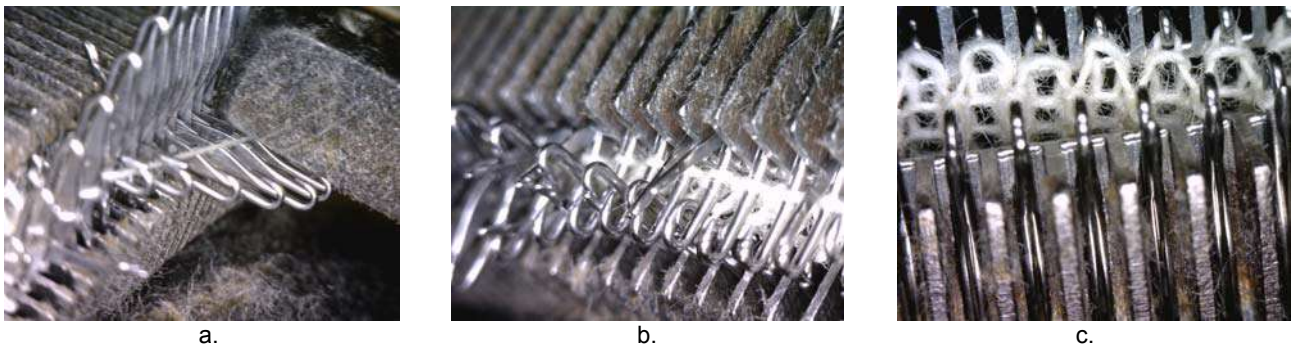
Tablica 1: Konstrukcijske značajke kružnopletačeg dvoigleničnog stroja

Finoća stroja, E	Promjer cilindra mm	Promjer cilindra e''	Broj pletaćih sistema, S	Broj igala, N _i	Radna brzina cilindra, ok./min
17	200	8	8	432 x 2	60

Cilj ovog testiranja je da se izrađuju uzorci samo s jednom uobičajnom dubinom kuliranja. Da se optimalno iskoristi stroj postavljena je prikladna dubina kuliranja za finoću pređe 20 tex. U ovom slučaju na stroju se moglo plesti pređama finoće 16, 20, 25 i 30 tex. Pređama finoće 12 i 14 tex dobije se previše porozno pletivo. Da bi se s ovim pređama dobilo punije pletivo potrebno je plesti sa znatno manjom dubinom kuliranja. Slična je situacija s grubljim pređama. Naime, pređe finoće 33 ili 36 tex zahtijevaju veću dubinu kuliranja ili isključivanje iz rada pojedinog broja igala.

U zonu pletenja pređe se mogu dovoditi različitim vlačnim silama. Također se pletivo može povlačiti različitim silama. Na stroju postoji mogućnost regulacije sile povlačenja pletiva. Kod finijih pređa preporuča se manja sila povlačenja pletiva koja iznosi oko 10 cN/igli, a kod pletenja s grubljim pređama veća sila povlačenja pletiva koja ne premašuje 30 cN/igli. Sila povlačenja pletiva nije mijenjana već je bila preporučena za finoću pređe 20 tex i glatki preplet, tj. preplet kada rade sve igle. Pri izradi ovakvih pletiva potrebno je uskladiti

iznose vlačne sile pri dopremanju niti u zonu pletenja i sile povlačenja pletiva. Ispravno usklađene navedene sile stvaraju u zoni pletenja optimalna opterećenja niti koja neće doživjeti značajniju deformaciju pri oblikovanju očica. Ovo je osnovni preduvjet da izrađena pletiva budu dimenzijski postojana u procesu oplemenjivanja pletiva i pri upotrebi te njezi odjeće. Na sl. 1 predstavljena je zona pletenja sa značajnijim zahvatima procesa oblikovanja očica.



Slika 1: Glavni zahvati u zoni pletenja pri oblikovanju očica: a) polaganje niti, b) oblikovanje očica prvo završe igle cilindra, a potom igle kružne ploče i c) razdjeljivanje niti na iglama cilindra i kružne ploče

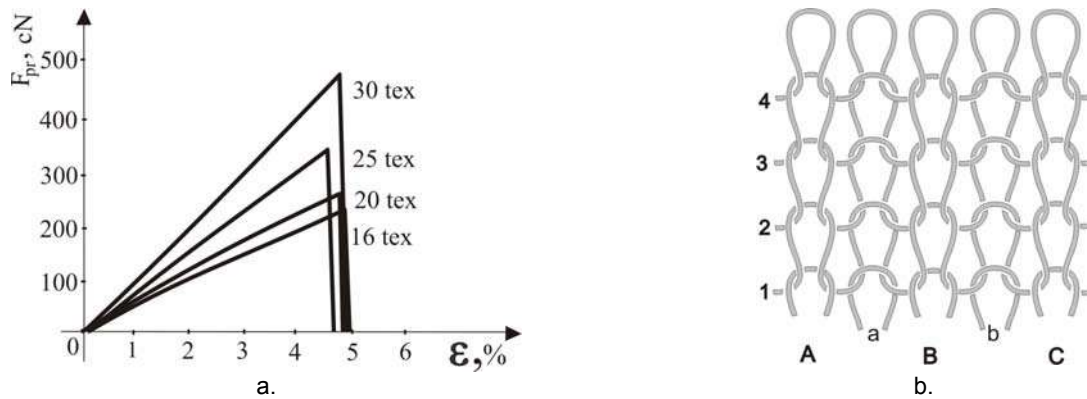
3. Pređe za izradu uzoraka pletiva

Na izabranom stroju moguće je pletiti pređama različitog sirovinskog sastava. Za ovo testiranje korištene su jednostruke pamučne pređe nazivne finoće 16, 20, 25 i 30 tex, a njihovi uzorci pletiva označeni su oznakama U16, U20, U25 i U30, tab.2. Pređa nazivne finoće 16 tex je najfinija, ima promjer 0,16 mm, prekidnu silu 233 ± 8 cN i prekidnu rastezljivost $4,9 \pm 0,1\%$. Pređa finoće 30 tex je najgrublja pređa kojom se plelo za ovo testiranje, ima promjer 0,21 mm, prekidnu silu 462 ± 9 cN i prekidnu rastezljivost istu kao najfinija pređa, tj. $4,9 \pm 0,1\%$. Ako se usporede prekidne čvrstoće pređa vidljivo je da najgrublja pređe ima najveću prekidnu čvrstoću koja iznosi 15,8 cN/tex dok je najniže prekidna čvrstoća pređe nazivne finoće 20 tex i iznosi 12,2 cN/tex. Rastezna svojstva ostalih pređa nalaze se u navedenim intervalima, sl. 2a. Malena razlika u prekidnoj rastezljivosti pređa može se protumačiti vrlo malom razlikom u broju uvoja između pojedinih pređa. Pletači stroj ima osam pletačkih sistema za koje treba osam namotnica pređe. Finoća pređe je određivana na način da je sa svake namotice uzeto po pet uzoraka duljine 10 m. Na osnovi mase i duljine dobivenih 40 uzoraka određena je prosječna finoća pojedine pređe. Gdje je bilo moguće, rezultati mjerenja su prikazani uz statističku pogrešku $p=0,05$. Za ovakvo istraživanje najjednostavnije i svrsishodnije je bilo odrediti prosječnu debljinu pređe računski, pomoću jednadžbe: $d = 0,0396(Tt)^{1/2}$ [3-5].

Tablica 2: Značajke pamučnih jednostrukih pređa za pletenje

Značajke pređe	Uzorci			
	U16	U20	U25	U30
Finoća pređe, tex	16,1±0,8	19,8 ±0,9	26,3±1,1	29,2±1,4
Debljina pređe, mm	0,16	0,18	0,20	0,21
Broj uvoja, /m	841±14	839±16	699±8	679±11
Prekidna sila, cN	233±8	242±11	351±8	462±9
Prekidna rastezljivost, %	4,9±0,1	4,9±0,1	4,6±0,1	4,9±0,1
Rad do prekida, cN-cm	307±17	306±21	434±16	605±24
Prekidna čvrstoća, cN/tex	14,5	12,2	13,3	15,8

Ovakva je testiranja najprihvatljivije raditi s najmanjim opterećenjima igala i stroja. Za izradu uzoraka korištene su sve igle u stroju i glatki preplet, sl.2b. U normalnom radu jedan pletači sistem izrađuje red pletiva, a pri izradi reda sudjeluju sve igle, tj. u redu ima 864 očice pa se u jedan red pletiva uplete oko 2765 mm pređe. Stroj ima osam pletačkih sistema pa za jedan okretaj cilindra izradi osam redova pletiva. Svaki je red pletiva izrađen pređom s druge namotnice. U komercijalnoj je proizvodnji poželjno da sve pređe budu iz iste proizvodne serije. Na taj je način ostvarena osnovna pretpostavka da se pređe značajno ne razlikuju pa će se s njima moći izraditi pletivo veoma ujednačene strukture i upotrebnih svojstava. Ako pređe nisu iz iste proizvodne serije tada je velika vjerojatnost da se razlikuju, a neke između njih će se značajno razlikovati što će u većini slučajeva rezultirati greškom u pletivu koja se očituje u obliku vodoravne pruge.



Slika 2: a) dijagrami rasteznih svojstava pamučnih jednostrukih pređa, b) glatki kulirni desno-desni preplet u kojem su izrađivani uzorci pletiva

4. Parametri strukture pletiva

S navedenim pređama izrađeno je po deset metara pojedinog uzorka pletiva. Već se pri izradi pletiva uočava utjecaj finoće pređe na različite parametre strukture pletiva. S finijim pređama dobije se uže, laganije i poroznije pletivo, a s grubljim pređama šire, masivnije i punije pletivo. Za tehnologe pletače značajno je skupljanje pletiva u smjeru redova očica, ili poprečno skupljanje koje se mjeri nakon skidanja pletiva sa stroja i relaksacije. Kod ovih uzoraka ono iznosi 32 do 41%, tab. 3. Pletivo na stroju ima širinu jednaku opsegu iglenice koja iznosi 628 mm. Međutim, kad se pletivo skida s igala tada se ono počinje skupljati, a naročito kad prođe iza para povlačnih valjaka kada ima širinu 368 mm. Na ovom stroju nakon povlačenja pletivo se ne namata u svitak već se nakon prolaza povlačnih valjaka odlaže u korito za odlaganje pri čemu počinje intenzivnije skupljnje, odnosno opuštanje, već oko jednu minutu nakon pletenja. Ovako skupljeno i opuštano pletivo izrađeno pređom finoće 16 tex, nakon skidanja sa stroja i jednog dana relaksacije ima najmanju širinu koja iznosi $184 \text{ mm} \times 2 = 368 \text{ mm}$, odnosno pletivo se skupilo 41% [6-8].

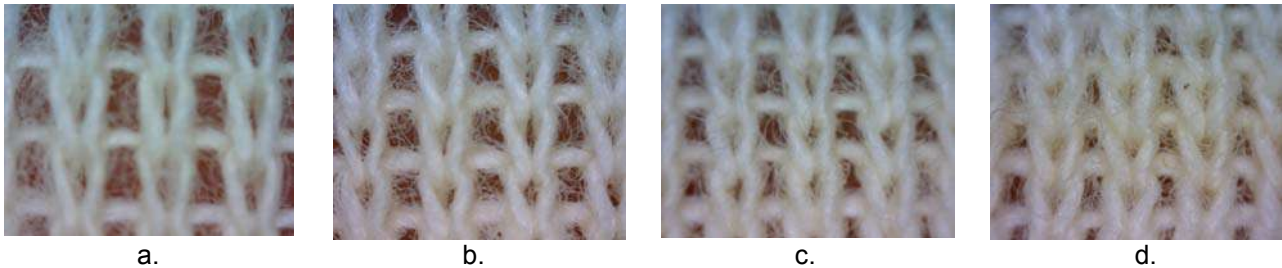
Tablica 3: Osnovni parametri strukture pletiva

Parametar strukture pletiva	Uzorci pletiva			
	U16	U20	U25	U30
Širina pletiva, \hat{S}_p (cm)	18,4 x 2	19,5 x 2	21,2 x 2	21,4 x 2
Skupljanje pletiva, s (%)	41	38	32	32
Zbijenost očica u redu, D_h (oč./cm)	11,8 ±0,4	10,9 ±0,3	10,1 ±0,3	10,1 ±0,3
Zbijenost očica u nizu, D_v (oč./cm)	11,0 ±0,1	12,0 ±0,2	12,8 ±0,4	13,2 ±0,2
Korak očice, A (mm)	0,85	0,91	0,99	0,99
Visina reda očica, B (mm)	0,90	0,83	0,78	0,75
Koeficijent zbijenosti očica, C	1,06	0,91	0,79	0,76
Odnos korka očice i debljine pređe, k_A	5,3	5,1	5,0	4,7
Odnos debljine pletiva i debljine pređe, k_{DP}	3,88	3,94	4,10	4,00
Utrošak niti u očici, ℓ (mm)	3,22±0,01	3,20±0,01	3,20±0,02	3,21±0,01
Linearni modul očice, δ	20,1	17,8	16,0	15,3

Zbijenosti očica u redu i nizu pletiva su brojani na 1cm duljine. Međutim, zbijenost očica u redu se može izračunati iz širine pletiva i broja igala koje su radile. Zbog pogreške u mjerenju na ovaj način dobije se neznatno različita zbijenost očica u redu. Izrađivano je glatko pletivo pa su veoma malene varijacije u iznosima zbijenosti očica koje često ne prelaze iznos $\pm 0,5$ očice. Korak očice (A) također je poželjno računati iz širine pletiva i broja igala. Ono što je zanimljivo kod ovakvih testiranja je odnos koraka očice (A) i debljine pređe (d) s kojom se izrađuje pojedino pletivo. U teorijskim razmatranjima često se navodi da je korak očice 4 puta veći o debljine pređe [3]. U ovim uzorcima korak je očice 4,7 do 5,3 puta veći od debljine pređe. Kod finijih pređa ovaj je odnos veći pa je pletivo poroznije. Također je zanimljiv iznos linearnog modula očice (δ) koji opisuje odnos duljine niti u očici (ℓ) i debljine niti (d). U teorijskim razmatranjima on se preporuča u iznosu oko 21, [1,4]. Kod ovih uzoraka on se nalazi u granicama 15,3 do 20,1 što također indirektno opisuje poroznost pojedinih uzoraka, a time i njihovu primjenu.

Glavni pokazatelj strukture pletiva je plošna masa [7]. S pređom nazivne finoće 16 tex dobivena je plošna masa 131 g/m^2 , a s pređom finoće 30 tex plošna masa 246 g/m^2 , sl. 3, tab.4. Ovo je podatak zbog kojeg se

provode ovakva testiranja. Prema dobivenim rezultatima može se konstatirati da korištenjem pređe finoće 16 tex, na navedenom stroju može se izraditi glatko kulirno desno-desno pletivo plošne mase oko 130 g/m² te se koristiti za izradu klasičnog ženskog rublja. Ako se na ovom stroju koriste pređe finoće 20 tex tada se dobije masivnije i punije pletivo mase oko 170 g/m² koje koristi pri izradi ženskog zimskog rublja. S pređom finoće 25 tex dobije se još punije i masivnije pletivo koje ima masu oko 210 g/m² pa se može koristiti za izradu muškog zimskog rublja. U hladnijim krajevima, naročito u skandinavskim zemljama koriste se znatno punija pamučna pletiva za izradu rublja. Također se koriste ovakva pletiva za proljetne, ljetne i jesenske majice dugačkih rukava te znatno manje rastezljivosti. Ovakve se strukture pletiva mogu dobiti korištenjem pređe finoće 30 tex i imaju masu oko 250 g/m². Kako je uočljivo, pletiva se mogu izrađivati s različitim plošnim masama za različite namjene, uzraste i spolove.



Slika 3: Strukture pletiva izrađene pređom nazivne finoće: a) 16 tex, b) 20 tex, c) 25 tex i d) 30 tex

Detaljnijom analizom strukture izrađenih pletiva je uočljivo da se grubljim pređama izrađuju deblja pletiva koja imaju bolju toplinsku zaštitu ljudskog tijela. Kod ovih pletiva debljina je iznosila 0,62 do 0,84 mm i 3,88 do 4,1 puta je veća od korištene uvijetne debljine pređe. Zapreminska masa pletiva također se povećava kad se pleće grubljim pređama i u ovim mjerenjima iznosi 0,211 do 0,293 g/cm³. Ako bi se željela zadržati zapreminska masa oko 0,250 g/cm³ tada bi se trebalo pređama grubljim od 25 tex plesti s većom dubinom kuliranja. Za svaku finoću pređe trebalo bi regulirati dubinu kuliranja. Masena poroznost pletiva se smanjuje kod pletenja s grubljim pređama, odnosno pletivo postaje sve popunjenije i manje rastezljivo pa zahtijeva drugo područje primjene [5].

Na osnovi rezultata analiziranih izrađenih pletiva je uočljivo da se na jednom stroju mogu dobiti različite strukture pletiva koje se koriste za raznolike proizvode. Svaka konstrukcija stroja ima puno radnih elemenata, mehanizama i sklopova koji se mogu regulirati pri korištenju stroja. Različitom regulacijom pojedinih radnih elemenata stroja utječe se na izgled, strukturu i svojstva pletiva koje se izrađuje. Pored pletenja s pređama različitih finoća vemo često se mijenja dubina kuliranja za dobivanje pletiva određene punoće. Pored dubine kuliranja moguće je reguliranje vlačne sile dovođenja niti pletaćim sistemima kao i sile povlačenja pletiva. Ako je korisnik već u probnoj proizvodnji testirao stroj tada će se s lakoćom odlučiti za njegovu primjenu pri izradi pojedinih uzoraka.

Tablica 4: Osnovni parametri popunjenosti izrađenih i analiziranih pamučnih pletiva

Uzorci	Plošna masa pletiva, m , [g/m ²]	Plošna masa pletiva, m_d , [g/m]	Debljina pletiva, D_p , [mm]	Zapreminska masa pletiva, m_z , [g/cm ³]	Masena poroznost, P_m , [%]
U16	131	48	0,62	0,211	86,3
U20	168	66	0,71	0,236	84,7
U25	211	89	0,82	0,257	83,3
U30	246	105	0,84	0,293	80,9

5. Proizvodni učinak stroja

Za korištenje ovakvih strojeva potrebno je znati njihove okvirne proizvodne učinke koji se izražavaju u duljini izrađenog pletiva, površini pletiva i masi pletiva koje stroj izradi u jedinici vremena. Optimalni proizvodni učinci stroja su osnovni parametri u planiranju proizvodnje i izradi ekonomskih kalkulacija i u većini slučajeva se za naše uvijete privređivanja računaju uz stupanj iskorištenja 0,85, [3]. Finoća pređe bitno utječe na parametre strukture pletiva. Zanimljivo je uočiti da kod ovog istraživanja grublja pređa daje zbijeniju strukturu pletiva, a time i manji proizvodni učinak izražen u metrima. Kad se pleće pređom finoće 16 tex tada stroj izradi 22,3 m/h pletiva, a kad se pleće grubljom pređom, tj. onom finoće 30 tex tada stroj izradi 18,5 m/h pletiva, tab.5. S grubljim pređama izrađuje se šire pletivo. Usprkos tome, s ovim se pređama izradi manja površina pletiva. Tako stroj pri pletenju s pređama finoće 16 tex za sat proizvodnje izradi 8,2 m²/h pletiva, a s

pređama finoće 30 tex izradi 7,9 m²/h. Treći, i često najznačajniji proizvodni učinak stroja se izražava u masenim jedinicama i pokazuje koliko se uplete mase pređe u jedinici vremena. U ovom slučaju za sat rada stroj uplete 1,07 kg pređe finoće 16 tex ili 1,9 kg pređe finoće 30 tex, i isto toliko izradi pletiva. Prosječna cijena ovakvih pamučnih pređa je oko 25 kn/kg. Za sat rada stroj će uplesti pređe finoće 16 tex u vrijednosti 27 kn, a pređe finoće 30 tex u vrijednosti 48 kn.

U posljednje vrijeme ovakvi strojevi rade u malim obiteljskim pogonima često 10 sati dnevno ili 24 dana mjesečno, odnosno oko 240 radnih dana godišnje. Stroj izrađuje pamučno pletivo namijenjeni izradi dječjeg rublja u prvom redu potkošulje. Za jednu potkošulju potrebno je oko 0,5 m pletiva. Na osnovi izračuna stroj izradi oko 50 000 m pletiva iz kojeg se može izraditi oko 100 000 dječjih potkošulja. Za navedeno pletivo se utroši oko 4 t pređe koja košta oko 100 000 kn. Ako bi se izrađivala pletiva različitih struktura, a time i namijenja, tada bi za nabavku pređa trebalo izdvojiti 65 000 do 115 000 kn.

Tablica 5: Izračunati i planirani proizvodni učinci stroja pri pletenju s pređama određene finoće

Uzorci	1 sat				1 mjesec, 24 radna dana, 240 sati				1 godina, 240 radnih dana, 2400 radnih sati			
	U16	U20	U25	U30	U16	U20	U25	U30	U16	U20	U25	U30
M _d (m/h)	22,3	20,4	19,1	18,5	5 352	4 896	4 584	4 440	53 520	48 960	45 840	44 400
M _k (m ² /h)	8,2	8,1	8,0	7,9	1 968	1 944	1 920	1 896	19 680	19 440	19 200	18 960
G (kg/h)	1,1	1,4	1,7	1,9	257	336	408	456	2 570	3 360	4 080	4 560
C _p (kn)	27	35	43	48	6 480	8 400	10 320	11 520	64 800	84 000	103 200	115 200

6. Zaključak

Prije puštanja u redovitu proizvodnju preporučljivo je uvijek proizvodno-tehnološki testirati stroj za izradu pletiva. Svi se strojevi mogu testirati prema različitim zahtjevima. U ovom primjeru bio je na raspolaganju kružnopletači dvoiglenični stroj finoće E17, promjera cilindra 200 mm (8e") koji je pleo s osam pletaćih sistema. Stroj je u osnovi namijenjen izradi pamučnog pletiva koje koristi pri izradi dječjeg rublja. Rad ovog stroja je testiran korištenjem različitih finoća pamučnih jednostrukih pređa. Najfinija pređa s kojom je pleteno imala je nazivnu finoću 16 tex i s njom je izrađeno glatko kulirno desno-desno pletivo plošne mase oko 130 g/m². Najgrublja pređa s kojom je pleteno imala je nazivnu finoću 30 tex i s njom je ispletano isto pletivo ali znatno veće plošne mase koja je iznosila oko 250 g/m². Ovako veliki raspon plošnih masa zaista omogućuje izradu različitih uzoraka pletiva za mnogostrukije namijenje.

Pored opisanog testiranja također je poželjno provesti testiranje promjene parametara strukture pletiva nakon pojedinih operacija u procesu oplemenjivanja. Stroj je u osnovi namijenjen izradi glatkih pletiva. Međutim, testiranja se mogu provoditi pri izradi različitih jednostrano i obostrano rebrastih pletiva, npr. 1+1, 2+2, 3+3 i sl. Provedena testiranja služe korisniku stroja da može planirati godišnju proizvodnju u različitim sezonama i namjenama. Ispravno testiran stroj i mudro korištenje njegovih radnih mogućnosti u svakom slučaju donosi profit proizvođaču. Ovakav stroj u jednoj godini rada, pri radu u malom obiteljskom pogonu i jednoj smjeni rada može izraditi pletivo za oko 100 000 dječjih potkošulja ili majica kratkih rukava.

Literatura

- [1] Vrljićak, Z. & Stahov, N.: Projektiranje i izrada glatkih kulirnih desno-lijevih pletiva različite gustoće, *Tekstil*, **54**(2005.) 9, 440-447, ISSN 0492-5882
- [2] Iyer, Ch.; Mammel, B. & Schäch, W.: *Rundstricken, Theorie und Praxis der Maschentechnik*, Meisenbach GmbH, Bamberg 1991.
- [3] Vrljićak, Z.: Projektiranje glatkega kulirnega desno-desnoga bombažnoga pletiva, *Tekstilec*, **36** (1993), 9/10, 352-357
- [4] Vrljićak, Z.: Kritički osvrt na analizu parametara strukture kulirnih pletiva, *Tekstil*, **48**(1999), 4, 181-187, ISSN 0492-5882
- [5] Čunko, R.: *Ispitivanje tekstila, Fizikalne i instrumentalne metode karakterizacije osnovnih svojstava tekstilija*, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 1995.
- [6] HRN F.S2.013
- [7] HRN F.S2.016
- [8] HRN F.S2.021



SEKCIJA C

OPLEMENJIVANJE

SECTION C

FINISHING

SPECIJALNI EFEKTI U OPLEMENJIVANJU DENIMA

SPECIAL EFFECTS IN FINISHING OF DENIM

Tihana DEKANIĆ; Tanja PUŠIĆ & Ivo SOLJAČIĆ

Sažetak: Odjeća od denima je prihvatljiva za sve generacije. Tkanina je izazov modnim stilistima i dizajnerima obzirom na mnogobrojne načine postupaka oplemenjivanja. Postupci oplemenjivanja obuhvaćaju suhe i mokre postupke, a njihovim kombinacijama postižu se željeni efekti. Obrada denima s ekološkog stajališta je zahtjevna i mora se usklađivati sa zakonima što ponekad otežava i ograničava primjenu tehnoloških postupaka s modnim trendovima. U ovom radu su provedene specijalne obrade denima, a njihov učinak je vrednovan površinski, te ispitivanjem mehaničkih i spektralnih karakteristika denim tkanine prije i nakon obrade.

Abstract: Clothing made from denim is acceptable for all ages. The fabric is a challenge for fashion stylists and designers considering on numerous finishing processes. Finishing processes include dry and wet processes, and by their combination achieved the desired effects. From the ecological point, treatment of denim is challenging and must be aligned with the laws, which sometimes complicates and limits the application of technological processes with fashion trends. In this study were carried out special denim treatments, whereas their performance is evaluated by examining the surface effects, mechanical and spectral characteristics of denim fabrics before and after treatment.

Ključne riječi: denim, dizajn, oplemenjivanje, specijalni efekti

Keywords: denim, design, finishing, special effects

1. Uvod

Odjeća od denima je prihvatljiva za sve dobne skupine. Izvorno, denim je plava pamučna tkanina čije je lice pretežito plavo, a naličje pretežito bijelo. Tkana je u osnovinom 3/1 keper vezu u kojem se povezuju plave niti osnove s neobojenim nitima potke. Procesi oplemenjivanja denim odjeće mogu se grubo podijeliti na suhe i mokre. Klasični postupci mokrog oplemenjivanja uključuju enzime, sredstva za bijeljenje, neutralizaciju i omekšavanje. Odškrobljavanje je pripremni i temeljni postupak mokrog oplemenjivanja za specijalne obrade. Aktualni trendovi dizajniranja odjeće od denima kao i pojedinih dijelova odjeće nameću kreativnije tehnike za postizanje gotovo unikatnih modela [3-5]. Varijacije dizajna, veza, konstrukcije, specijalnih detalja, međunarodnih specifičnosti i naprednih tekstilnih obrada u oblikovanju odjeće od denima su izazov za modne stiliste. Obzirom da se trendovi mijenjaju i nekoliko puta godišnje potrebno je brzo uskladiti kreativne ideje s tekstilno-tehnološkom primjenom, što je izuzetno zahtjevan i složen posao [1-5].

U ovom radu su provedeni postupci obrade denima u svrhu postizanja specijalnih efekata mekoće, nabora, sjaja, glatkoće i lomova. Učinkovitost obrade je ispitana analizom površinskih efekata, mehaničkih svojstava i spektralnih karakteristika denima prije i nakon obrade.

2. Eksperimentalni dio

2.1 Materijal

Specijalni efekti su rađeni na denim tkanini slijedećih karakteristika: 100% pamuk, površinske mase 451,4 g/m², gustoće 27 osnovinih niti/cm i 19 potkinih niti/cm.

2.2 Obrade

Predobrada denim tkanine provedena je postupkom enzimatskog odškrobljavanja. Specijalni efekti su provedeni na odškrobljenoj tkanini primjenom sredstava od njemačko-švicarske tvrtke CHT, Bezema i hrvatske tvrtke Kemo (tab. 1).

Tablica 1: Sredstva za predobradu i dobivanje specijalnih efekata na denimu

Sredstvo	Kemijski sastav	Ionogenost	Uloga
Beisol T 2090	bakterijska amilaza	-	odškrobljavanje tkanina u širokom temperaturnom području
Denimcol RT	ester masne kiseline	-	za prevenciju lomova u obradi denima
Kemopon 50	natrijev alkilaril sulfonat	anionski	sredstvo za pranje
Tubicoat SI 55	silikonska emulzija	blago kationski	reimpregnacija, dobivanje voštanog efekta i sirovog izgleda na denimu
Tubicoat PUS	binder na bazi poliuretana	anionski	za voštani efekt, daje mekan i elastičan film
Tubicoat Fixierer HT	smola na bazi melamina	neionski	umreživač za dobivanja voštanog i antilop efekta
Colormatch pigment	pigment	-	pigment za pokrivne paste na bazi vode
Tubicoat WLI	na bazi akrilata	anionski	specijalan dodatak za dobivanje efekta površine antilop kože, te kod silikonskih premaza
Denimcol RES-CCP	smola na bazi glioksala	-	smola s niskim sadržajem formaldehida, za dobivanje 3D efekta,
Denimcol BINDER CA	akrilni polimer	-	za povećanje prekidne čvrstoće, smanjuje sadržaj formaldehida
Denimcol RES-FS	metalna sol s organskim aditivima	-	specijalan katalizator s niskim sadržajem formaldehida, za stvaranje nabora
Denimcol SPEC SF	sintetska smola	-	specijalna smola za dobivanje lomova
Beisol LZV-G	bakterijska amilaza	-	visokokonzentrirano sredstvo za odškrobljavanje denima
Denimcol PEX	derivat hidroksilamina	anionski	za hladnu neutralizaciju KMnO ₄
Denimcol WASH-WN	etoksilati masnog alkohola	neionski	sredstvo za pranje bez APEO
Denimcol SOFT-WES	kondenzat masne kiseline	neionski	univerzalni omekšivač
Denimcol SPEC-ATO	sintetska smola	-	
Denimcol SOFT-DPS	kondenzat masne kiseline	kationski	omekšivač za tkanine bojadisane indigo bojom, štiti od požućenja

2.3 Obrade denima

Odškrobljavanje (EO) je provedeno u uređaju Polymat, Werner Mathis, sa sredstvom Beisol LZV-G u koncentraciji 1% na masu materijala, uz dodatak sredstva Denimcol RT u koncentraciji 1 g/l i uz omjer kupelji 1:5. Kupelj je zagrijana na 60°C, a vrijeme obrade bilo je 60 min, iza čega je uslijedilo ispiranje i alkalno pranje na 80°C u otopini sredstva Kemopon 50 u koncentraciji 1% i 1 g/l Na₂CO₃. Uzorci su sušeni na zraku.

Obrada denim tkanine u svrhu postizanja antilop efekta (A) provedena je na način da se odškrobljena denim tkanina obradila s kupelji načinjenom od sljedećih sredstava: 660 g/kg Tubicoat WLI, 20 g/kg Tubicoat Fixierer HT, 283 g/kg vode i 37 g/kg Colormatch 700 black. Kupelj se jednolično nanijela na lice denima iza čega je slijedilo sušenje na 100°C u vremenu od 3 min, te fiksiranje na 150°C kroz 5 min.

Voštani efekt (V) dobiven je s kupelji sljedećeg sastava: 200 g/kg Tubicoat SI55, 700 g/kg Tubicoat PUS, 20 g/kg Tubicoat Fixierer HT, 80 g/kg Colormatch 001 Weiss i 80 g/kg vode. Nakon nanošenja kupelji materijal se suši na 100°C tijekom 3 minuta i fiksira na 150°C tijekom 5 min.

Obrada smolama (S) provedena je postupkom špricanja s kupelji priređenom od 200 g/l Denimcol RES-CCP, 100 g/l Denimcol BINDER CA i 20 g/l Denimcol RES-FS. Nabori su oblikovani pomoću savitljive aluminijske cijevi. Sušenje je provedeno u aparatu Scholl na 80°C, a termokondenzacija na 150°C tijekom 10 min.

Spider efekt (SP) je rađen na način da se na denim jednolično nanijelo sredstvo Denimcol SPEC SF i uzorak se sušio 30 min na 80°C. Materijal se potom ručno lomio, te lagano propuhao komprimiranim zrakom. Na izlomljena mjesta se pomoći kista nanijela 5% otopina KMnO₄ i ostavila djelovati 10 min. Uslijedilo je pranje i neutralizacija na 40°C tijekom 30 min s kupelji načinjene od 1 g/l Beisol LZV-G, Denimcol PEX i Denimcol WASH-WN. Slijedilo je omekšavanje s Denimcol SOFT-WES u koncentraciji 1% na masu materijala. Uzorak je sušen na zraku.

Strato efekt (ST) proveden je u kupelji Denimcol SPEC-ATO u koncentraciji 100 g/l i 5 g/l KMnO₄, uz omjer kupelji 1:15, 30 min na 30°C. Iza toga je slijedilo pranje i neutralizacija u vremenu od 20 min na 60°C s 1,0

g/l Denimcol WASH-WN i 4 g/l Denimcol PEX. Nakon obrade uzorak je omekšan s Denimcol SOFT-DPS u koncentraciji 3% na masu materijala, te sušen na zraku.

2.4 Metode ispitivanja

Na obrađenim uzorcima određena je prekidna sila i prekidno istezanje na dinamometru Tensolab, Mesdan S.P.A. prema normi HRN EN ISO 13934-1. Prekidna sila i prekidno istezanje rađeni su na uzorcima dimenzija 35 x5cm u smjeru osnove, uz brzinu istezanja 100 mm/min i predopterećenje od 2N (tab.2). Promjene spektralnih karakteristika određene su na remisijskom spektrofotometru Datacolor Spectraflash SF 300, uz blendu promjera 6,6 mm, isključenu zrcalnu komponentu, geometriju mjerenja d/8 i standardno osvjetljenje D65 uz kut 10°. Tkanine su mjerene na četiri različita mjesta. Utjecaj predobrade i specijalnih obrada na promjene spektralnih karakteristika su iskazane kroz razlike u svjetlini (dL*), tonu (dH*), zasićenju (dC*) i ukupnoj razlici u boji (dE*) obrađenih u odnosu na odškrobljenu denim tkaninu. Površinska karakterizacija efekata na denimu je provedena digitalnim mikroskopom Dino-Lite, istoimenog proizvođača uz povećanje 230x.

3. Rezultati i rasprava

Rezultati ispitivanja mehaničkih svojstava su prikazani u tab. 2. Vidljivo je da je odškrobljavanje utjecalo na pad prekidne sile za oko 18%. Specijalne obrade su dodatno utjecale na mehanička svojstva. Intenzitet promjena je varijabilan: najveće oštećenje su izazvale specijalne obrade smolama (S) i (SP). Voštani (V), antilop (A) i strato efekt (ST) su neznatno utjecale na promjenu mehaničkih svojstava u odnosu na odškrobljenu tkaninu (EO). Razlog tome je utjecaj specijalnih aditiva iz kupelji na elastičnost obrađenih materijala. Voštani efekt (V) značajno povećava prekidno istezanje u odnosu na odškrobljenu tkaninu zbog dodatka poliuretanskih i silikonskih aditiva.

Tablica 2: Prekidna sila (Fp) i prekidno istezanje (ε)

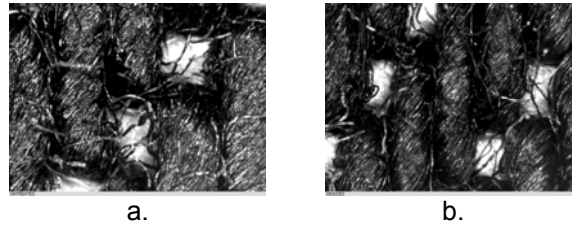
Oznaka	Obrada	Fp (N)	ε (%)
N	-	2039	30,350
EO	Odškrobljavanje	1675	22,700
V	Voštani opip	1487	37,650
A	Antilop izgled	1890	22,550
S	Smolama	803	16,500
SP	Spider efekt	660	19,200
ST	Strato efekt	1552	24,200

Odškrobljavanjem (EO) se s osnovnih niti uklanja škrob, ali je uočljivo da dolazi i do skidanja bojila i promjene obojenja (tab.3) u odnosu na neobrađeni denim (N). Specijalni efekt voštanog opipa (V) je novijeg datuma i pokazuje ekstremno veliku ukupnu razliku u boji i svjetlini jer je u kupelj dodan bijeli pigment. Kod antilop efekta (A) korišten je crni pigment koji je uvjetovao sivi ton denim tkanine i promjenu ukupne razlike u boji. Vidljive su znatne promjene ukupne razlike u boji tkanine sa specijalnim spider (SP) i strato (ST) efektima do kojeg dolazi uslijed uporabe sredstva za obezbojavanje.

Tablica 3: Promjena spektralnih vrijednosti tkanine sa specijalnim efektima u odnosu na neobrađenu denim tkaninu

Oznaka	Obrada	dL*	dC*	dH*	dE*
EO	Odškrobljavanje	-3,449	0,417	0,626	3,530
V	Voštani opip	70,902	-2,646	-3,244	71,026
A	Antilop izgled	2,740	-3,926	2,681	5,571
S	Smolama	-3,713	-0,625	0,156	3,813
SP	Spider efekt	6,038	8,017	-1,393	10,259
ST	Strato efekt	5,741	8,996	-1,681	10,987

Specijalni efekti mijenjaju izgled površine tkanine. Površinska karakterizacija je provedena mikroskopski, sl. 1-2.

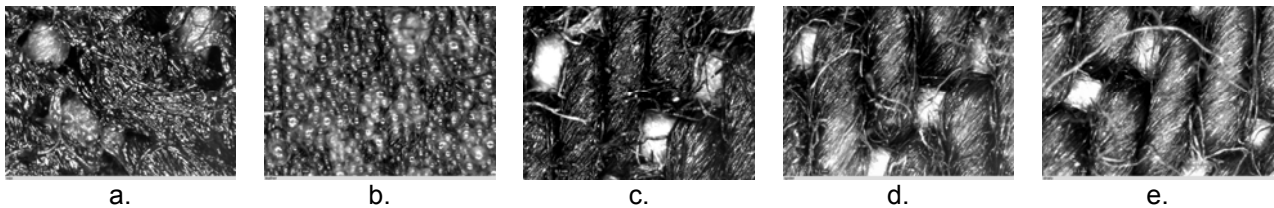


a.

b.

Slika 1: Izgled denim tkanine (a – neobrađena; b – odškrobljena)

Voštani i antilop efekti intenzivno utječu na promjenu površine površine tkanine (sl. 2a i 2b). Dobiven je specifičan sačasti izgled koji je u potpunosti pokrivenog karaktera. Dodatkom pigmenata u specijalnu obradu postižu se velike varijacije u tonovima. Obrada smolama je prekrila i zagladila površinu denima (sl. 2c). Kod spider efekta (sl. 2d) su jasno vidljiva mjestimična svijetla područja zbog djelovanja sredstva za obezbojavanje. Strato efekt (sl. 2e) kao i spider efekt imaju estetsku funkciju obezbojavanja tkanine koja se očituje lokalno jače izraženim svjetlijim mjestima. Za razliku od spider efekta, obezbojena područja kod strato efekta su veća. Razlog tome je postupak obezbojavanja u kupelji. Mjesta koja su bila slabije dostupna djelovanju kupelji pokazuju i slabiji stupanj obezbojenja.



a.

b.

c.

d.

e.

Slika 2: Specijalne efekti na denimu (a – voštani efekt; b – antilop; c – smole; d – spider; e – strato efekt)

4. Zaključak

Rezultati izmjerenih prekidnih sila i spektralnih karakteristika ukazuju na značajna odstupanja među obradama. Specijalne obrade cijelog odjevnog predmeta nužno je tehnološki optimirati u svrhu postizanja željenog efekta, minimalnog oštećenja i dobrih uporabnih svojstava. Prihvatljivi efekti po ovim pokazateljima su strato, antilop i voštani. Obrada smolama i specijalni spider efekt su ukrotile površinu tkanine i dodatno utjecale na smanjenje njene čvrstoće i uporabne vrijednosti. Stoga se u ovom slučaju mogu inkorporirati u odjevni predmet samo kao efektni segmenti.

Literatura

- [1] Ehert, S.; Feinweber, M. & Rösch, H., *Garment-Jeans-Special Effects*, Ingram Publishing, CHT R. BEITLICH GMBH
- [2] Dekanić, T.; Soljačić, I. & Pušić, T. Oplemenjivanje džins odjeće – novosti. *Tekstil*, **57** (2008) 5, 226-242, ISSN 0492-5882
- [3] Mahato, D.: Denim Processing, *Colourage*, **52** (2005) 8, 79-80, ISSN 0010-1826
- [4] Zip & Bottom 2, 3 & 5 Garment Magazine - Trends and information for the Garment Industry, CHT-Bezema
- [5] Hang, K. N. & Dartmann, L: *The Denim Bible - Jeans Encyclopedia II* - by Sportswear International, Engelhardt & Bauer, Karlsruhe, ISBN 3-86641-084-1, Muenchen

PRIMJENA PLAZMA TEHNOLOGIJE ZA MODIFIKACIJU SVOJSTAVA POVRŠINE CELULOZNIH MATERIJALA

APPLICATION OF PLASMA TECHNOLOGY FOR MODIFICATION OF SURFACE PROPERTIES OF CELLULOSE MATERIALS

Sanja ERCEGOVIĆ RAŽIĆ & Ružica ČUNKO

Sažetak: Istraživanja vezana uz primjenu plazme posebno su značajna u razvoju ekoloških postupaka predobrade i oplemenjivanja tekstilnih materijala sa svrhom dobivanja proizvoda dodane vrijednosti i potrebnih funkcionalnih svojstava. Zahvaljujući različitim fizikalno-kemijskim procesima koji se zbivaju u interakciji plazme i tekstilne površine, obradama u plazmi može se utjecati na ciljane promjene različitih svojstava tekstilnih celuloznih materijala. U radu će se prikazati rezultati ispitivanja utjecaja obrada primjenom kisikove plazme na promjene površine i svojstava tkanina od pamučnih i liocelnih vlakana. Utvrđeno je da se nakon obrada plazmom hidrofilitet i kapilaritet ispitivanih tkanina povećava, pritom bez narušavanja osnovnih mehaničkih svojstava. Primjenom suvremenih metoda identifikacije istražena je površina vlakana nakon obrada u plazmi pri čemu su utvrđene promjene na nanometarskoj razini. Takve promjene mikro-morfologije i kemijskih svojstava površine celuloznih materijala omogućuju bolje nanošenje (depoziciju) prikladnih kemijskih sredstava za obradu direktno u plazma sustavu i postizanje odgovarajućih funkcionalnih svojstava tekstilnih materijala (npr. antibakterijskih) na ekološki i ekonomski prihvatljiv način.

Abstract: Research related to the application of plasmas particularly is significant in the development of environmental procedures and pretreatment processing of textile materials in order to obtain value-added products and the required functional properties. Due to the different physical and chemical process that occurs in the interaction of plasma and textile surface, by treatments in plasma it could be affected on the changes of the target properties of textile cellulose material. The paper will present the testing results of the impact of treatments using oxygen plasma on changes of the fabric surface properties made from cotton and lyocell fibers. It was found that after the plasma treatments hydrophilic properties and capillarity of the investigated fabrics were increased, while without disrupting the basic mechanical properties. Using modern methods of identification the surface of fibers after plasma treatment was investigated, with the changes observed on the nanometer scale. Such changes of micro-morphology and chemical properties of the surface of cellulosic materials allow better application (deposition) of suitable chemical agents for processing directly in the plasma system and achieving the appropriate functional properties of textile materials (for example antibacterial) in an environmentally and economically acceptable way.

Ključne riječi: kisikova plazma, celulozni materijali, obrada površine, modifikacija svojstava, antibakterijska svojstva, ekološke obrade.

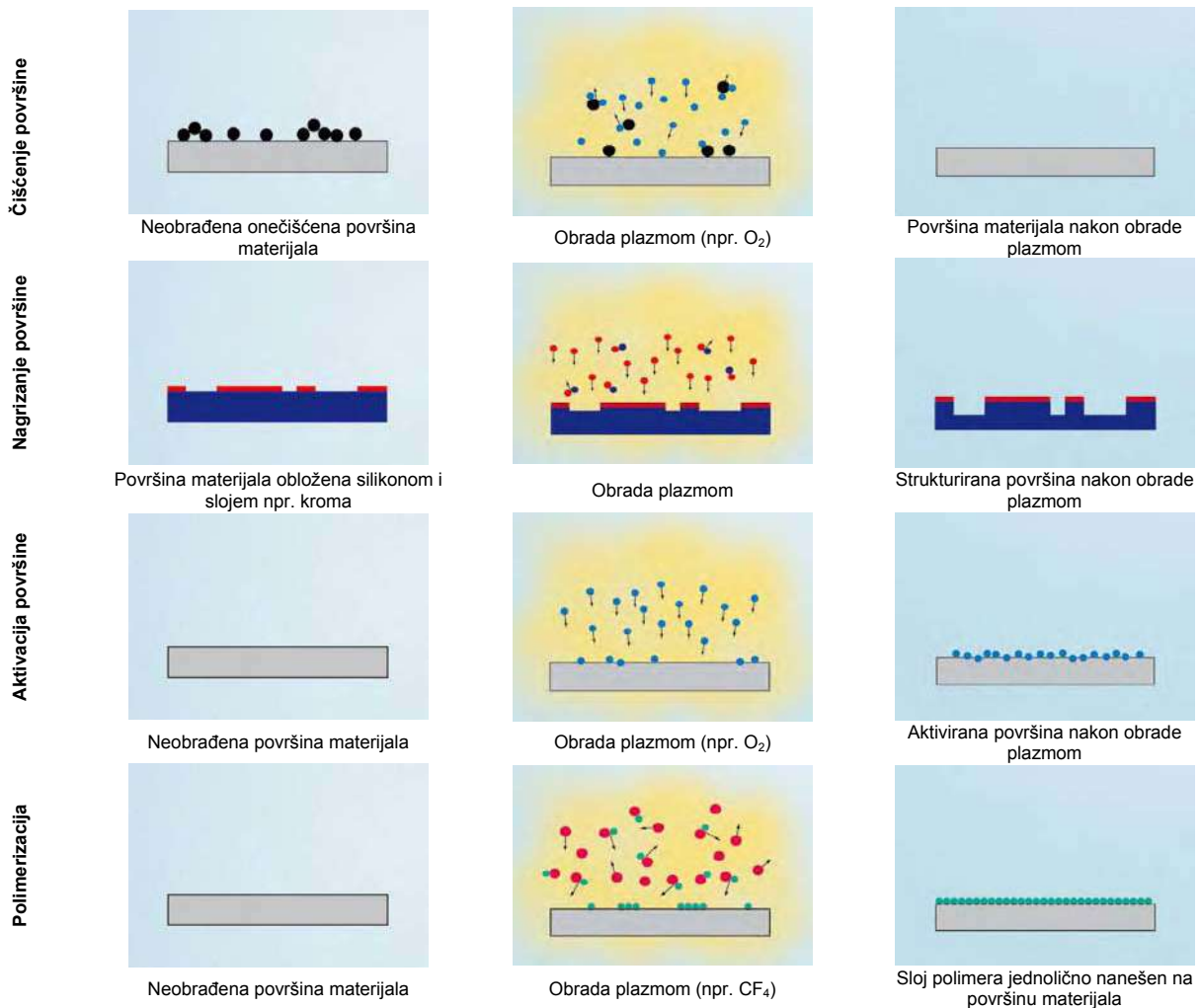
Keywords: oxygen plasma, cellulose materials, surface treatment, properties modification, antibacterial properties, eco-friendly treatments.

1. Uvod

Primjena plazme u različitim područjima djelatnosti poznata je već dosta vremena, međutim u području tekstilne tehnologije razvoj i komercijalizacija plazma tehnologije poprima veće značenje posljednjih 15-ak godina, pri čemu je njezin povoljan ekološki aspekt jedan od presudnih faktora. Površinske obrade plazmom koje se danas istražuju i provode sa svrhom modifikacije svojstava tekstilnih materijala, osim što su ekološki prihvatljivije, i energetski su isplativije u usporedbi s konvencionalnim postupcima. Istraživanja vezana uz primjenu plazme posebno su aktualna u razvoju ekoloških postupaka predobrade i oplemenjivanja tekstilnih materijala sa svrhom dobivanja proizvoda dodane vrijednosti i potrebnih funkcionalnih svojstava. U prvome redu riječ je o ciljanim promjenama različitih svojstava tekstilnih materijala djelovanjem plazme. Procesu su veoma složeni, a učinci ovise o brojnim čimbenicima vezanim uz materijal, vrstu i parametre plazme, uvjete provođenja obrada i dr. Prevođenje razvijene metodologije iz laboratorija u industrijsku praksu nerijetko je povezano s teškoćama. Upravo stoga pružaju se i široke mogućnosti istraživanja i djelovanja. Poseban izazov je postizanje višefunkcionalnih zaštitnih tekstilija uz što ekonomičnije i ekološki što prihvatljivije procese. Te su teme postavljene kao izazov za provedena istraživanja u okviru znanstvenog projekta *Višefunkcionalni tekstilni materijali za osobnu zaštitu* (voditelj prof. dr. E. Pezelj), na Tekstilno-tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

1.1 Djelovanje plazme na tekstilni supstrat

Plazma utječe kemijski i fizikalno na površinu supstrata, pri čemu reakcije između plazme i površine ovise o vrsti upotrijebljenog plina i njihovim kemijskim svojstvima. Tekstilni materijali izloženi takvim obradama prolaze kemijske i fizikalne transformacije vezane uz kemijske promjene u površinskom sloju te promjene fizičke strukture i fizikalnih svojstava površinskog sloja. Pri obradi tekstilnog supstrata plazmom aktivne kemijske vrste mogu uzrokovati razaranje kemijskih veza u polimernom površinskom sloju vlakna, a što može rezultirati stvaranjem novih kemijskih vrsta. Djelovanje plazme na površinu vlakana i polimera rezultira stvaranjem novih funkcionalnih skupina kao što su $-OH$, $-C=O$, $-COOH$, a koje utječu na poboljšanje sposobnosti kvašenja tkanina (hidrofilni efekt), a mogu biti i aktivni centri za graft-polimerizaciju (nacjpljivanje) različitih molekula [1]. Na ovaj način moguća je selektivna modifikacija svojstava vlakana, npr. može se utjecati na sposobnost kvašenja i bojadisanja, adheziju, bez posljedica na osnovna svojstva obrađenih vlakana, a što se teško može ostvariti klasičnim kemijskim postupcima oplemenjivanja. Općenito se djelovanje plazme na površinu tekstilnog materijala može slikovito opisati kroz četiri skupine procesa, koji su shematski, u usporedbi s neobrađenom površinom materijala, prikazani na sl. 1 [1].



Slika 1: Shematski prikaz djelovanja plazme na površinu supstrata [1]

2. Eksperimentalni dio

U radu je prikazan dio rezultata opsežnih istraživanja primjene *kisikove plazme* u svrhu aktivacije i modifikacije svojstava površine ispitivanih tkanina. Tako predobrađena (aktivirana) površina omogućava bolje nanošenje odn. depoziciju odgovarajućih sredstava kojima se mogu dobiti proizvodi željenih funkcionalnih svojstava, kao što su npr. antibakterijska svojstva [2].

Sa svrhom dobivanja i iznalaženja što konkretnijih zaključaka o utjecaju i mehanizmu djelovanja plazme na tekstilni supstrat, istraživanje je bilo podijeljeno u dvije cjeline:

a) U prvom dijelu utvrđivane su karakteristične promjene na razini mikromorfologije, kemizma i relevantnih tekstilnih svojstava izazvanih obradom u plazmi. Pritom se pratio i utjecaj vrste plina i parametara plazma procesa na promjene površine celuloznih vlakana te su optimirani parametri procesa. Uočeno je da se događaju promjene površine u smislu *čišćenja* površine vlakna (osobito nakon obrade kisikovom plazmom), a što je utvrđeno na temelju analize morfologije i topografije površine primjenom suvremenih metoda identifikacije SEM (Scanning Electron Microscopy) i AFM (Atomic Force Microscopy) tehnike [2, 3]. Isto tako uočeno je da utjecajem kisikove plazme dolazi do *nagrizanja* površine (engl. etching process), a primjenom argonove plazme do *ablacije* odn. izbrazdanosti (engl. sputtering process) površine vlakna. Takvi procesi rezultat su različite prirode korištenih plinova i mehanizma njihovog djelovanja u interakciji sa tekstilnim supstratom [3]. Dokazano je da takve promjene površine vlakana utječu na poboljšanje hidrofилnih svojstava i kapilariteta celuloznih tkanina nakon provedenih predobrada plazmom, uz istovremeno zadržavanje i/ili poboljšavanje osnovnih mehaničkih svojstava uzoraka [4].

b) U drugom dijelu nastojalo se djelovanjem plazme povećati reaktivnost tekstilne površine i njenu pristupačnost za vezanje sredstava za postizanje *antimikrobnih svojstava* tekstilnih uzoraka. Pritom se pokazalo da se izrazitiji multifunkcionalni učinci postižu ako se obrada plazmom kombinira s različitim drugim agensima, u prvom redu različitim organskim i anorganskim česticama mikro i nano dimenzija. U tu svrhu korištena su sredstva na bazi *srebrovog klorida* (AgCl) u obliku disperzije kao komercijalnog produkta (*Silpure*® FBR-5) i čistog *srebrovog nitrata* (AgNO₃) u obliku otopine. Primijenjena su dva postupka depozicije sredstava u plazmi; već uhodani i poznati PE-CVD (*Plasma Enhanced - Chemical Vapour Deposition Process*) postupak, te novo razvijeni Ar-DPDP (*Argon - Direct Plasma Deposition Process*) postupak koji koristi *argon* kao nosivi plin. Učinkovitost provedenih postupaka obrade primjenom spomenutih sredstava potvrđena je primjenom SEM tehnike, dok je mikrobiološka otpornost utvrđena kvalitativno na temelju mjerenja zone inhibicije spram dvije bakterijske vrste - *Staphylococcus Aureus* i *Escherichia Coli* čime je postignuto antibakterijsko djelovanje tekstilnog materijala [5].

2.1 Uzorci za ispitivanje

Za istraživanje su odabrane celulozne tkanine od pamučnih i liocelnih vlakana, unaprijed definiranih karakteristika vlakana i pređa, te konstrukcijskih rješenja plošnog proizvoda. Kako bi se dobio što realniji uvid u utjecaj obrade plazmom, sa sirovih tkanina su uklonjene sve primjese, tj. provedeni su procesi odškrobljavanja, pranja, sušenja, a kod pamučnih tkanina i iskuhavanja, prema standardnim postupcima obrade u industrijskim uvjetima. Temeljne karakteristike uzoraka tkanina opisane su u tab. 1.

Tablica 1: Osnovne konstrukcijske karakteristike ispitivanih uzoraka celuloznih tkanina

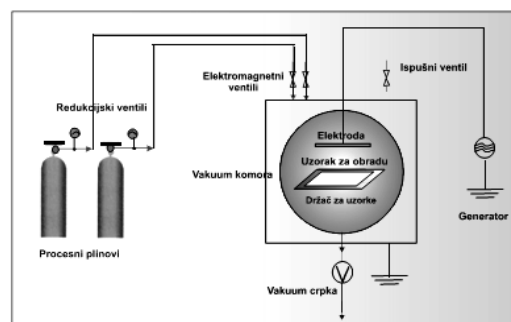
Vrsta tkanine	Oznaka uzorka	Gustoća niti	Debljina	Plošna masa	Vež tkanine
Tkanina od pamučnih vlakana	PAM I	23/19 niti/cm	0,32 mm	119 g/m ²	platno
	PAM III	24/29 niti/cm	0,35 mm	148 g/m ²	
Tkanina od liocelnih vlakana	CLY I	23/19 niti/cm	0,32 mm	119 g/m ²	
	CLY III	24/29 niti/cm	0,35 mm	148 g/m ²	

2.2 Obrada uzoraka plazmom u svrhu funkcionalizacije površine

Sve obrade provedene su primjenom niskotlačnog plazma uređaja tip NANO LF-40kHz, tt. Diener Electronic prikazanog na sl. 2.



a.

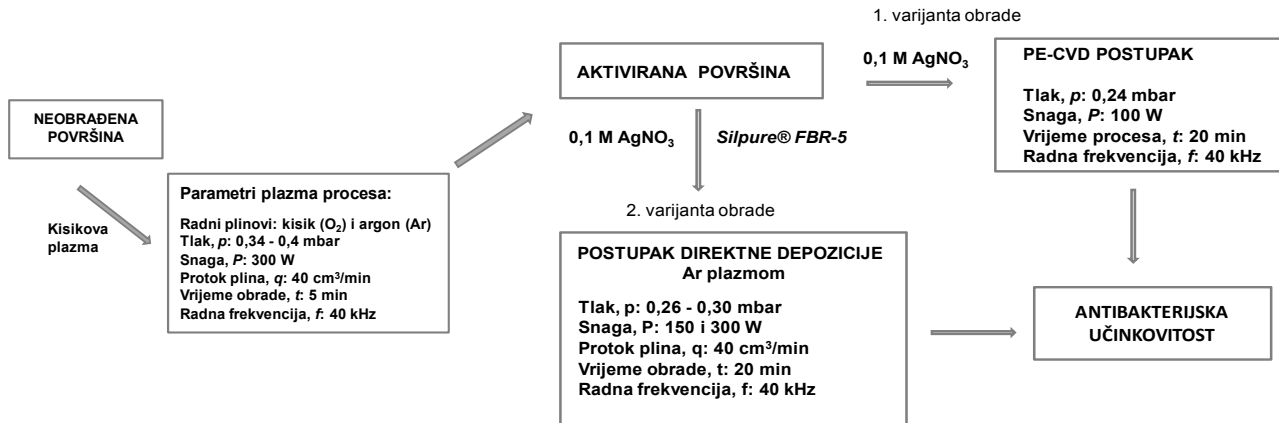


b.

Slika 2: a) Niskotlačni plazma uređaj tip NANO LF-40kHz, tt. Diener; instaliran pri Tekstilno-tehnološkom fakultetu, na Zavodu za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila, u *Laboratoriju za obradu plazmom*; b) Shematski prikaz plazme.

Prije svake obrade u plazmi tekstilni uzorci su predušeni kako bi se uklonio višak vlage i time ubrzalo postizanje vakuuma odn. područja dovoljno niskog tlaka. Na temelju saznanja dobivenih preliminarnim

ispitivanjima i karakteristika raspoloživog plazma uređaja definirani su sljedeći uvjeti obrada u svrhu *funkcionalizacije površine*, odnosno *obrade* ispitivanih uzoraka, i shematski su prikazani na sl. 3.



Slika 3: Plan provedbe obrada u plazmi u kontinuiranom procesu obrade; aktivacija površine uzorka kisikovom plazmom, i depozicija srebrinih spojeva ($0,1M AgNO_3$ i *Silpure® FBR-5* ($AgCl$)) direktnim postupcima u plazmi

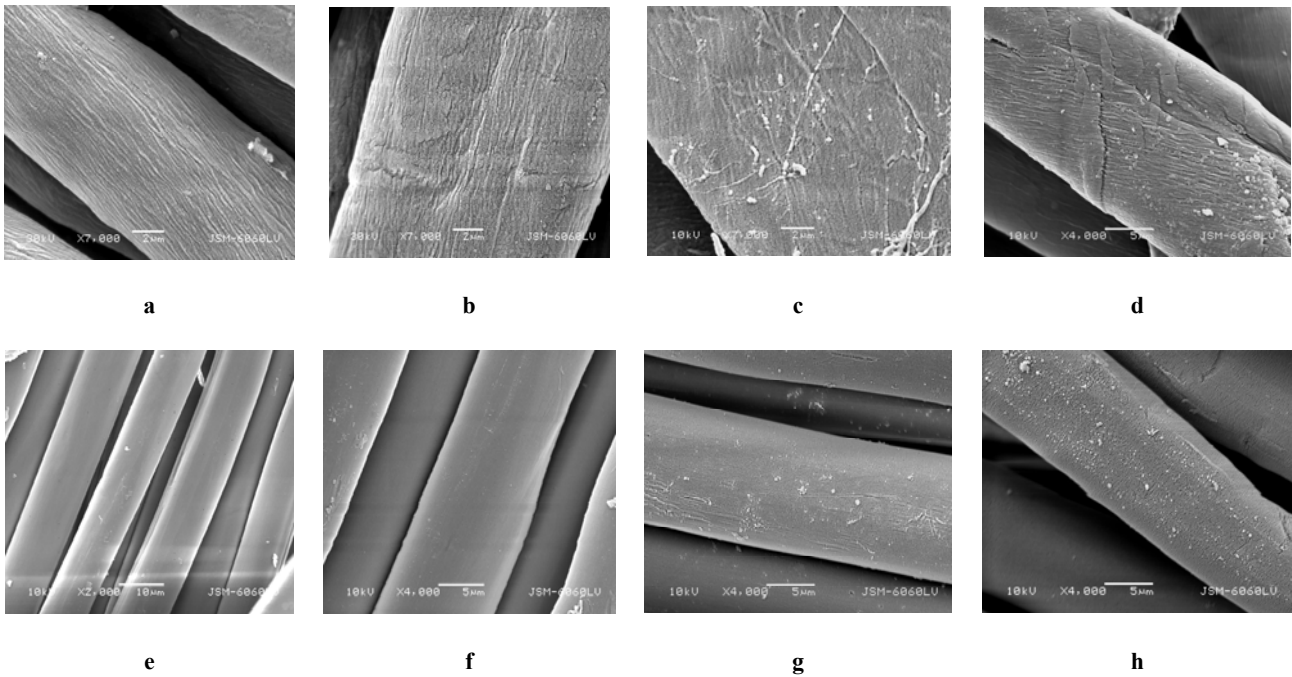
2.3 Primijenjene metode ispitivanja

Fizička veličina	Metoda ispitivanja
Analiza mikromorfoloških promjena površine vlakana	Analiza površine provedena je na uzorcima tkanina, primjenom skenirajućeg mikroskopa tip JEOL LV-6060 SEM (FNT, Ljubljana) uz različita povećanja. Priprema uzorka: - potrebno je pripremiti preparat, površina $1cm^2$ - uzorke je potrebno napatiti slojem ugljika i smjesom od 90% Au/ 10% Pd - korištena su povećanja od 1000 x do 7000 x, uz napon od 10 kV i pri udaljenosti uzorka od površine 10 mm - radi utvrđivanja promjena snimljeni su uzorci prije i nakon obrade plazmom.
Visina nadiranja vodenog stupca kroz tkaninu	Norma: HRN EN ISO 9073-6:2003: Vertikalni test Uvjeti ispitivanja: - kondicionirani uzorak - veličina epruvete - 250x25 mm u smjeru osnove i smjeru potke - epruveta se u obliku trake postavi u vertikalni položaj i donjim dijelom uroni u vodu na dubini 15 mm, pri čemu se nul-točka mjerne skale podese u ravninu s površinom tekućine. - visina nadiranja vode (fronta) u mm, mjeri se nakon 30 s, 1 min, 1,5 min, 2 min, 4 min, i svake sljedeće minute, zaključno do 30 min po uzorku. Mjerena veličina: - visina vodenog stupca - h [mm]
Antibakterijska učinkovitost - zona inhibicije	Norma: HRN EN ISO 20645:2008: Kvalitativni test - <i>Agar diffusion plate test</i> Ocjena antibakterijske učinkovitosti: - daje se na temelju veličine zone inhibicije od ruba uzorka na agaru i mikroskopskim pregledom područja prekrivenog ispitivanim uzorkom uz povećanje 20x. Veličina zone inhibicije izračuna se prema izrazu (1), te se u skladu s tablicama iz standarda daje ocjena: $H = \frac{D-d}{2}$ gdje je: H - zona inhibicije u mm D - ukupni promjer uzorka i zone inhibicije u mm d - promjer uzorka u mm

3. Rezultati i rasprava

3.1 Utjecaj obrada na morfološke karakteristike vlakana plazmom i sredstvima na bazi srebra

Analiza površine primjenom SEM mikroskopije provedena je na svim uzorcima tkanina, ali su promjene nastale utjecajem plazme praćene na razini vlakana uz različita povećanja, u rasponu od 2000x do 7000x, i prikazane su na sl. 4a - h.

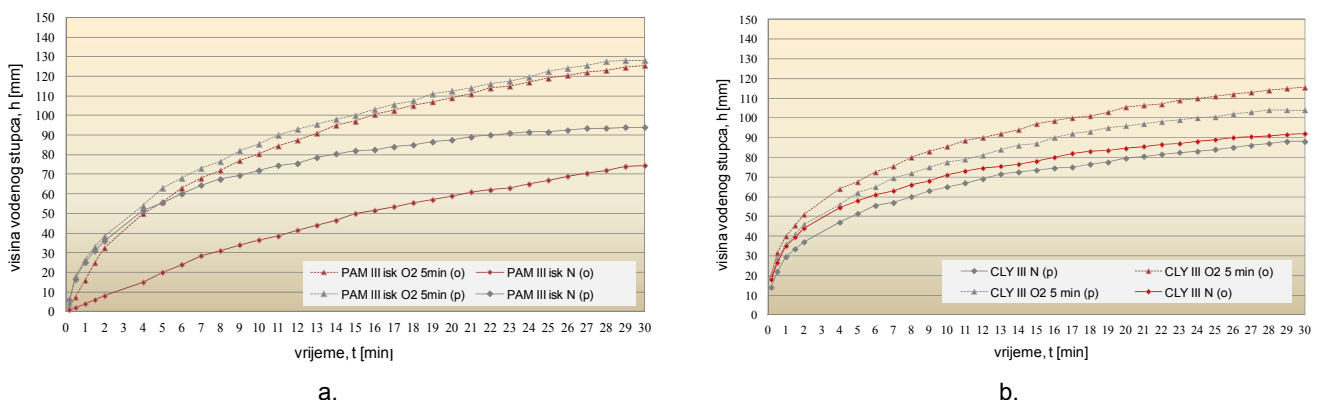


Slika 4: SEM snimke uzoraka neobrađenih i obrađenih vrsta vlakana; a - neobrađeni uzorak pamučnog vlakna (povećanje 7000x), b - kisikom obrađeni uzorak pamučnog vlakna (povećanje 7000x), c - obrada pamučne tkanine PE-CVD postupkom: $O_2/AgNO_3$ (povećanje 4000x); d - obrada pamučne tkanine Ar-DPDP postupkom: $O_2/AgCl$ (povećanje 4000x); e - neobrađeni uzorak liocelnog vlakna (povećanje 2000x), f - kisikom obrađeni uzorak liocelnog vlakna (povećanje 4000x); g - obrada tkanine od liocelnih vlakana PE-CVD postupkom: $O_2/AgNO_3$ (povećanje 4000x); h - obrada tkanine od liocelnih vlakana Ar-DPDP postupkom: $O_2/AgCl$ (povećanje 4000x).

Dobivene snimke pokazuju da kod pamučnih vlakana nakon obrade O_2 plazmom dolazi do čišćenja površine vlakna, dodatno naglašavajući već postojeću fibrilarnu strukturu s fibrilima usmjerenim duž osi vlakna. Tako izražena fibrilarna struktura površine doprinosi povećanju kapilariteta (povećanjem kapilarnih sila) i hidrofilnih svojstava plazmom obrađenih pamučnih vlakana [2,4]. Kod liocelnih vlakana nakon obrada plazmom njihova relativno glatka površina postaje strukturirana uz izvjesno čišćenje površine nakon obrade O_2 plazmom. U skladu s postavkama kako plazma djeluje isključivo na površinu vlakana do dubine cca. 100 nm, utvrđeno je da se promjene površine uvjetovane djelovanjem ove vrste plazme događaju na nanometarskoj razini, rezultirajući povećanom nano-strukturiranosti (hrapavosti) površine [3]. U prilog tomu idu rezultati povećanja kapilariteta, odn. vertikalnog nadiranja vode po površini vlakana u uvjetovanog promjenama kemijske (tzv. *efekt nagrizanja*) strukture površine, nakon obrade plazmom [4].

3.2 Utjecaj obrade plazmom na hidrofilnost

Visina fronte vertikalnog nadiranja vode kroz tkaninu, utvrđivana u vremenu od 0 do 30 min, prikazana je na sl. 5. za uzorke tkanina obrađene kisikovom plazmom u optimalnim uvjetima. Iz prikaza je očito da obrade plazmom dovode do povećanja hidrofilnosti pamučnih i liocelnih uzoraka u odnosu na neobrađeni uzorak.



Slika 5: Brzina nadiranja vodenog stupca; h [mm]; a) pamučne tkanine prije i nakon obrade O_2 plazmom i b) tkanine od liocelnih vlakana prije i nakon obrade O_2 plazmom; ispitana u smjeru osnove i potke

Ovakav postupak ispitivanja omogućuje kvalitativnu i kvantitativnu ocjenu hidrofilitnosti (kvasivosti) tekstilnih plošnih proizvoda.

3.3 Utjecaj obrada srebrnim spojevima nanesenim u plazmi na antibakterijska svojstva

Tablica 2: Rezultati testiranja mikrobiološke otpornosti pamučnih i liocelnih tkanina obrađenih srebrnim spojevima postupcima u plazmi (PE-CVD postupak i Ar-DPDP postupak)

Ispitivano svojstvo	<i>Staphylococcus Aureus</i>		<i>Escherichia Coli</i>	
	D [mm]	H [mm]	D [mm]	H [mm]
Referentni uzorak	25	0	25	0
PAM O ₂ /AgNO ₃ (PE-CVD)	29	2	26	0,5
CLY O ₂ /AgNO ₃ (PE-CVD)	31	3	25	0
PAM O ₂ /AgCl (300W) (Ar-DPDP)	35	5	26	0,5
CLY O ₂ /AgCl (300W) (Ar-DPDP)	35	5	25	0

D - ukupni promjer uzorka i zone inhibicije u mm; H - zona inhibicije u mm; d=25 mm-promjer uzorka

Rezultati prikazani u tab. 2 ukazuju na to da je kod svih ispitivanih uzoraka postignuta otpornost prema gram pozitivnoj bakterijskoj vrsti *Staphylococcus Aureus*, jer je kod svih uzoraka prisutna i izmjerena zona inhibicije. Izostanak zone inhibicije kod dijela uzoraka obrađenih plazmom i antimikrobnim sredstvima, testiranih na gram negativnu bakterijsku vrstu *Escherichia Coli* upućuje na izostanak bakteriostatskog učinka. Međutim, mikroskopskom analizom područja ispod površine uzorka uočava se da je rast i te bakterijske vrste smanjen (broj kolonija je djelomično reducirana), te se prema načinu ocjenjivanja u skladu s normom, može reći da se radi o umjerenom do neznatnom rastu što upućuje na granični učinak.

4. Zaključak

- Dobiveni rezultati pokazuju da plazma tehnologija predstavlja prihvatljivi način obrade površine vlakana s ciljem postizanja funkcionalnih svojstava tekstilnih materijala.
- Djelovanjem kisikove plazme na površini vlakana dolazi do promjene mikromorfoloških karakteristika uz poboljšavanje hidrofilitnih svojstava celuloznih materijala, što potvrđuju SEM snimke. Stoga se kisikova plazma može koristiti u postupcima *predobrade* tekstilnih površina, ali i za *obradu* tekstilnih materijala s ciljem postizanja željenih svojstava. Postizanje antibakterijske učinkovitosti tekstilnih površina primjenom postupaka depozicije antibakterijskih sredstava na bazi srebra direktno u plazma komori, to i potvrđuju.
- Razvijeni postupak depozicije kemijskog sredstva (Ar-DPDP) uz Ar kao nosivi plin može se uspješno primijeniti za antibakterijsku obradu celuloznih tkanina i primjenom komercijalnog sredstva na bazi srebrnog klorida i čistog srebrnog nitrata. U odnosu na konvencionalne postupke nanošenja antibakterijskog sredstva iscrpljenjem iz kupelji ili impregniranjem, ovaj postupak obrade traje znatno kraće i povoljniji je u ekološkom pogledu jer se provodi uz smanjen unos kemikalija i manju potrošnju vode i energije.

Literatura

- [1] Shishoo R.: *Plasma technologies for textiles*, Published by Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute, Abington Hall, Cambridge, England, (2007), ISBN-13: 978-1-84569-257-5
- [2] Ercegović Ražić S.: *Ciljana modifikacija svojstava tekstilnih materijala primjenom plazme i metalnih spojeva*, Doktorski rad, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2010
- [3] Ercegović Ražić S. et al.: Application of AFM for Identification of Fibre Surface Changes After Plasma Treatments, *Materials Technology* 26 (2011) 3, 146-152, ISSN 10466-7857
- [4] Ercegović Ražić S. et al.: Hydrophilicity Improvement of Cellulose Based Materials by Plasma, *Proceedings of 41th International Symposium on Novelty in Textiles*, Simončić B. et al.(Ed.), 344-350, Faculty of Natural Sciences and Engineering, University of Ljubljana, May 2010., Faculty of Natural Sciences and Engineering, Ljubljana, (2010), ISBN 978-961-6045-80-3
- [5] Ercegović Ražić S. et al.: Primjena niskotlačne plazme u antibakterijskoj modifikaciji celuloznih tkanina srebrnim spojevima - Antimicrobial modification of cellulose fabrics using low-pressure plasma and silver compounds, *Tekstil* 60 (2011) 9, 413-440, ISSN 0492-5882

MOGUĆNOST PRIMJENE KATIONIZIRANOG PAMUKA U SUSTAVIMA ZA PROČIŠĆAVANJE VODE

POSSIBLE USAGE OF CATIONIZED COTTON FOR WASTE WATER TREATMENT

Anita TARBUK; Ana Marija GRANCARIĆ; Darko GOLOB & Alenka MAJCEN LE MARECHAL

Sažetak: *Proizvodnja kvalitetnog adsorbensa od aktivnog ugljena je vrlo skupa, a njegova regeneracija često popraćena poteškoćama. Stoga je pozornost mnogih istraživača usmjerena na istraživanja materijala koje je lako i jeftino proizvesti kako bi se smanjio udio aktivnog ugljena za pročišćavanje ili koristio samo u zadnjoj fazi filtracije. Kao jedna od mogućnosti za zbrinjavanje otpadnih anionskih tenzida i bojila iz vode pokazao se pamuk kationiziran tijekom mercerizacije s kratkolančanim kationskim spojevima. Ovom modifikacijom mijenja se naboj celuloze čime se u potpunosti mijenja sustav bojilo-celuloza i tenzid-celuloza, i kao takav, predstavlja izuzetan potencijal za zaštitu okoliša, odnosno zbrinjavanja otpada tekstilnih tvornica. U radu je dana usporedba kationiziranog pamuka sa kompozitom od netkanog tekstila (CV-ACN-CV) proizvedenog za potrebe zbrinjavanja nafte u Meksičkom zaljevu.*

Abstract: *Production of high quality adsorbent as activated carbon is very expensive, and its regeneration is often very complex. Therefore, the attention of many researchers is focused on the research material that is easy and inexpensive to produce in order to reduce the proportion of active carbon treatment or used only in the final stage of filtration. As one option for removal of anionic surfactants and dyestuffs from waste water is cotton cationized during mercerization with short chain cationic compounds. This modification changes the charge of cellulose which completely changes the system surfactant-cellulose and dyestuff-cellulose, and as such, represents a major potential environmental and disposal of textile waste. This paper presents a comparison between such cationized cotton with the nonwoven composite (ACN-CV-CV) made for the oil disposal in the Gulf of Mexico.*

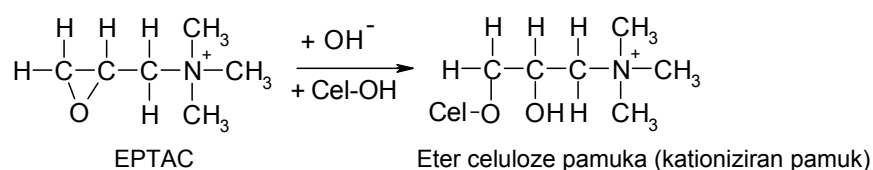
Ključne riječi: *Kationiziranje tijekom mercerizacije, pamuk, otpadne vode, EPTAC*

Keywords: *Cationization during mercerization, cotton, wastewater, EPTAC*

1. Uvod

Pozornost mnogih istraživača usmjerena na istraživanja materijala koje je lako i jeftino proizvesti kako bi se smanjio udio aktivnog ugljena za pročišćavanje ili koristio samo u zadnjoj fazi filtracije. Razlog tomu je vrlo skupa proizvodnja kvalitetnog adsorbensa od aktivnog ugljena, a njegova je regeneracija često popraćena poteškoćama. Kao jedna od mogućnosti za zbrinjavanje otpadnih anionskih tenzida i bojila iz vode pokazao se pamuk kationiziran tijekom mercerizacije s kratkolančanim kationskim spojevima.

Pamuk je, kao većina tekstilnih vlakana, električki negativno nabijen u neutralnim i alkalnim vodenim otopinama. Time se savladavaju prisutne odbojne sile između vlakna i aniona bojila, optičkih bjelila i drugih tekstilnih pomoćnih sredstava. Kationiziranje, kao modifikacija celuloze pamuka aminima i kvarternim amonijevim solima, sastoji se u blokiranju negativnih –OH skupina celuloze pamuka sa spojevima koji će dati pozitivan naboj vlaknu (sl.1). Uprkos činjenici da svaka glukozna jedinica sadrži tri dostupne –OH skupine, dokazano je da one nisu jednako reaktivne. Reaktivna je samo –OH skupina na šestom C-atomu, koja reagira s kvarternim amonijevim spojem dajući derivat celuloze kationskog karaktera. Ipak, dokazano je da postoji razlika između kationiziranja tijekom mercerizacije ili naknadnom obradom.



Slika 1: Reakcija nastajanja etera celuloze pamuka

Ovom modifikacijom mijenja se naboj celuloze čime se u potpunosti mijenja sustav bojilo-celuloza i tenzid-celuloza, i kao takav, predstavlja izuzetan potencijal za zaštitu okoliša, odnosno zbrinjavanja otpada tekstilnih tvornica. U radu je dana usporedba pamuka kationiziranog s kratkolančanim spojem 2,3-epoksiopropil trimetil amonijevim kloridom (EPTAC) i kompozita od netkanog tekstila (CV-ACN-CV) proizvedenog za potrebe zbrinjavanja nafte u Meksičkom zaljevu.

2. Eksperimentalni dio

2.1 Materijal

Ispitivanja su provedena na standardnoj bijeljenoj tkanini (cotton limbric) namijenjena za ISO 105-F:1985 sljedećih karakteristika: 100 % pamuk, površinske mase 120 g/m², platno vez; tkanina je odškrobljena, iskuhana i kemijski bijeljena, ne sadrži doradna sredstva niti kemijski oštećena vlakna. Tkanina je mercerizirana je u 24% NaOH (BM), te kationizirana s kratkolančanim spojem 2,3-epoksiopropil trimetil amonijevim kloridom (EPTAC, Fluka) prije (BE), nakon (BME) i tijekom (BEM) mercerizacije. Kationiziranje se provodi impregnacijom u kupelji sa 50 g/l EPTAC i odležavanjem 24 sata u zatvorenoj posudi, nakon čega slijedi ispiranje. Kationiziranje tijekom mercerizacije se provodi tako da se zalužena tkanina u mercerizaciji prije vrućeg ispiranja unese u kupelj koja sadrži EPTAC, te potom odležava 24 sata na sobnoj temperaturi, te se ispire.

Netkana tekstilija – kompozit izrađena iz aktivnog ugljena i ugljikovih vlakana (ACN), smještena je u sendviču između dviju koži ugodnih tekstilija (FR viskoza). Kompozit je proizveden na Texas Tech University primjenom H1 tehnologije iglanjem na stroju Fehrer® AG za potrebe zbrinjavanja nafte u Meksičkom zaljevu.

2.2 Metode

Zeta potencijal, izoelektrična točka (IEP) i točka nul-naboja (PZC) određene su metodom struje strujanja na Electro Kinetic Analyzeru (EKA; A. Paar). Specifična količina površinskog naboja određena je metodom povratne titracije polielektrolitom (back titration method) na Particle Charge Detectoru (PCD, Mutek). Iz razlike količine naboja u anionskom (Na-dodecil sulfata, NDDS) i u kationskom (N-cetil piridinijev klorid, N-CPC) polielektrolitu izračuna se specifična količina naboja na vlaknu.

Adsorpcija ionskih tenzida sa 12 C-atoma – anionskog Na-dodecil sulfata (NDDS) i kationskog Dodecil trimetil amonijevog bromida (DDTMAB) provedena je na aparatu Linitest Original (Hanau), te je količina na tkanini određena potenciometrijski na autotitratu Titrimo (Metrohm).

Bojadisanje pamuka direktnim bojilom Benzopurpurin 4B (C.I. 23500, Direct Red 3) (Sigma) provedeno je na laboratorijskom aparatu Polycolor, Mathis uz omjer kupelji, OK = 1: 20 i koncentraciju bojila od 0,1 %, 1 % i 15 % na m.m. Iz koncentracija bojila u kupelji, praćenih spektrofotometrijski na apsorpcijskom spektrofotometru Cary 50 (Varian), izračunata je adsorbirana koncentracija bojila na materijalu.

3. Rezultati s raspravom

U radu je istraživana mogućnost primjene kationiziranog pamuka kao adsorbensa za anionske tenzide i bojila u sustavima za pročišćavanje vode tekstilne industrije. Određena su elektrokinetička svojstva, te su specifična količina naboja i adsorpcija anionskog i kationskog tenzida te anionskog bojila kationiziranog pamuka uspoređena s kompozitom od netkanog tekstila koji sadrži sloj aktivnog ugljena. Iz rezultata danih u tab.1 i tab.2. vidljivo je da je bijeljeno pamučno vlakno visoko hidrofilno i ima nizak zeta potencijal koji proizlazi iz hidroksilnih i karboksilnih skupina celuloze. Budući da se mercerizacijom mijenja struktura, a vlakno bubri, smanjuje mu se zeta potencijal. Kationiziranjem s kratkolančanim sredstvom 2,3-epoksiopropil-trimetil amonijevim kloridom (EPTAC), dolazi do pomaka ravnine adsorpcije u β -sloj elektrokinetičkog dvosloja. Negativna površina neutralizirana je sredstvom, te se ističe električni naboj kationskog sredstva vezanog kovalentnom vezom za površinu pamuka. Stoga je zeta potencijal pamučnih tkanina kationiziranih s EPTAC pozitivan. Izoelektrična točka, IEP se mijenja ovisno o modifikaciji pamučnog vlakna. Dobiveni rezultati ukazuju da bijeljeni i mercerizirani pamuk imaju izoelektričnu točku u području nižem od pH 2,5, a točnu vrijednost nije bilo moguće odrediti zbog prisustva brojnih ionskih skupina u sustavu za mjerenje. Kationiziranjem pamuka se izoelektrična točka pomiče ka višim vrijednostima, a kationiziranjem s EPTAC tijekom i nakon mercerizacije (BEM, BME) potvrđuje pozitivan naboj površine i zato ove tkanine nemaju izoelektričnu točku.

Tablica 1: Zeta potencijal, izoelektrična točka (IEP), točka nul-naboja (PZC) i specifična količina površinskog naboja (q) ispitivanih materijala

Uzorak	ζ [mV] pri pH 10	IEP	PZC* [$\mu\text{g/ml}$]	q_{N-CPC} [mC]	q_{NDDS} [mC]	q [C/g]
B	-20,9	<2,5	67,11	-2292,30	27,05	-2,265
BM	-24,7	<2,5	74,84	-1436,50	42,80	-1,394
BE	-1,5	5,41	1,34	-865,97	3028,58	2,162
BME	0,5	-	1,90	-835,94	4025,97	3,190
BEM	0,9	-	4,06	-293,94	4238,64	3,944
FR viskoza	-15,1	2,45	8,75	-238,13	3783,49	-3,545
ACN	-2,3	4,01	371,46	-4641,17	4646,81	0,006
Kompozit	-5,9	<2	283,22	-4599,97	4606,38	0,005

Točka nul-naboja (PZC) je odgovara količini tenzida dodanoj elektrolitu kako bi se pobio naboj vlakna. Rezultati određivanja su pokazali a najnegativnija površina adsorbira i najviše tenzida za pobijanje naboja, pa tako mercerizirana pamučna tkanina ima i najvišu točku nul-naboja PZC (74,84 $\mu\text{g/ml}$). Analogno tomu, najpozitivnija ima najnižu točku nul-naboja PZC (BEM). To odgovara i specifičnoj količini površinskog naboja pamučnih tkanina (q). Mercerizacijom pamučne tkanine naboj se mijenja sa q (B) = -2,2 C/g na q (BM) = -1,4 C/g čime se naboj značajno smanjuje što omogućava bolju adsorpciju anionskih sredstava. Kationiziranjem s kratkolančanim kationskim spojem EPTAC pamuk postaje elektro-pozitivan sa specifičnim površinskim nabojem $q > 2$ C/g. Važno je istaknuti da tkanine kationizirane s EPTAC tijekom mercerizacije imaju izrazito pozitivan površinski naboj (q (BEM) = 3,9 C/g) što povećava njihov afinitet prema anionskim sredstvima. To potvrđuju rezultati adsorpcije prikazani u tab.2. Promjenom naboja pamuk postaje reaktivniji i povećava se afinitet prema anionskim sredstvima (tenzidi, bojila i polielektroliti) jer se osim reaktivne 6 -OH skupine celuloze postiže vezivanje i na 3 -OH skupini i to ne samo vodikovim vezama i van der Waalsovima silama kao kod merceriziranog pamuka, već i ionskom vezom.

Kompozit uronjen u vodenu otopinu očekivano pokazuje negativne vrijednosti zeta potencijala. Samo FR viskoza pokazuje karakteristično ponašanje za tekstil sa zeta potencijalom -15,1 mV. S druge strane ACN i kompozit pokazuju vrlo malu vrijednost (-2,3 mV) što se može objasniti vrlo visokom adsorpcijom iona iz otopine za mjerenje. To ukazuje na vrlo značajnu ulogu ACN u ovom kompozitu. To potvrđuju vrijednosti IEP i PZC. Rezultati PZC ukazuju na 45 puta višu adsorptivnost ACN od viskoze. Specifična količina površinskog naboja (q) ukazuje na jednako ponašanje kao PZC. Valja istaknuti da ACN i kompozit imaju naboj gotovo jednak 0, što ukazuje na jednaku sposobnost adsorpcije anionskih i kationskih sredstava. No, premda se očekivalo potpuno iscrpljenje bojila iz kupelji, to se nije dogodilo. Razlog tomu su samo adhezijske sile kojima se bojilo veže za ACN, te se prilikom ispiranja, otpušta bojilo nazad.

Tablica 2: Adsorpcija anionskog i kationskog tenzida te anionskog bojila u različitim koncentracijama

Uzorak	Anionski tenzid	Kationski tenzid	Anionsko bojilo BENZOPURPURIN 4B [%]		
	NDDS [%]	DDTMAB [%]	0,1% na m.m.	1% na m.m.	15% na m.m.
B	14,01	25,42	88,25	45,21	-
BM	16,23	37,13	96,55	67,83	-
BE	100,00	9,75	100,00	99,96	79,03
BME	100,00	9,38	100,00	99,99	81,35
BEM	100,00	7,05	100,00	100,00	99,11
FR viskoza	15,58	38,73	96,11	55,07	-
ACN	100,00	100,00	100,00	71,23	25,36
Kompozit	100,00	100,00	100,00	74,30	33,45

Uz već poznata svojstva koja se postižu mercerizacijom, kationiziranjem tijekom mercerizacije dodatno se mijenja naboj celuloze pamuka, čime se u potpunosti mijenja sustav bojilo-celuloza i tenzid-celuloza. Usporedbom rezultata elektrokinetičkih svojstava i adsorptivnosti kationiziranog pamuka tijekom mercerizacije s kompozitom od netkanog tekstila koji sadrži sloj aktivnog ugljena vidljivo je da pamuk kationiziran tijekom mercerizacije ($q = 4238$ mC) ima gotovo jednak naboj kao i kompozit ($q = 4606$ mC), ali i u potpunosti adsorbira anionski tenzida i bojila iz kupelji. Ovakav način modifikacije predstavlja izuzetan potencijal ekološkog zbrinjavanja otpadnog anionskog bojila i tenzida budući da ih u potpunosti adsorbira (bojilo čak do 15% na m.m.) (tab.2).

Budući da sve metode za pročišćavanje otpadnih voda bojadisaonica imaju svoje prednosti i nedostatke, najbolji način je njihova kombinacija. Tako bi se filter od kationiziranog pamuka mogao izraditi od otpadnog pamuka šivaonica trganjem i iglenanjem, te nakon kationiziranja tijekom mercerizacije uporabiti za zbrinjavanje otpadnog anionskog bojila i tenzida u početnoj fazi ispuštanja iz bojadisaonice u bazene. U tom slučaju ne bi bilo stvaranja talog, kao prilikom primjene flokulanata i koagulanata, a kada se zasiti, bilo bi ga lako odstraniti i spaliti u spalionici.

4. Zaključak

Pamuk kationiziran tijekom mercerizacije s kratkolančanim kationskim spojevima moguće je primijeniti u sustavima za pročišćavanje otpadne vode tekstilne industrije, posebice bojadisaonica.

Dodatno, predstavlja izuzetan potencijal za zaštitu okoliša, odnosno zbrinjavanja otpada tekstilnih tvornica, jer je moguće tekstilni otpad iz šivaonica regenerirati i preraditi u filtre koji bi služili toj svrsi.

Literatura

- [1] Grancarić, A. M.; Tarbuk, A. & Pušić, T.: Electrokinetic Potential of Some of the Most Important Textile Fabrics; *Coloration Technology*, **121** (2005) 4, str. 221-227, ISSN 1472-3581
- [2] Grancarić, A.M.; Tarbuk, A. & T. Dekanić: Elektropozitivan pamuk; *Tekstil* **53** (2004) 2, str. 47-51, ISSN 0492 - 5882
- [3] Rupin, M.; Veatue, J. & Balland B.: Utilization of reactive epoxy-ammonium quaternaries on cellulose treatment for dyeing with direct and reactive dyes, *Textilveredlung* **5** (1970), str. 829-838, ISSN 0040-5310
- [4] Lewis, D.M. & Lei, X.P.: Improving Cellulose Dyeability by Chemical Modification of the Fiber, *Textile Chemist & Colorist*, **21** (1989) 10, str. 23-29, ISSN 0040-490X
- [5] Hauser, P. J. & Tabba, A. H.: Improving the Environmental and Economic Aspects of Dyeing Cotton, *Coloration Technology*, **117** (2001) 5, str.282-288, ISSN 1472-3581
- [6] Tarbuk, A., Grancarić, A. M. & Bišćan, J. : Adsorption Properties of Cationized Cotton with EPTAC, *Book of Proceedings of the 5th ITC&DC*, Dragčević, Z. (Ed.), str. 401-406, ISBN **1847-7275**, Dubrovnik, Oct 2010, Faculty of Textile Technology, University of Zagreb, Zagreb, (2010)
- [7] Tarbuk, A.; Grancarić, A. M. & J. Bišćan: Modificirani pamuk pozitivnog elektroničkog naboja, *Zbornik radova 1. znanstveno-stručnog savjetovanja Tekstilna znanost i gospodarstvo*, Bischof, S. (Ed.), str. 109-112, ISBN 978-953-7105-23-5, Zagreb, Jan 2008, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb (2008)
- [8] Grancarić, A. M. et al: Electrokinetic Properties of Cationized Cotton with EPTAC, *Proceedings of the Textile Institute Centenary Conference - Vol. 1 of 4*, str. 2532-2547, ISBN 978-1-61782-270-4, Manchester, Nov 2010, Textile Institute, Manchester, (2010)
- [9] Ramkumar, S.S. et al.: Next Generation Non-particulate Dry Nonwoven Wipe for Chemical Warfare Agent Decontamination, *Ind. Eng. Chem. Res.* **47** (2008) 24, str. 6885-6895, **ISSN** 0088- 5885
- [10] Grancarić, A. M. et al. Nonwoven Composites with High Chemical Protection - Electrokinetic Behaviour, *Proceedings of the 3rd ITMC' 2011*, Končar, V.& Lahlou, M. (eds.), str. 82-88, ISBN: 9954-8878-2-0, Roubaix, Nov 2011, ENSAIT, Roubaix, (2011)



SEKCIJA D

ODJEVNA I OBUĆARSKA TEHNOLOGIJA

SECTION D

CLOTHING AND FOOTWARE TECHNOLOGY

PRIMJENA INDUSTRIJSKI ROBOTA U PROIZVODNIM PROCESIMA TEKSTILNE I ODJEVNE INDUSTRIJE

APPLICATION OF INDUSTRIAL ROBOTS IN TEXTILE AND CLOTHING INDUSTRY MANUFACTURING PROCESSES

Isak KARABEGOVIĆ; Edina KARABEGOVIĆ; Mehmed MAHMIĆ & Ermin HUSAK

Sažetak: Razvojem robotske tehnologije, informacione i senzorske tehnologije dolazi do stalnog unapređenja u proizvodnim procesima, što dovodi do novih funkcionalnih rješenja i veće mogućnosti primjene industrijskih robota u svim industrijskim granama privrede kao i u tekstilnoj industriji od proizvodnje tekstila, odjevnoj tehnologiji te do prodaje gotovih proizvoda. Do potpune automatizacije proizvodni procesa tekstilne industrije se može doći kroz uključivanje robota u sve procese izrade pa tako i do finalnog proizvoda, iako ovaj posljednji postupak može koristiti već izvedena rješenja u tehnici namijenjenoj krutim elementima koja se koriste u ostalim proizvodnim granama. Istražuje se primjena robota u sve postupke i radne operacije procesa proizvodnje u primarnoj i u sekundarnoj proizvodnji. Isto tako uključivanje robota prisutno je i u operacijama ispitivanja materijala, međuoperacijskim manipulacijama, skladištenju, transportu, sortiranju, slaganju i sličnim operacijama, pa čak i u prezentaciji odjevnog predmeta u obliku robota manekena. U radu je dat osvrt na broj primjene industrijskih robota u svijetu u različitim proizvodnim procesima. Robotska tehnologija iz dana u dan se sve više primjenjuje u svim industrijskim granama te tako i u tekstilnoj industriji. Krajnji cilj primjene industrijskih robota u proizvodnim procesima tekstilne industrije je potpuna automatizacija i modernizacija proizvodnih procesa. Na kraju rada je prikazana primjena industrijskih robota u određenim proizvodnim procesima tekstilne industrije.

Abstract: Development of robotic technology, information and sensor technology have been constantly improving manufacturing processes, which leads to the new functional solutions and grater possibility of industrial robot application in all industrial branches of economy as well in the textile industry from textile production, clothing technology to the final product sale. Complete automation of textile manufacturing process can be reached thought industrial robot installation in all process operation and final product, even for the last phase of production could be used known solutions in technique intended to the rigid elements which are used in other manufacturing processes. Robot application in all procedures and the work operations of manufacturing processes are investigated as in primary and also in secondary manufacturing. Robot application is also possible for material testing operations, manipulation between manipulations, storage, transportation, sorting processes, folding and similar operations and even in presentation of clothing parts in form of robot fashion model. In this paper analysis of industrial robot application in the World in various manufacturing process is given. Robotic technology day after day is implemented in all industrial branches as well in textile industry. Final objective of industrial robot application in textile industry manufacturing processes is complete automation and modernization of production process. At the end of the paper application of industrial robot in specific textile industry manufacturing processes is presented.

Ključne riječi: industrijski robot, automatizacija, proizvodni proces, tekstilna industrija

Keywords: industrial robot, automation, manufacturing process, textile industry

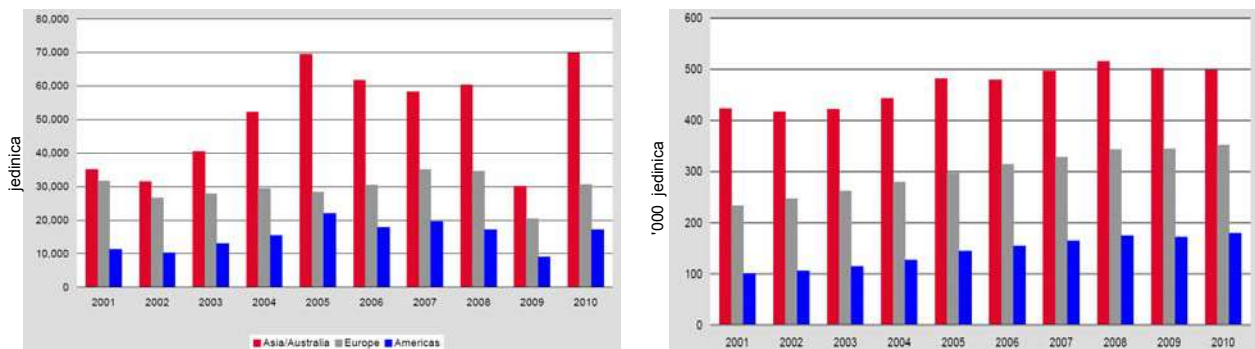
1. Uvod

Automatizacija i modernizacija proizvodnje prati razvoj tehnologije u proizvodnji, oblikuje provedbu upravljanja i druge procese bez izravnog ljudskog djelovanja. Automatizirane proizvodne linije koriste moderne informacione tehnologije upravljanja. Industrijska automatika je sjecište znanja iz područja elektronike, mašinstva i informatike [1,2,3,6,7,8,9,10]. Cilj je stvaranje učinkovitog tehnološkog procesa u tekstilnoj industriji. Industrijska automatika stvara mogućnost povećanja proizvodnje i rasta u proizvodnji uz smanjenje troškova proizvodnje i poboljšanje kvalitete proizvoda te mogućnost povećanja učinkovitosti kontrole proizvodnje u svim industrijskim procesima isto tako u tekstilnoj industriji. U konačnici, automatizacija proizvodnje rezultira većom produktivnosti i smanjenjem ljudske radne snage (a time i moguće ljudske pogreške) u proizvodnji ali i smanjenje radnih mjesta. Inženjeri teže da kombinuju automatizovane uređaje sa matematičkim i organizacionim alatima kako bi napravili složene sisteme za sve veću oblast primjena i ljudskih aktivnosti. Automatizacija proizvodnje igra sve značajniju ulogu u

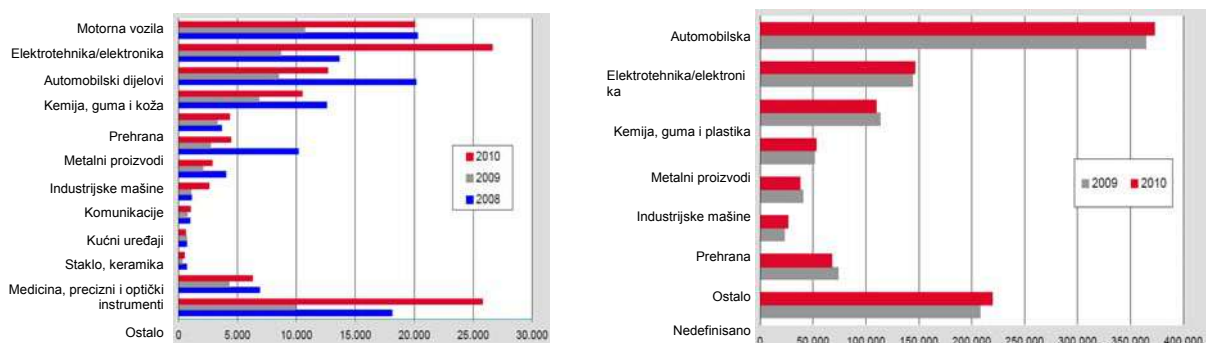
globalnoj ekonomiji i svakodnevnom životu. Mehanizacija označava zamjenu ljudskog rada mašinama, dok se industrijskom automatizacijom potpuno ili djelomično zamjenjuje fizički napor čovjeka. Jedna od osnovnih osobina automatizacije proizvodnje je prodor u područje umnog rada čovjeka. U automatizaciji proizvodnih procesa u tekstilnoj industriji robotska tehnologija igra važnu ulogu. Robotika je višedisciplinarna znanstvena disciplina koja objedinjuje mnoga systemska znanja kao što su inženjerska mehanika, elektrotehnika, informacijske tehnologije, industrijski inženjering, ergonomija i marketing a zbog svog velikog značenja u postindustrijskom društvu, zadire i u područje medicine, ekonomije, sociologije, filozofije i umjetnosti. Robotika je istovremeno i vrlo privlačna, izazovna i maštovita disciplina. Razvojem novih tehnologija i korištenje novih materijala u industriji zahtjeva nove proizvodne linije, te rastuća potražnja za primjenu industrijskih robota. Raznolikost primjene industrijskih robota je u porastu, a to zahtjeva fleksibilna automatizacija u tekstilnoj industriji, te smanjenje vremena izrade proizvoda sa stalno visokim kvalitetom. Sa razvojem informatičkih tehnologija postoje stalne promjene u robotskoj tehnologiji, koje dovode do novih funkcionalnih rješenja i veće mogućnosti primjene robota. Razvijem informacione i senzorske tehnologije može se govoriti o povećanoj primjeni industrijskih robota u proizvodnim procesima tekstilne industrije.

2. Primjena industrijskih robota u proizvodnim procesima u svijetu

Modernizaciju i automatizaciju proizvodnih procesa u tekstilnoj industriji nemoguće je zamisliti bez upotrebe industrijskih robota. Da bismo stekli sliku o primjeni industrijskih robota u proizvodnim procesima tekstilne industrije izvršimo analizu primjene industrijskih robota u proizvodnim procesima u svijetu. Za bazu podataka preuzeti su statistički podaci [1,4,5,] od International Federation of Robotics (IFR), podataka Ekonomske komisije pri UN za Evropu (UNECE) i Organizacije za ekonomsku kooperaciju i razvoj (OECD).



Slika 1: Godišnja i ukupna primjena industrijskih robota u svijetu po kontinentima Azija, Europa i Amerika od 2001-2010. godine [1]



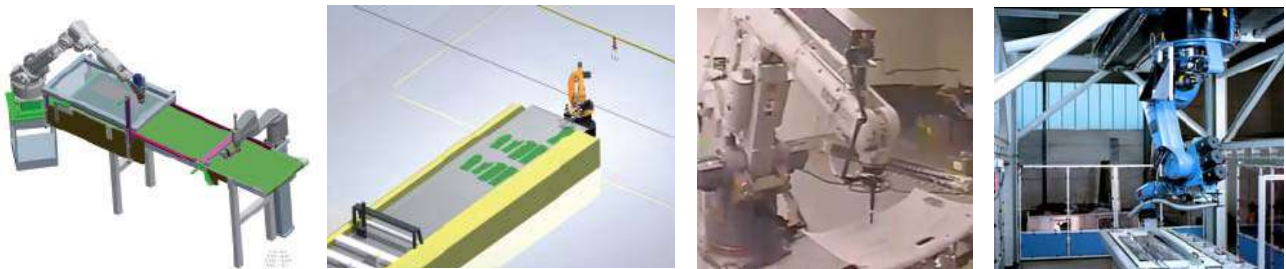
Slika 2: Godišnja i ukupna primjena industrijskih robota u različitim proizvodnim procesima u svijetu od 2008-2010. godine [1,4,5]

Na slici 1. prikazan je trend instaliranja industrijskih robota u svijetu od 1998. godine do 2010. godine gdje se vidi da je na godišnjem nivou najmanje instalirano robota u 2009. godini, zatim 2002. godine jer je u tim godinama bila gospodarska kriza u svijetu i to je razlog ovakom trendu. U analizu su uzete slijedeće industrije: poljoprivreda šumarstvo, ribarstvo, rudarstvo, proizvodnja kako prehrambena tako i duvanska tekstilna, papirna, drvena, koža, metalna industrija, plastika i kemijska industrija, elektro/elektronička industrija, automobilska industrija, građevinska industrija itd. Analiza primjene industrijskih robota u različitim industrijskim granama prikazana je na slici 2. Kao što se iz grafikona vidi aplikacija robota u 2010. godini je porasla u svim industrijskim granama u odnosu na 2009. godinu zbog gospodarske krize koja je bila u 2009.

godini. Na osnovu slike 1. i slike 2. dolazimo do zaključka da se iz godine u godinu broj primjene robota u svijetu povećava. Primjena industrijskih robota u različitim proizvodnim procesima a u tekstilnoj industriji su pakovanje, rukovanje, obrada i prodaja gdje je primjena industrijskih robota u stalnom povećanju. Primjena industrijskih i servisnih robota u tekstilnoj industriji je u svim njenim procesima : ispitivanju materijala, procesu proizvodnje kako tekstila tako konfekcije, primarne i sekundarne proizvodnje, međuoperacijskim manipulacijama, slaganju, sortiranju, prezentaciji, transportu, skladištenju [2,3] .

3. Primjena industrijski robota u proizvodnim procesima tekstilne industrije

Primjena robota u proizvodnim procesima tekstilne industrije se koriste od skladišta ulaznih sirovina, u skoro svim operacijama proizvodnje tekstilne i odjevne tehnologije te skladištu gotovi proizvoda do komesioniranja za potrošače. U tehnologiji rezanja industrijski roboti se koriste za rezanje vodnim mlazom, ultrazvukom, laserom do rezanja škarama. Zavisno od tehnologije rezanja primjenjuje se specijalna prihvatnica koja je prilagođenja i konstruisana za izvođenje te operacije u proizvodnom procesu. U tehnologiji spajanja materijala koriste se također industrijski roboti i to spajanje šivenjem, spajanje ultrazvukom i spajanje laserom zavisno od vrste i namjene materijala za upotrebu.



Slika 3: Industrijski roboti za rezanje tekstilni materijala [2,9]

Postupci rezanja kod kojeg se koriste male sile rezanja materijala omogućavaju manju robusnost prihvatnice robota, manji utrošak energije, veću preciznost rada. Radi toga se sve više koristi rezanje poput laserskog, ultrazvučnog, viskofrekventnog, rezanje vodenim mlazom, a od mehaničkih rezanje rotirajućim nožom kao što je prikazano na slici 3. U području robotike i novih tehnika spajanja razvijaju se: naprave za hvatanje koje omogućuju prikladno rukovanje tekstilnim materijalima, male robotske šivaće glave s pristupom šivanja s jedne strane , podesivi kalupi (lutke-slika 4.) za razne volumene i oblike odjeće I povezivanje naprava za hvatanje, robotskih šivaćih glava i podesivih kalupa.



Slika 4: Primjena industrijski robota u procesu sortiranja prediva i konfekciji odjevne tehnologije [10,11]

Kao i u drugim tehnološkim postupcima roboti se koriste za premještanje, transport i skladištenje. Hvatanje, prenošenje, orijentiranje, pozicioniranje i presavijanje tekstilnog materijala je zbog njegovih karakterističnih svojstava komplicirano. Tekstilni materijal nije kruta tvorevina već se savija kod bilo kakvog djelovanja na njega i mijenja svoj oblik. Hvatiljke za rukovanje tekstilnim materijalima su specifične jer moraju omogućiti rukovanje materijalom koji je neugodan za procese manipulacije s njim. Rukovanje tekstilnim materijalima i izradcima mogu se grupirati u sljedeće skupine: hvatanje, vođenje, prenošenje, polaganje, pozicioniranje, presavijanje, poravnavanje i odlaganje. Svaka skupina rukovanja ima svoje specifičnosti koje se moraju uzeti u razmatranje kod projektiranja prihvatnica. Prihvatanje tekstilnog materijala i izradaka označava stezanje (prihvat) materijala za jedan od njegovih rubova. Može se hvatati tekstilni materijal, odnosno izradak, iz složene naslage ili uzimati samo jedan položen izradak, odnosno, sloj materijala sa stola. Osim vrste hvataljke koja je konstruirana za jedan od ta dva slučaja i robot svojim pokretima i sensorima pomaže obavljanju tog zadatka.

4. Zaključak

Inovacijom robotske tehnologije, informacione tehnologije, senzorske tehnologije dolazi do stalnog unapređenja proizvodnih procesa, isto tako do novih funkcionalnih rješenja i veće mogućnosti primjene industrijskih robota u svim industrijskim granama privrede kao u tekstilnoj industriji od proizvodnje tekstila, odjevnoj tehnologiji te do prodaje gotovih proizvoda. Razvojem novih tehnologija i korištenje novih materijala u industriji zahtjeva nove proizvodne linije, stalnu inovaciju i automatizaciju što povećava primjenu industrijskih robota. Razvijem senzorske tehnologije može se govoriti o povećanoj primjeni industrijskih robota u procesima proizvodnje tekstila i proizvoda od tekstila odnosno tekstilnoj industriji. Na osnovu izvedene analize dolazimo do zaključka da se iz godine u godinu broj primjene industrijskih robota u svijetu povećava u svim industrijskim granama te tako i u tekstilnoj industriji. Kao i u drugim tehnološkim postupcima roboti se koriste za premještanje, transport i skladištenje. Hvatanje, prenošenje, orijentiranje, pozicioniranje i presavijanje tekstilnog materijala je zbog njegovih karakterističnih svojstava komplicirano. Tekstilni materijal nije kruta materija već se savija kod bilo kakvog djelovanja na njega i mijenja svoj oblik. Primjena industrijskih robota u različitim proizvodnim procesima a u tekstilnoj industriji su pakovanje, rukovanje, obrada i prodaja gdje je primjena industrijskih robota u stalnom povećanju. Primjena industrijskih robota u tekstilnoj industriji je u svim njenim procesima : ispitivanju materijala, procesu proizvodnje kako tekstila tako konfekcije, primarne i sekundarne proizvodnje, međuoperacijskim manipulacijama, slaganju, sortiranju, prezentaciji, transportu, skladištenju i povećava se iz godine u godinu.

Literatura

- [1] World Robotics 2010, United Nations, New York and Geneva, 2010.
- [2] Doleček, V.; Karabegović, I.; *Roboti u industriji*, Tehnički fakultet Bihać, Bihać, 2008.
- [3] Nikolić, G.; Katalinić, B.; Rogale D.; Jerbić, B.; Čubrić G.; *Roboti & primjena u industriji tekstila i odjeće*, Tekstilno-Tehnološki fakultet Zagreb, Zagreb, 2008.
- [4] World Robotics 2008, United Nations, New York and Geneva, 2008.
- [5] World Robotics 2002, United Nations, New York and Geneva, 2002.
- [6] Karabegović, E.; Karabegović, I.; Hadžalić, E.; Industrial robots application trend in world metal industry, *Journal Engineering Economics*, Vol.23.No.4, Lithuania, 2012., pp.368-378.
- [7] Karabegović, I.; Husak, E.; Application of robotic doll in on-line clothing sale by internet, *Tekstilna industrija*, Vol.29, Br.4., Beograd, Srbija, 2011., pp. 13-16.
- [8] Karabegović, I.; Karabegović, E.; Comparative analysis of the industrial robot application in the World for year 2010, *Tehnika*, Vol.61, Br.6., Beograd, Srbija, 2011., pp. 953-959.
- [9] Karabegović, I.; Karabegović, E.; Ujević, D.; Husak E.; Manufacturing process automation in clothing industry through industrial and service robot integration, *AUTEX World Textile Conference 12th AUTEX 2012*, 13-15. juni 2012, Zadar, Croatia, 2012., pp. 1117-1022.
- [10] Knez B.; Miličić J.; Rudan R.; Szivovieza L.; Taboršak D.: *Primjenjena antropometrija za antropologiju, biomedicine, ergonomiju i standardizaciju*, Priručnik za terensko istraživanje Republike Hrvatske, Ministarstvo odbrane, Zagreb, 1995.
- [11] Must, I.; Anton, M.; Kruusmaa, M.; Aabloo, A.; *Linear modeling of elongated bending EAP actuator at large deformations*, Proc. SPIE 7287, 72870V. 2009.
- [12] Pugal D.; Kasemägi H.; Kruusmaa M.; and Aabloo A.: *An advanced finite element model of IPMC, Electroactive Polymer Actuators and Devices (EAPAD) 2008* 6927(1), SPIE, 2008.
- [13] www.leapfrog-ip.com; 15.10.2012
- [14] www.kuka-robot-sewing-car-seatcover.com; 28.10.2012.
- [15] www.tglaser.en.alibaba.com; 01.11.2012.

TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE NISKE RADNO-ZAŠTITNE OBUĆE U TT. JELEN PROFESSIONAL D.O.O.

TECHNOLOGY MANUFACTURING OF PROTECTIVE SHORT WORK- FOOTWEAR IN JELEN PROFESIONAL, LTD.

Miroslav MIKULČIĆ; Zenun SKENDERI & Jadranka AKALOVIĆ

Sažetak: Opisana je tehnologija proizvodnje niske radno zaštitne obuće kroz sljedeće faze: krojenje, priprema, šivanje, montaža, finiš i pakiranje. Dati su glavni tehničko-tehnološki parametri za materijale koju su ugrađeni u nisku radno-zaštitnu obuću. Navedene su metode prema kojima se ispitala goveđa hidrofobirana koža koja je korištena za lice gornjišta. Rezultati ispitivanja glavnih parametara pokazuju da su svi korišteni materijali visoke kvalitete i u skladu s zahtjevima odgovarajućih normi.

Abstract: A technology of manufacturing of short protective work-footwear is described through the following processes: cutting, preparing, sewing, binding, finishing and packing. The main technical as well as technological parameters for the materials that are installed into the protective short work footwear are given. The methods for testing of cow hydrophobic leather for upper material are provided. The results of main parameters tested show that the materials used have high quality and conform to demands of appropriate standards.

Ključne riječi: obuća, radno-zaštitna, hidrofobirana goveđa koža, svinjska koža, tehnologija, kvaliteta

Keywords: footwear, protective work-footwear, hydrophobic cow leather, pig lather, technology, quality

1. Uvod

Prva zadaća obuće je zaštita stopala od vanjskih utjecaja kao što su hladnoća, visoke temperature, vlaga te mehanički udarci. Uz to obuća mora biti udobna, kvalitetna i cjenovno prihvatljiva. Svaka radno zaštitna obuća trebala bi posjedovati veliku udobnost za stopalo, vrhunsku kvalitetu izrade i propisanu sigurnost, a njezine glavne karakteristike trebale bi biti: prozračnost tj. nesmetan prolaz zraka iznutra prema van, vodo nepropusnost-paro propusnost, izolacija od visokih i niskih temperatura, otpornost na mehaničke udarce i proklizavanje đona, te antistatičnost. Radno zaštitna obuća obično se dijeli se na [1]:

- a) nisku radnu zaštitnu obuću koju čine radno zaštitne natikače, radno zaštitne sandale i radno zaštitne cipele (sl. 1)
- b) polu visoku radnu zaštitnu obuću – gležnjače
- c) visoku radnu zaštitnu obuću – čizme.



Slika 1: Niska radno-zaštitna obuća: a – natikače, b – sandale i c – cipele

Glavne karakteristike radne zaštitne obuće zatvorenog tipa (niska cipela, gležnjača i čizma) su: vodonepropusnost paro-propusnost. Unutrašnjost obuće je izrađena od vodonepropusne paro-propusne membrane koja ne dozvoljava ulazak vode u stopalo a propušta čestice pare koje izlučuje naše stopalo prema van. Za izolaciju od niskih i visokih temperatura obuća je izrađena od materijala koji su dobri toplinski izolatori. Za dobivanje otpornosti na mehaničke udarce u prednji dio obuće ugrađuje se termo ili čelična kapica. Sprečavanje proklizavanje đona postiže se korištenjem gumenih materijala, a antistatičnost se sprječava ugradbom materijala koji omogućuju odvodnju statičkog elektriciteta te tako sprječavaju nekontrolirano izbijanje naboja. U ovom radu biti će prikazan tehnološki postupak izrade niske radno zaštitne obuće u tvrtki Jelen Professional d.o.o.

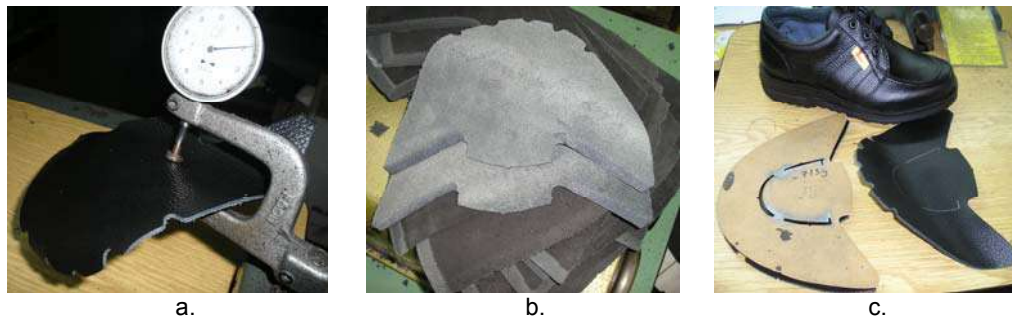
2. Eksperimnatlni dio

Tehnologija izrade nisko radno zaštitne cipele odabranog modela ima sljedeće faze: krojenje, priprema, šivanje, montaža, finiš i kontrola. Za **krojenje lica gornjišta** korišten je goveđi hidrofobirani cijepanik riža, debljine 1,8-2 mm. Lice obuče izrađuje se i kroji se iz najkvalitetnijeg dijela kože, krupona. Lice gornjišta čine: oglavak, sarice, lub, kragna, jezik, rinčni dio, ukrasne trakice. Podstava gornjišta krojena je iz svinjske podstave debljine 0,7-0,9 mm. Podstavu gornjišta čine: podstava oglavka, podstava jezika, podstavne sarice i podstavna kragna. Ugradbeni dijelovi su termo kapica koja je krojena iz materijala fleksana 52/OP, spužva debljine 8 mm i konjiti lub. Prikaz krojenja sarica, kragne, podstavnog oglavka i podstavne sarice dat je na slici 2.



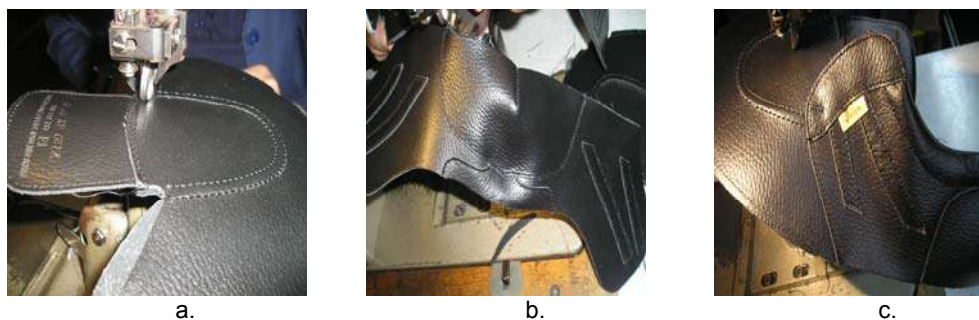
Slika 2: Prikaz krojenja sarica: a., kragne b., podstavnog oglavka c. i podstavne sarice d.

Zadatak **pripreme** je da iskrojene dijelove što bolje pripremi za šivaonu. Priprema obuhvaća mjerenje debljine pojedinih dijelova lica (sl. 3, a) stanjivanje pojedinih cijelih dijelova na propisanu debljinu, stanjivanje rubova (sl. 3, b), označavanje pojedinih dijelova određenom normom prema kojoj se obuća izrađuje, označavanje za šivanje ukrasnih šavova (sl. 3, c) te označavanje za preciznije šivanje.



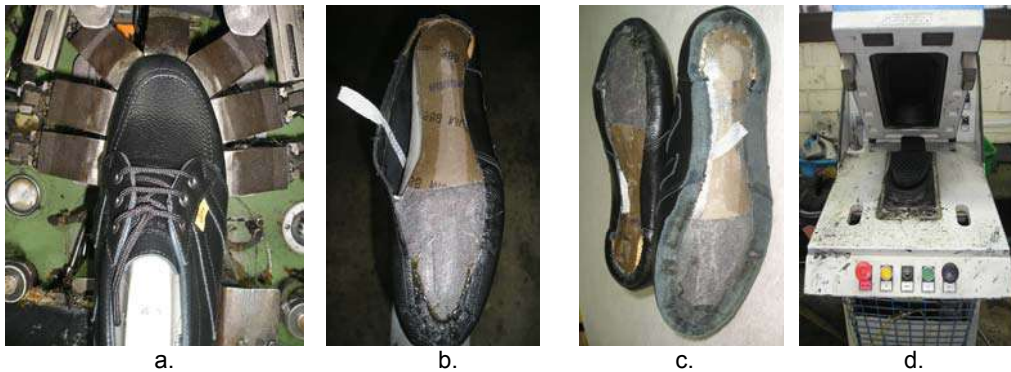
Slika 3: Mjerenje debljine pojedinih djelova a., stanjavanja rubova b. i označavanja za šivanje ukrasnih šavova c.

Na fazi **šivanja** vrši se spajanje dijelova gornjišta pomoću stroja za šivanje. Strojevi za šivanje su tvrtke Pfaff [2] Necchi [3]. Kod većih dijelova gornjišta rubovi se najprije spajaju pomoću lijepila, kako bi kasnije šivanje bilo što preciznije. Šavovi na gornjištu mogu biti funkcionalni, estetski i funkcionalno- estetski. Prilikom sastavljanja lica gornjišta oglavak se našivava na jezik (sl. 4, a), u petnom dijelu gornjišta kada se spaja lice lub se našivava na sarice (sl. 4, b). Šivanjem sarica na oglavak, tj. šivanjem zapora (sl. 4, c) spajamo prednji i zadnji dio lica gornjišta.



Slika 4: Šivanje oglavka na jezik a., šivanje luba b. i šivanje sarica na oglavak c.

Kada je gornjište kompletno sašiveno ide se na sljedeću fazu **montaže**. Na montaži se gornjište spaja s donjištem lijepljenjem. Pomoću stroja za navlačenje vrška Schon [4] gornjište se navlači na kalup, gdje se prethodno na kalup pričvrstila temeljna tabanica (sl. 5, a). Kada je vrh gornjišta navučen na kalup, upusti za navlačenje premažu se gumenim lijepilom te nakon što se lijepilo osušilo uz pomoć kliješta vanjska i unutarnja strana gornjišta se privuku na temeljnu tabanicu (sl. 5, b). Da bi bilo što bolje sljepljivanje đona i gornjišta, upust za navlačenje koji je navučen na temeljnu tabanicu se treba ohrapaviti (sl. 5, c). Nakon što se upust ohrapavio i premazao kao i đon poliuretanskim dvokomponentnim lijepilom, nakon određenog vremena sušenja slijedi lijepljenje - prešanje đona (sl. 5, d).



Slika 5: Navlačenje gornjišta na kalup a., navlačenje strana b., hrapavljenje upusta c. i lijepljenje đona d.

Nakon što izvršeno spajanje gornjišta s donjištem, gotova obuće se predaje na odjel **finiša i kontrole**. Sve nečistoće na obući koje su nastale tokom izrade uklanjaju se brisanjem pomoću gumica od sirove gume (sl. 6, a). Pored toga potrebno je i umetnuti uložnu tabanicu [5], uvući vezice te pošpricati gotovu cipelu odgovarajućim sredstvom za finišenje materijala radi postizanja ujednačene nijanse boje, sjaja, mat ili voštanog efekta (sl. 6, b). Prije nego se obuća zapakira u kutiju sa odgovarajućom deklaracijom i piktogramom, još jedanput se kontrolira da li je izrađena obuća identična prema uzorku kojem se izrađivala. Na kraju se vrši kontrola i pakiranje u odgovarajuće kutije se potrebnom deklaracijom i piktogramom (sl. 6, c).



Slika 6: Čišćenje obuće a., špricanje obuće b. i pakiranje obuće c.

2.1 Izbor materijala i metoda ispitivanja

Za izradu niske radno-zaštitne obuće u tvrtki Jelen Professional d.o.o. odabrani su sljedeći materijali: crna goveđa hidrofobirana koža za lice gornjišta debljine 1,8-2 mm, svinjska podstavna koža debljine 0,7-0,9 mm, temeljna tabanica oblikovana sa zglobnjakom debljine 2,5 mm, a za donjište đom poliuretanski otporan na habanje i savijanje (PUR).

Prema zahtjevima tehničkih normi HRN EN ISO 20344, HRN EN ISO 20345 i HRN EN ISO 20346 koje su obvezujuće za ovu vrstu obuće ispitana su samo svojstva kože za lice gornjišta, i to (tab. 1):

- sila kidanja dvostranim zarezom prema normama HRN EN ISO 20344 t. 6.3; HRN EN ISO 3377-2
- prekidna čvrstoća prema normama HRN EN ISO 20344 t. 6.4; HRN EN ISO 3376
- propusnost vodene pare; koeficijent vodene pare prema normama HRN EN ISO 20344 t. 6.6; t. 6.8; HRN EN ISO 14268
- pH vrijednost prema prema normama HRN EN ISO 20344, t. 6.9 ;HRN EN ISO 4045
- sadržaj kroma (VI) prema normama HRN EN ISO 20344 t. 6.11; EN ISO 17075)
- otpornost savitljivih koža na vodu metodom penetrometra prema normi HRN EN ISO 5403
- postojanosti obojenja na cikluse trljanja naprijed – nazad prema normi HRN EN ISO 11640
- otpornost na savijanje metodom fleksometra prema normi HRN EN ISO 5402

3. Rezultati i rasprava

Iz tablice 1 vidljivo je da je sila kidanja dvostanim zarezom goveđe kože za lice gornjišta znatno veća (317,4 N) od minimalno propisane prema normama HRN EN ISO 20345 i HRN EN ISO 20346 (120 N) za 2,645 puta. Prekidna čvrstoća je također znatno veća 28,1 N/mm² od minimalno propisane (15 N/mm²) za 1,877 puta. Korištena goveđa hidrofobirana koža za lice gornjišta ima dobru propusnost vodene pare, tj. dobro „diše“, što u velikoj mjeri povećava komfor obuće, a što se potvrđuje rezultatima u tab. 1. Kroma VI je 100 puta manje od maksimalno dopuštene količine određene prema predviđenim (spomenutim normama). Dobra vodonepropusnost je također jasno izražena i potvrđuje odlično svojstvo hidrofobnosti korištene goveđe kože. Parametri upijanja i propuštanja vode također potvrđuju odličnu hidrofobiranost. Postojanost obojenja na trljanje i otpornost na savijanje fleksometrom pokazuju dobru obradu lica kože i kvalitetu dogotovnih nanosa.

Tablica 1: Rezultati ispitivanja parametara goveđe kože za lice gornjišta

Ispitivani parametri	Zahtjev prema normama HRN EN ISO 20345, HRN EN ISO 20346	Vrijednosti
Sila kidanja dvostrani zarez, N	min. 120	317,4
Prekidna čvrstoća, N/mm ²	min. 15	28,1
Propusnost vodene pare, mg/cm ² h	min. 0,8	1,17
Koeficijent vodene pare, mg/cm ²	min. 15	16,6
pH vrijednost	min. 3,2	4,00
Razlika pH vrijednosti	max. 0,7	0,45
Sadržaj kroma VI, mg/kg	max. 10	0,1
Propuštanje vode, g: nakon 60 min nakon 120 min	max. 0,2 nakon 60 minuta	0 0
Upijanje vode, %: nakon 60 minuta nakon 120 minuta	max. 30 nakon 60 minuta	7,3 9,9
Vrijeme propuštanja vode, minute zbijanje 7,5% bez predobrade	/	>180
Postojanost obojenja na trljanje, Po suho 50x, mokro 20x	/	Koža/filc 4-5 /4 4-5/3-4
Otpornost na savijanje fleksometrom, (broj ciklusa bez pucanja lica): suho mokro	/ /	>50 000 >15 000

4. Zaključci

Ispitivana koža za lice gornjišta ima vrlo dobra mehanička svojstva, dobra paro-propusna svojstva te izraženu otpornost na propuštanje vode. Sadržaj kroma VI je gotovo neznan. Postojanost obojenja je također visoka, kao i otpornost dogotove na savijanje fleksometrom.

Svi parametri potvrđuju pravilno odabran materijal za postojeću opisanu tehnologiju za izradu lica gornjišta niske radno-zaštitne obuće. Temeljem dobivenih rezultata ispitivanja može se potvrditi da kvaliteta kože zadovoljava kriterije predviđene normama HRN EN ISO 20345 i HRN EN ISO 20346.

Literatura

- [1] http://www.jelen.hr/radna_obuca/jelen_svi_modeli.htm
- [2] Materijali tt. Pfaf
- [3] Materijali tt. Necchi
- [4] Materijali tt. Schon
- [5] Mikulčić M., Skenderi Z., Akalović J., Proizvodnja visoko radno zaštitne obuće u tvornici Jelen d.d.Čakovec. Koža &Obuća 7-9/12, 28-29

Zahvala

Autori zahvaljuju direktoru tvrtke Jelen Professional d.o.o. g-inu Darku Pintariću, dipl. oec., na dozvoli za objavu ovog rada te na razumijevanju i susretljivosti prilikom njegove izrade.



SEKCIJA E

ISPITIVANJE TEKSTILIJA

SECTION E

TEXTILE TESTING

PRIMJENA ŽIVINE POROZIMETRIJE ZA ODREĐIVANJE POROZNOSTI NETKANOG TEKSTILA

THE APPLICABILITY OF MERCURY INTRUSION POROSIMETRY FOR NONWOVEN POROSITY DETERMINATION

Polona DOBNIK DUBROVSKI & Stana KOVAČEVIĆ

Sažetak: U ovom radu sažeta su saznanja i vlastita iskustva o mogućnostima korištenja metode živine porozimetrije na netkane tekstilije. Istraživane su netkane tekstilije različitih konstrukcija, s iglenim i toplinskim učvršćenjem. Cjelokupna poroznost mjerena je pomoću porozimetra Pascal 140, pod uvjetima kontroliranog povećanja pritiska. Usporedbom teorijskih i eksperimentalnih rezultata cjelokupne poroznosti pokazalo se da je metoda živine porozimetrije primjerena za ispitivanje poroznosti tog materijala. Odstupanje eksperimentalnih od teorijskih vrijednosti poroznosti je relativno malo i iznosilo je u prosjeku 7,8 %, što ukazuje opravdanost primjene ove metode ispitivanja.

Abstract: This paper summarize the findings and own experiences regarding the possibility of using the method of mercury intrusion porosimetry for nonwoven fabrics. Research was performed on needle-punched and thermal-bonded nonwoven fabrics with different construction, and taken from the production programme of cleaning cloth producer. Total porosity was measured with Pascal 140 mercury porosimeter by applying a controlled increasing pressure. The comparison analysis between the theoretical and experimental values of total porosity was performed showing that mercury intrusion porosimetry is suitable method for porosity determination. The average deviation of porosity measurements determined with mercury porosimetry was 7,8 %.

Cljučne riječi: netkane tekstilije, ispitivanja poroznosti, živina porozimetrija

Keywords: nonwoven fabrics, porosity determination, mercury intrusion porosimetry

1. Introduction

Nonwoven fabrics are porous materials having different porosity structures as the consequence of different manufacturing techniques needed to interlace and bond the fundamental building elements, e.g. fibres, yarns or layers, into fibrous assembly. As a porous materials allow the transmission of substances (particle, liquid, gas) as well as energy (UV, IR, X-ray, visible radiation, etc.), and are therefore suitable materials for a wide range of technical applications, interior and garment. Porosity structure strongly determines important mechanical, physical, sorptive, chemical, and thermal properties of the nonwovens such as mechanical strength, filtering efficiency, air permeability, UV light penetration, sound absorption ability, softness, absorption and adsorption properties (wicking, wetting), soiling propensity, thermal resistance, permeability (windproofness, breathability), translucence, etc., [1-6]. Knowledge about the fabric's porosity structure is, therefore, an important step when characterising nonwoven fabrics, in order to predict their behaviour under different end-usage conditions regarding a product.

Nonwovens have, with regard to woven and knitted fabrics, the least similar and exactly determined inner geometrical model of a porosity structure in the form of a tube-like system where each pore has a cylindrical shape with a permanent cross section over all its length. The unit of web porosity structure is pore or void space, which can be situated between the fibres and within the fibres. Pores can be classified regarding to the access size into macro-, meso-, micro, and nano-pores, or regarding to the fluid accessibility into closed pores (which are not accessible), blind pores (which terminate inside the material and do not permit fluid flow), and through pores (which are open to the external surface and permit fluid flow). Through pores are of primary interest for many of the applications of nonwovens and are also known as open pores [7]. In general, the porosity of the nonwoven fabric is defined as the ratio of the total void space volume to the total (bulk) volume of the nonwoven fabric:

$$\varepsilon = \frac{V_v}{V} \quad (1)$$

where, ε is the porosity expressed as coefficient, V_v is the volume of the total void space in cm^3 , and V is the total or bulk volume of the nonwoven fabric in cm^3 . The total volume of the nonwoven fabric consists of the volumes of the solid and void components as follows:

$$V = V_v + V_s \quad (2)$$

where, V is the total volume of the nonwoven fabric in cm^3 , V_v is the volume of void component in cm^3 , and V_s is the volume of solid component in cm^3 . If the volume of void component is exposed from the Equation 2, the Equation 1 can be further written as follows:

$$\varepsilon = \frac{V_v}{V} = \frac{V - V_s}{V} = 1 - \frac{V_s}{V} = 1 - \beta \quad (3)$$

where, β is the fulfilment (or solid volume fraction) which describes the fraction of solid component volume in the nonwoven fabric expressed as coefficient ranging between 0 and 1 or as percentage. If we take into account the common equation for material density ($\rho = m/V$), and assume that the mass of the nonwoven material is actually the mass of solid component ($m_s = m_b$), the Equation 3 can be further written in the form of Equation 4:

$$\varepsilon = 1 - \frac{V_s}{V} = 1 - \frac{m_s \rho_b}{\rho_s m_b} = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} \quad (4)$$

In this way defined porosity does not give any information about the porosity structure of the nonwoven but only the information how many air is trapped within the fibrous assembly. The characterization of nonwoven fabrics (as solids) in terms of porosity normally consists in determining the following porosity parameters: pore size, specific pore volume, pore size distribution, bulk density, volume (percentage) porosity, apparent density, specific pore surface area, etc. Theoretically, volume (percentage, total) porosity of nonwoven fabric, which is the subject of our research and refers to the inter (pores between fibres in nonwovens) and intra-pores (pores inside the fibres), can be further defined using Equation 5:

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}\right) \times 100 = \left(1 - \frac{\rho_{fab}}{\rho_{fib}}\right) \times 100 = \left(1 - \frac{m_{fab}}{D_{fab} \cdot \rho_{fib} \cdot 1000}\right) \times 100 \quad (5)$$

where, ε is the nonwoven fabric porosity in %, ρ_b is the fabric bulk density in g/cm^3 , ρ_s is the density of solid component in g/cm^3 , ρ_{fab} is the nonwoven fabric density in g/cm^3 , ρ_{fib} is the fibre density in g/cm^3 , m_{fab} is the nonwoven fabric mass per unit area in g/m^2 , and D_{fab} is the nonwoven fabric thickness in mm.

Several methods, such as optical, geometrical, fluid through, sorption, and filtration method, are known to quantify the structure of porous nonwovens. Methods are commonly divided into direct and indirect ones and differentiated according to the porosity parameters which can be measured. Often used methods to analyse open and blind pores in nonwovens are porosimetry (liquid intrusion / extrusion technique) and capillary flow porometry (liquid extrusion technique) [7]. In this study, the porosity of nonwoven fabrics was studied using the mercury intrusion method as an indirect method. This method will be described in details in the experimental part; here we just mention that this method needs external pressure to force mercury into the pores. The required pressure is inversely proportional to the size of the pores; only lightly pressure is required to intrude mercury into large macro-pores, whereas much greater pressures are required to force mercury into small pores. The mercury intrusion porosimetry has one disadvantage, namely, flexible materials (such as for example nonwovens) undergo a compression effect during pressurization and the instrument interprets such compression as presence of pores, so the results are not always real. The purpose of presented work was to find out if the mercury intrusion porosimetry is suitable method to define porosity of nonwoven fabrics used for cleaning cloths.

2. Experimental work

Dry-laid nonwovens for cleaning cloths were taken into account for the comparative analysis between theoretical and experimental values of porosity. Nonwoven multi-layered webs were obtained from the same manufacturing process by subjecting the fibre mixtures to carding and then orienting the carded webs in a cross-direction by using a cross lapper to achieve different web weight ranges, and a web density range of

0.019-0.035 g/cm³. The webs were made from a mixture of polyester (PES) and viscose (CV) fibres of different content, fineness, and lengths, as follows: samples 1–3 from a mixture of 87% CV fibres (1.7 dtex linear density, 38 mm length) and 12.5% of PES fibres (4.4 dtex linear density, 50 mm length), samples 4–7 from a mixture of 60% CV fibres (1.7 dtex linear density, 38 mm length) and 40% PES fibres (3.3 dtex linear density, 60 mm length), samples 8–11 from a mixture of 30% CV fibres (3.3 dtex linear density, 50 mm length), 40% PES fibres type 1 (6.7 dtex linear density, 60 mm length) and 30% of PES fibres type 2 (4.4 dtex linear density, 50 mm length), samples 12–15 from a mixture of 70% PES fibres type 1 and 30% PES type 2. Multi-layered carded webs were further subjected to pre-needling using Dilo needle-punching machine and further two-sided needle-punching. The webs were further processed through a pair of heated Comerio calendars with different gaps between the rollers, in order to achieve further changes in fabric density and, consequently, in the volume porosity within the range of 80–92 %. The construction parameters of the nonwoven samples are collected in Table 1. Here, the theoretical porosity is calculated using Equation 5. The constructional parameters of nonwoven samples, e.g. the web area mass and thickness were measured according to ISO 9073-1 and ISO 9073-2, respectively.

Table 1: The constructional parameters of nonwovens and results of porosity measurements

No.	web mass, g/m ²	web thickness, mm	average fibre density, g/cm ³	theoretical web volume porosity, %	experimental web volume porosity, %	experimental error, %
1	143	1,202	1,387	91,4	87,5	-4,3
2	142	0,941	1,387	89,1	85,5	-4,1
3	142	0,576	1,387	82,2	74,5	-9,4
4	173	1,509	1,426	92,0	79,8	-13,2
5	201	1,558	1,426	91,0	82,0	-9,8
6	171	0,941	1,426	87,3	79,1	-9,3
7	200	1,071	1,426	86,9	82,6	-5,0
8	259	1,360	1,472	87,1	78,1	-10,3
9	259	1,261	1,472	86,0	74,5	-13,4
10	279	1,182	1,472	84,0	74,1	-11,7
11	274	1,112	1,472	83,3	73,4	-11,8
12	298	1,400	1,370	84,5	81,2	-3,9
13	304	1,266	1,370	82,5	79,9	-3,1
14	352	1,347	1,370	80,9	75,5	-6,7
15	343	1,235	1,370	79,7	80,4	0,8
					<i>mean error, %</i>	<i>7,8</i>

Porosity was measured with a low pressure mercury porosimeter Pascal 140 suitable for measuring the porosity in macro- and ultramicro porous materials. The mercury intrusion technique is based on the principle that non-wetting liquid (mercury) coming in contact with a solid porous material cannot be spontaneously absorbed by the pores of the solid itself because of the surface tension, but can be forced by applying an external pressure (up to 400 kPa). The required pressure depends on the pore size and this relation is commonly known as Washburn equation. By measuring the volume of mercury that intrudes into the nonwovens with each pressure change, the volume of pores in the corresponding size class is known. The volume of mercury that enters pores is measured by an electrical capacitance dilatometer, which is constructed of glass (an insulator) and filled with mercury (a conductor). The distribution of pore size, the total porosity and the specific pore volume can be obtained from the relationship between the pressure necessary for penetration (the pore dimension) and the volume of penetrated mercury (pore volume). There are some main assumptions necessary when applying the Washburn equation: pores are assumed to be of a cylindrical shape and the sample is pressure stable.

The comparison analysis between the experimental and theoretical results was used to judge the applicability of mercury intrusion porosimetry for nonwoven fabrics. The statistical parameter, e.g. mean experimental error was used and calculated by using the following expression:

$$\text{experimental error (\%)} = (\text{experimental value} - \text{theoretical value}) \times 100 / \text{theoretical value} \quad (6)$$

3. Results and Discussion

The results of total porosity measurements of nonwoven samples are collected in Table 1. By a comparison of the theoretical and experimental values of porosity following conclusions can be made: a) the experimental values of porosity are lower in comparison with the theoretical ones by all samples, except by sample No. 15. This is due to the fact that with mercury intrusion porosimetry only through pores are detectable. The structure of porous nonwoven fabric may also consist of closed and blind pores, which increase the overall porosity of the material; b) the experimental value of porosity for the sample No. 15 is slightly higher compared to the theoretical one. This phenomenon could be the consequence of the folded sample. While the sample undergoes a compression effect during pressurization, the instrument interprets such fold as a presence of pore thus resulting in a higher porosity value; c) the minimum, maximum and mean experimental error of nonwoven porosity are 3,1 % (if we exclude sample No. 15), 13,4 %, and 7,8 %, respectively. While all experimental errors are below the 15 %, we can conclude that the method of mercury intrusion porosity is suitable method for this type of nonwovens, even if they are compressible. Obviously, the pressure involved by mercury porosimetry is not so high to deform the samples so the measured values of porosity are realistic enough for in this research involved nonwoven fabrics.

4. Conclusion

Performance of nonwoven products as porous materials strongly depends on their porosity structure. There are several testing methods of porosity measurement (geometrical methods, liquid intrusion methods, liquid extrusion methods, air permeability methods, etc.) and the relevant parameters (pore size, pore size distribution, the average hydraulic pore diameter, volume porosity, open porosity, volume as a function of the air pressure, etc.) describing porosity structure of the textile material. Mercury intrusion porosimetry is one of the well-known techniques that are widely used for pore structure measurement by forcing mercury to penetrate inside the open pores. While a definite pressure is needed, this method is only suitable for material which is pressure stable. The purpose of our research was to analyse if mercury porosimetry is suitable method for one type of nonwoven fabrics, e.g. dry-laid webs bonded with needling and calendaring. The results show that mean experimental error of nonwoven porosity was 7,8 %. Thus, even then pressure is applying, the possible compressional deformation of the nonwoven material is not too big to destroy porosity structure. The mercury porosimetry can be successfully used as a method to determine porosity of dry-laid nonwovens.

Literature

- [1] Mohammadi, M., Banks-Lee, P., Ghadimi, P., Determining Effective Thermal Conductivity of Multilayered Nonwoven Fabrics, *Textile Research Journal*, **73**, 802-808 (2003)
- [2] Mohammadi, M., Banks-Lee, P., Ghadimi, P., Air Permeability of Multilayer Needle Punched Nonwoven Fabrics: Theoretical Model, *Journal of Industrial Textiles*, **32 (1)**, 45-13 (2002)
- [3] Chen, X. et al., Study of the Influence of Fiber Diameter and Fiber Blending on Liquid Absorption Inside Nonwoven Structures, *Textile Research Journal*, **79**, 11364-1370 (2009)
- [4] Nagy, V., Vas, L.M., Pore Characteristics Determination with mercury Porosimetry in Polyester Staple Yarns, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, **13**, 21-26 (2005)
- [5] Pan, N., Gibson, P., Thermal and moisture transport in fibrous materials, Woodhead Publishing Limited and CRS Press LLC, Cambridge, 2006
- [6] Shoshani, Y., Yakubov, Y., A Model for Calculating the Noise Absorption Capacity of Nonwoven Fiber Webs, *Textile Research Journal*, **69(7)**, 519-526 (1999)
- [7] Jena, A., Gupta, K., Use of multiple test techniques for evaluation of complex pore structure, *Proceedings of the 15th Annual Technical Conference: Advances in Filtration and Separation Technology* American Filtration and Separations Society, Galveston, Texas, May 9–12 (2002)

FIZIKALNO-MEHANIČKA I FIZIOLOŠKA SVOJSTVA MASKIRNIH TKANINA

PHYSICAL-MECHANICAL AND PHYSIOLOGICAL PROPERTIES OF CAMOUFLAGE WOVEN FABRICS

Ivana GUDLIN SCHWARZ; Ivana KOS & Stana KOVAČEVIĆ

Sažetak: U ovom radu prikazane su osnovne karakteristike tkanina za maskirnu odjeću koje se koriste u vojne svrhe. Ispitana su fizikalno-mehanička svojstva kao i iznimno važna fiziološka svojstva tkanina. Utjecaj različitih konstrukcijskih parametara ispitivanih tkanina te naknadna obrada utječe na njihova fizikalno-mehanička i fiziološka svojstva. Ono što je također od iznimne važnosti za ovakve tkanine je postojanost obojenja na habanje, tako da su ispitani utjecaji habanja na tonove boja maskirnih tkanina, koji upućuju na različitu postojanost određenih boja na tkanini, kao i razlike postojanosti između ispitivanih tkanina.

Abstract: This paper describes the basic woven fabric characteristics for camouflage clothing for military purposes. The physical and mechanical properties as well as extremely important physiological properties of the woven fabrics were tested. The influence of different structural parameters of tested woven fabrics and their after treatment processing affects their physical-mechanical and physiological properties. What is also of utmost importance for such a Fabric color fastness to wear is also a parameter of great importance. Therefore, the influence of abrasion on color shades of camouflage woven fabric were tested, which indicates different resistance of certain colors on fabric, as well as the color stability difference between the tested fabric.

Ključne riječi: maskirne tkanine, vojna i zaštitna odjeća, fizikalno-mehanička i fiziološka svojstva

Keywords: camouflage woven fabrics, military and protective clothing, physical-mechanical and physiological properties

1. Uvod

Zahtjevi postavljeni na tekstilni materijal u vidu zaštite pojedinaca u životno kritičnim situacijama, u smislu zaštite od različitih uvjeta okoline i bojnih prijetnji, rezultiraju ulaganjima značajnih financijskih sredstava za razvoj naprednih materijala, odnosno tehničkog tekstila za vojnu uporabu. Tkanine za vojnu odjeću moraju zadovoljavati brojne zahtjeve te je od presudne važnosti da odjeća i pripadajuća oprema bude lagana, kompaktna, trajna, postojana te visokih performansi. Glavni funkcionalni kriterij koje tkanine za vojne svrhe trebaju ispunjavati, uključuju fizikalne i kamuflažne zahtjeve, razne otpornosti na uvjete okoline, vodu, vjetar, vatru, toplinu, specifične bojišne prijetnje te ekonomske uvjete. Osim što se svojim nepravilnim rasporedom boja tiskanih na licu tkanine uklapaju u okolinu, one imaju zadatak i da štite tijelo od različitih vremenskih uvjeta okoline. Stoga su ove tkanine često površinski dorađene za otpornost na UV, vodu, vatru, toplinu, vjetar, a vrlo je važno da pritom ostaju relativno lagane [1, 2].

Svojstva udobnosti materijala se uvelike očituju u psihološkim faktorima, koji mogu uzrokovati psihološku neudobnost koja interferira s motivacijom i spremnosti za izvođenje visoko rizičnih zadataka. Stoga su na ovakve tkanine postavljeni zahtjevi za ugodnost i fleksibilnost koja će omogućiti dobru pokretljivost i psihičku stabilnost vojnika. Time je poželjno da su tkanine izrađene iz prirodnih vlakana, da su lagane, postojane, izdržljive i otporne na vanjske uvjete. S obzirom da je teško izraditi tkaninu koja bi istovremeno ispunila sve navedene zahtjeve, one se izrađuju od kombinacije prirodnih i umjetnih vlakana, čime je moguće ispuniti gotovo sve zahtjeve koje se pred njih stavljaju. Jedno od najistaknutijih svojstva udobnosti za vojnu odjeću je svojstvo toplinske udobnosti, koja je usko vezana sa promjenama u fiziološkim varijablama, kao što su koža i temperatura. Funkcija varijabli okoliša, npr. temperature, vlage i brzine vjetra, izrazito je važna za svojstva odjeće u smislu vodonepropusnosti i propusnosti vodene pare tkanine. Zaštitna odjeća sa malom otpornošću na propusnost vodene pare može uzrokovati toplinski stres i nastanak velike količine znojenja, ometajući vizualna, kognitivna, fizička i psihička svojstva [3].

Cilj kamuflažnih svojstava vojnih maskirnih tkanina je razbiti siluetu ljudskog tijela ili vojnog objekta pomoću tiskanih uzoraka s bojama iz njihove neposredne okoline, a u svrhu postizanja neprimjetnosti. Konstantnom

upotrebom dolazi do habanja tekstilnog materijala čime se i površinski sloj uništava, a time dolazi do postepenog gubitka svojstava neophodnih za primjenu ovakvih tkanina u stvarnim uvjetima okoline [4, 5].

2. Eksperimentalni dio

Većina tkanina koje se koriste za vojnu namjenu otkana je u jednostavnim vezovima i to: platno, keper, atlas, rips, panama te njihovih kombinacija. U analizi tkanina za vojnu maskirnu odjeću korištena su tri uzoraka tvrtke Čateks: uzorak tkanine A otkan u kombinaciji platno i rips veza, uzorak B u 5-veznom atlasu, a uzorak C u keperu 2/2. Uzorci tkanina su otkani na ekscentarskom zračno-mlaznom tkalačkom stroju. Nakon procesa tkanja proveden je postupak bojadisanja tkanina reduktivnim bojilima, nakon čega se iste doraduju sa raznim zaštitnim obradama: vodonepropustnost, vodoodbojnost, uljeodbojnost, odbojnost na infra-crvenu svjetlost, UV zračenja, na toplinu, gorenje, prljanje, antistatička obrada i dr.

Za ispitivanje uzoraka korištene su standardizirane metode. Određivanje gustoće tkanine, odnosno broja niti na jedinici duljine vršeno je prema normi EN 1049-2:1993, a određivanje mase po jedinici površine prema normi ISO 3801:1977 (Tab.1). Prekidna sila i prekidno istezanje tkanine ispitano je na dinamometru Statimat M tt. Textechno, prema normi ISO 13934-1:1999 (Sl.1).

Jedno od značajnijih svojstava tehničkog tekstila za vojne svrhe je otpornost materijala na provodnost topline i mogućnost slobodnog prolaza vodene pare, odnosno znoja kroz materijal. Suvremene laboratorijske metode omogućuju mjerenje propusnosti topline i vodene pare kroz materijal, odnosno otpornosti materijala na propusnost vodene pare, pomoću mjernog uređaja Sweating Guarded Hotplate, proizvođača MTNW, SAD, ili takozvane „vruće ploče“. Test se provodi u skladu s normom ISO 11092:1993. Rezultati provedenih ispitivanja prikazani su na slici 2.

Također, jedan od vrlo važnih pokazatelja kvalitete tekstilnog materijala te vrijednosti gotovog proizvoda je njegova uporabna postojanost. Za tekstilni materijal koji ima primjenu u vojne svrhe od iznimne je važnosti otpornost materijala na habanje. Za ispitivanje otpornosti na habanje plošnih proizvoda korištena je metoda po Martindaleu prema normi ISO 12947-3:1998 - određivanje gubitka mase. Ispitivanje se vršilo prema unaprijed određenim intervalima za određivanje gubitka mase, odnosno u šest intervala (10000, 20000, 30000, 40000, 50000 i 60000 ciklusa habanja). Gubitci mase izračunati su za sve uzorke prema šest intervala, a rezultati su prikazani na slici 3.

Kvaliteta vojne maskirne tkanine ovisi o postojanosti boja na različite utjecaje kojima je taj tekstilni materijal izložen. Uz postojanost obojenja na svjetlost, toplinu i vodu, vrlo je važna i postojanost obojenja na habanje. Kod ocjenjivanja postojanosti obojenja na habanje vrši se ocjenjivanje promjene tona boje koji je nakon uporabe različit od prvobitnog. Ocjenjivanje se vrši instrumentalnom metodom (koja je vrlo jednostavna i objektivna, a rezultati su pouzdani) sa remisijskim spektrofotometrom, Datacolor, Spectraflask SF 600 PLUS-CT, a rezultati su prikazani u CIELab sustavu na slici 4 [6-9].

3. Rezultati

Proizvodni i konstrukcijski parametri, bojenje tehnikom tiska te kemijska dorada maskirnih tkanina utječu na njihova fizikalno-mehanička svojstva i na ispunjavanje brojnih i visoko postavljenih zahtjeva na takve tkanine višestruke namjene u odjeći, maskiranju vojnika i vojničke opreme.

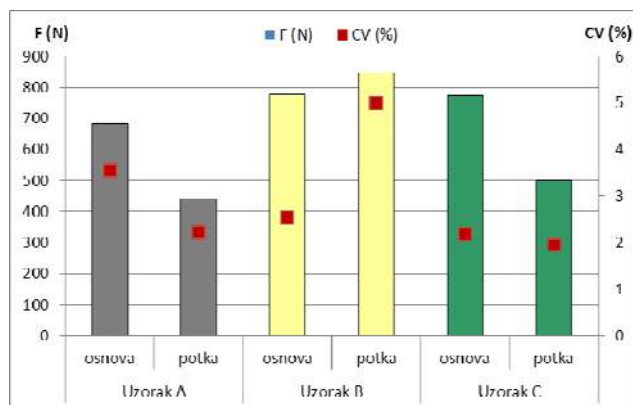
Osnovni parametri ispitivanih tkanina prikazani su u tablici 1, a rezultati ispitivanja prekidnih svojstava (prekidna sila i prekidno istezanje) prikazani su na slici 1.

Tablica 1: Osnovni parametri tkanina

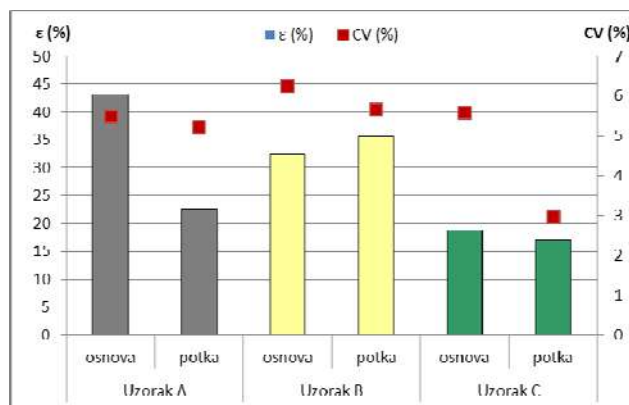
Svojstva tkanine	Uzorak A	Uzorak B	Uzorak C
Vež	Platno + rips	5-vezni atlas	Keper 2/2
Š _{tk} (cm)	159	159	149
m (g/m ²)	220	280	250
d (mm)	0,436	0,557	0,439

Svojstva tkanine	Uzorak A		Uzorak B		Uzorak C	
	osnova	potka	osnova	potka	osnova	potka
Sirovinski sastav	PA6.6/pamuk 50/50	PA6.6/pamuk 50/50	PA6.6/pamuk 50/50	PA6.6/pamuk 50/50	PES/pamuk 50/50	PES/pamuk 50/50
g (niti/cm)	36	20,7	46,7	29,1	36,2	21
Tt (tex)	17x2	40	30	50	20x2	20x2

S_{tk} - širina tkanine, m - masa tkanine, d - debljina tkanine, g - gustoća tkanine, Tt - finoća pređe



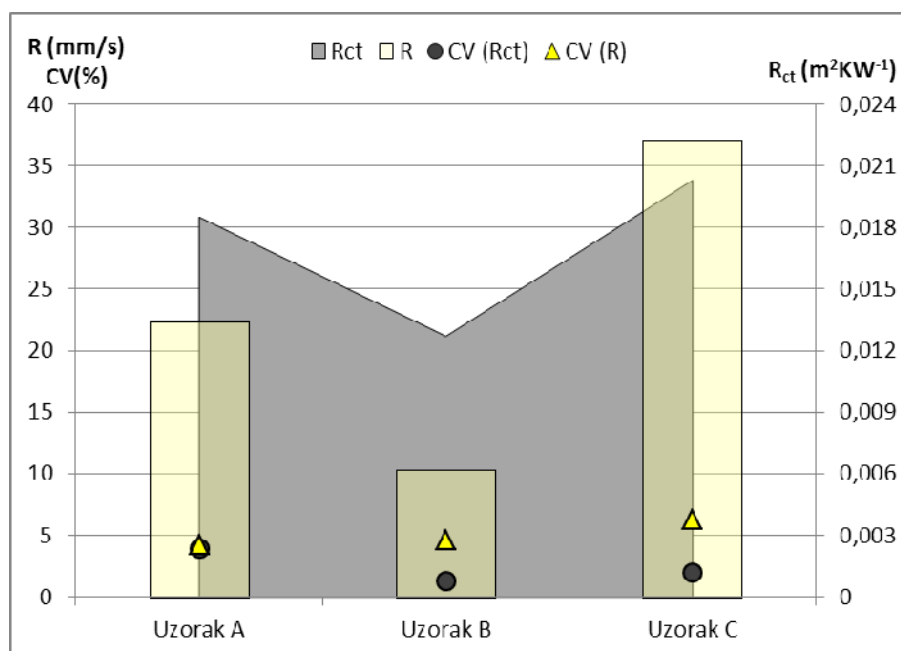
a) Prekidne sile



b) Prekidna istežanja

Slika 1: Prekidna svojstva ispitivanih uzoraka

Svojstvo otpornosti materijala na provodnost topline za vanjsku odjeću je vrlo važno, osobito u hladnim zimskim te ljetnim vrućim danima. Rezultati ispitivanih uzoraka (Sl. 2) pokazuju da najveći otpor na toplinu ima uzorak C ($0,0203 \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$) koji je otkan od končane pređe u osnovi i potki. Uzorak B ($0,0127 \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$) ima najmanji otpor topline što je i za očekivati jer otkan od jednonitne pređe u osnovi i potki koja je otvorenija i lakše propušta toplinu, a k tomu je još otkan i u atlas vezu čija je karakteristika veće flotiranje niti (nego što je to kod platna, ripsa ili keper veza) koje dopušta veću provodnost topline. Otpornost na propusnost zraka prati tijekom otpornosti na provodnost topline po uzorcima. Uzorak C ima najveći otpor propusnosti zraka ($36,972 \text{ mm/s}$), dok uzorak B ima najmanji ($10,220 \text{ mm/s}$).

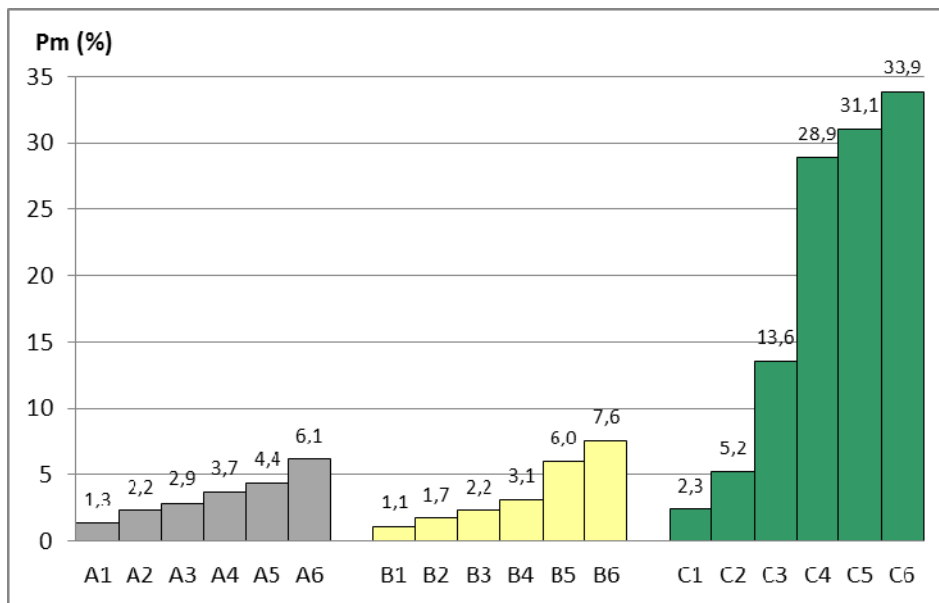


Slika 2: Otpornost materijala na provodnost topline i zraka

Rezultati provedenih ispitivanja otpornosti na habanje iskazuje se pomoću gubitka mase nakon svakog pojedinog intervala, odnosno nakon određenog broja ciklusa (Sl. 3). Kod uzorka A je vidljiv linearni gubitak mase ispitivanih uzoraka, za prosječnih $0,8\%$ po svakom novom intervalu, do kojeg dolazi postepenim

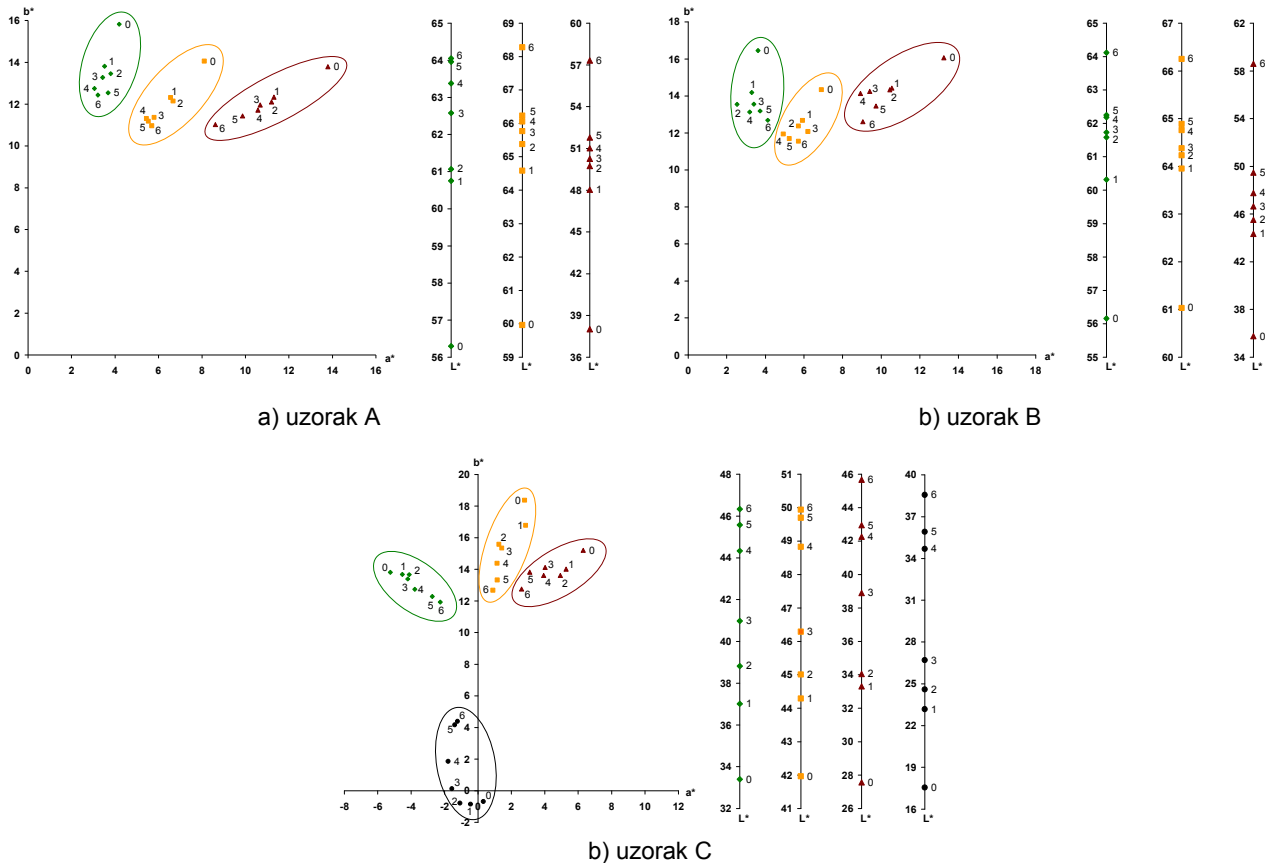
povećanjem broja ciklusa, sve do intervala 6, gdje se u odnosu na dotadašnji prosječni gubitak bilježi gotovo dvostruko veći gubitak mase, odnosno tu dolazi do pojave rupice na uzorku. Uzorak B bilježi gubitak mase kod svakog pojedinog intervala za prosječnih 0,7% do intervala 4, nakon čega se bilježi značajniji pad mase za dodatnih 2,9% do intervala 5, odnosno novih 1,6% do intervala 6, što nam ponovo ukazuje na pojavu rupice na materijalu. Uzorak C bilježi najveće gubitke mase po intervalima, odnosno ukazuje na najveća razaranja materijala. Do intervala 2 gubitak mase se poveća za 2,8% u odnosu na interval 1, do intervala 3 za novih 8,4%, a do intervala 4 za dodatnih 15,3%, nakon čega dolazi do potpunog razaranja površine materijala, te se i daljnji gubitak mase povećava za tek 2,5% do intervala 5, odnosno intervala 6. Iz navedenog je moguće zaključiti da uzorak C pokazuje najmanju otpornost na habanje, gdje već nakon intervala 2, odnosno 20000 ciklusa habanja dolazi do pojave rupice na tkanini, a do intervala 4, odnosno 40000 ciklusa do potpunog razaranja materijala. Parametri dobiveni ispitivanjem uzorka B ukazuju na pojavu rupice kod intervala 5, odnosno 50000 ciklusa habanja, što je mnogo bolje u odnosu na uzorak C, te se može zaključiti da je otpornost na habanje uzorka B značajno veća. Ipak, najbolje rezultate otpornosti na habanje, u smislu najmanjih gubitaka mase i najkasnije pojave rupice pokazuje uzorak A, tek kod intervala 6, odnosno 60000 ciklusa habanja.

Na otpornost na habanje materijala utječu mnogi parametri: sirovinski sastav, finoća i čvrstoća pređe, gustoća tkanine te vez u kojem je tkanina istkana. Uzorci ispitivanih pređa sastavljeni su od mješavine prirodnih i sintetskih vlakana (pamuk i PA 6.6, odnosno PES, u omjeru 50/50), kako bi se zadovoljio široki raspon zahtjeva koji se pred ovakve materijale stavljaju, od ugodnosti, fleksibilnosti koje je moguće ostvariti prirodnim vlaknima, do izdržljivosti i otpornosti koje je moguće ispuniti sintetskim vlaknima. Iako su PA 6.6 i PES po svojim karakteristikama vrlo slična vlakna, ipak postoji razlika koja (kako vidimo iz dobivenih rezultata ispitivanja) bitno utječe na svojstva pređa, ali i gotovih tkanina. Standardne vrijednosti čvrstoće navedenih vlakana kreću se od 25-55 cN/tex za PES, te od 30-68 cN/tex za PA 6.6. Ta se razlika može povezati i sa otpornosti tkanine na habanje, gdje uzorak C, sastavljen od pređe pamuk/PES, bilježi najveće gubitke mase i najveća razaranja na materijalu. Uz tu su pojavu, osim sirovinskog sastava pređe, vezani i drugi neki drugi konstrukcijski parametri tkanine. Uzorci A i B, koji su sastavljeni od pređa jednakih mješavina pamuk/PA 6.6, usprkos razlikama u finoći pređa, gustoći tkanina, površinskoj masi i vezu (Tab.1), daju vrlo slične rezultate otpornosti na habanje, u odnosu na uzorak C (Sl.3), što se može objasniti upravo sirovinskim sastavom pređa od kojih su tkanine izgrađene, odnosno čvršćim PA 6.6 vlaknom. S druge strane razlike koje se javljaju u svojstvu otpornosti na habanje, odnosno u gubitku mase, između uzorka A i B, objašnjavaju se drugim konstrukcijskim parametrima. Tako usprkos većoj gustoći tkanine, većoj površinskoj masi (Tab.1), ali i većoj čvrstoći uzorka B (Sl.1), on bilježi manju otpornost na habanje, odnosno veće gubitke mase te raniju pojavu razaranja nakon manjeg broja ciklusa habanja, nego što je to slučaj kod uzorka A. Za ovu pojavu razlog možemo tražiti u vezu kojim su ove tkanine istkane, što daje prednost uzorku A koji je konstruiran u kombinaciji platno veza i ripsa, gdje je platno karakteristično po svojoj zbijenoj i gustoj strukturi, sa najčešćim izmjenama osnovinih i potkinih veznih točaka.



Slika 3: Prikaz gubitka mase ispitivanih uzoraka (Pm) prema šest intervala gdje je: 1 - 10000, 2 - 20000, 3 - 30000, 4 - 40000, 5 - 50000, 6 - 60000 ciklusa habanja

Habanje uvelike utječe na kvalitetu obojenog uzorka te se vrednuje ocjenom postojanosti obojenja. Utjecaj habanja uzoraka na tonove boja koje su prisutne na ispitivanim uzorcima, prikazan je u CIELab sustavu koji je najprihvatljiviji za brojčano vrednovanje boja. Prikazom u koordinatnom sustavu a^*/b^* , dobiven se položaj boja i zasićenost (kromatičnost) pojedinog tona na svakom nivou svjetline (L^*). Što je položaj mjereno uzorka u CIELab* a^*b^* dijagramu udaljeniji od središnje točke akromatičnosti, to je boja zasićenija, odnosno čišća. Na temelju navedenog, iz dijagrama prikazanih na slici 4. lako se mogu vidjeti promjene zasićenosti i svjetline tona određene boje uzrokovane određenim brojem ciklusa habanja. Kod svih ispitivanih uzoraka, nehabani uzorci su najudaljeniji od točke akromatičnosti, što znači da su tu tonovi boje najzasićeniji, što je i bilo za očekivati. Postupkom habanja i postupnim povećanjem broja ciklusa habanja (10000, 20000,...), vrijednosti na grafovima se približavaju točki akromatičnosti, što znači da se kromatičnost (zasićenost pojedinim tonom) postepeno smanjuje, dok se svjetlina tona povećava. Sve te promjene bitno utječu na kvalitetu same tkanine u smislu postojanosti obojenja.



Slika 4: Prikaz promjene tona boje na uzorcima A, B i C uzrokovane habanjem gdje su: zelene oznake - zelena boja na uzorku, bež oznake - bež boja na uzorku, smeđe oznake - smeđa boja na uzorku, crne oznake - crna boja na uzorku; 0 - ne habani uzorak, 1 - uzorak nakon 10000, 2 - uzorak nakon 20000, 3 - uzorak nakon 30000, 4 - uzorak nakon 40000, 5 - uzorak nakon 50000, 6 - uzorak nakon 60000 ciklusa habanja

4. Zaključak

Na temelju provedenih ispitivanja, usporedbom prikazanih rezultata i provedene rasprave mogu se dati sljedeći zaključci.

Tkanine koje se koriste za kamuflažnu primjenu najčešće se tkaju na ekscentarskim tkalačkim strojevima u jednostavnim temeljnim vezovima do osam raznovozujućih osnovinih i potkinih niti, najčešće iz končanih pamučnih pređa ili u mješavini sa umjetnim vlaknima, u relativno velikoj gustoći. Time se dobiva čvrsta i kompaktna tkanina s jednoličnom površinom pogodnom za nanošenje boja i drugih sredstava za postizanje svojstava koja zadovoljavaju visoko postavljene zahtjeve.

Uporabna vrijednost maskirnih tkanina, odnosno tkanina za kamuflažu ovisi o fizikalno-mehaničkim, ali i fiziološkim svojstvima tkanine, osobito ako je primjena tih tkanina za odjeću u različitim vremenskim uvjetima. Stoga sa na tkanine nanose razna sredstva koja omogućuju prolazak zraka i znoja, a onemogućuju prolazak vodene pare i vode. Gubitak mase materijala, odnosno otpornost materijala na habanje najčešće je

najslabija karika u upotrebi ovih tkanina. Prve deformacije javljaju se na mjestima gdje su prisutna najjača habanja, a to su pregibna mjesta. Također, deformacije se iskazuju u gubitku postojanosti obojenja na habanje promjenom tonova boja. Danas se ovakve tkanine sve više laminiraju sa nanopur nanosima na naličju, koji poboljšavaju fizikalno-mehanička i fiziološka svojstva kompozitnog materijala.

Literatura

- [1] Horvat-Varga, S.: Utjecaj tehnoloških parametara u procesu visokofrekventnog spajanja odjeće, Magistarski rad, Tekstilno-tehnološki fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, 2009.
- [2] Tehnički podaci tekstilne tvornice Čateks d.d., Čakovec
- [3] Mijović, B.; Skenderi, Z. & Salopek, I.: Comparison of Subjective and Objective Measurement of Sweat Transfer Rate, *Collegium antropologicum*, 33 (2009) 2; 315-320
- [4] Kovačević, S. & Pruss, A.: Utjecaj dinamičkih naprezanja u tkanju na smanjenje prekidne sile i otpornosti na habvanje osnovinih niti, *Tekstil*, 49 (2000) 9, 473-477
- [5] Kovačević, S. & Strmečki, V.: Nove tehnologije i novi proizvodi u području tkanja, *Tekstil*, 49 (2000) 1, 21-28
- [6] Parac-Osterman, Đ. & Joanelli, M.: Računalno određivanje razlike u boji i tolerancije u tekstilu, *Tekstil*, 53 (2004) 1; 10-17
- [7] Glogar, M.I.: Boja - umjetnost ili znanost, *Moć boja - kako su boje osvojile svijet*, Brenko A., Randić M., (ur.) Zagreb: Etnografski muzej, Zagreb, 2009 (monografski katalog). Str. 153-155.
- [8] Đurašević, V.; Sutlović, A. & Glogar, M.I.: Bojadisanje i tisak 21. stoljeća, *Tekstil*, 57 (2008) 12, 662-666

UTJECAJ MJEŠAVINE PET VLAKANA I DUBINE IGLANJA NA PREKIDNU SILU I ISTEZANJE NETKANOG GEOTEKSTILA

INFLUENCE OF PET FIBER BLENDS AND NEEDLE PENETRATION DEPTH ON BREAKING FORCE AND ELONGATION OF NONWOVEN GEOTEXTILE

Dragana KOPITAR; Zenun SKENDERI & Mladen RAMLJAK

Sažetak: Uzorci netkanog geotekstila su izrađeni mehaničkim postupkom na grebenaljci od mješavine dviju vrsta PET vlakana. Vlakna se međusobno razlikuju po finoći i dužini vlakna. Učvršćenje runa je procesom iglanja sa različitim dubinama iglanja. Istražen je utjecaj mješavine vlakana i dubine iglanja na prekidnu silu i prekidno istezanje netkanog tekstila namijenjenog za cestogradnju. Porastom udjela dužih i finijih vlakana raste i prosječna prekidna sila u oba smjera proizvodnje. Također je vidljiv i veći porast prekidne sile u poprečnom smjeru proizvodnje.

Abstract: Samples were prepared by a mechanical process on card with mixture of two types of polyester fibers. Fibers differ from each other in fineness and length. Web bonding was with needling process with different depths of needles penetration. The influence of fibers mixture and needle depth penetration on breaking load and elongation of nonwoven geotextile with application in road construction was investigated. Increase of longer and finer fibers proportion increases the average breaking force in cross direction of production.

Ključne riječi: PET vlakna, mješavina, netkani geotekstil, rastezna svojstva, dubina iglanja

Keywords: PET fibres, blends, nonwoven geotextiles, tensile properties, needle punched depth

1. Uvod

Netkani geotekstil sve više zamjenjuju konvencionalne građevinske materijale radi svojih svojstava, uporabne vrijednosti i niske cijene. U građevinarstvu se netkani geotekstil primjenjuje pri izradi cesta, mostova, tunela, željeznica, deponija za otpad, sportskih objekata, luka, hidrotehničkih građevina itd [1, 2]. Zajedničko svim geotekstilima je njihova upotreba u kontaktu sa tlom, zemljom ili kamenjem gdje je bitan nedostatak tla kao podloge ili kao materijala za izgradnju ograničena apsorpcija vlačnih i smičnih sila [3]. Tlo se lako deformira pod djelovanjem slivnih voda, te se radi nedovoljne strukturne stabilnosti mijenja pod utjecajem hidraulične i/ili dinamičke sile. Najvažnije funkcije geotekstila su odvajanje/separacija dva sloja tla različite distribucije veličine čestica, pojačavanje tla, filtriranje i dreniranje. Svojstva i strukture koju netkani geotekstil treba imati su stabilna i jednolična struktura, što manja debljina i površinska masa, visoka čvrstoća i istezanje, poroznost i vodopropusnost. Različita namjena zahtjeva manje ili više izraženo pojedino svojstvo i strukturu [4].

Geotekstil od prirodnih vlakana može se koristiti za privremenu upotrebu, radi primjerice sprečavanja erozije tla. Istovremeno uz prevenciju erozije tla raste i vegetacija, a kada geotekstil postigne svoj cilj počinje se postupno raspadati [4]. Umjetna vlakna preferiraju se kod dugotrajne primjena geotekstila, gdje su fizikalna i kemijska trajnost te dimenzijska stabilnost od primarne važnosti. Za tu namjenu prikladna se smatraju umjetna vlakna kao primjerice polipropilenska vlakna, poliesterska vlakna, polietilenska vlakna, polivinilkloridna vlakna, poliamidna vlakna i aramidna vlakna. Češće se koriste polipropilenska i poliesterska vlakna [4]. Na tržištu su dostupna i druga vlakna koja proizvodima daju visoko vrijedna svojstva, međutim geotekstil se proizvodi u velikim količinama pa se kod odabira vlakna mora uzeti u obzir dostupnost i cijena vlakna.

Tehnologija proizvodnje netkanog tekstila dijeli se na četiri proizvodne faze: priprema vlakana, oblikovanje runa, učvršćenje runa i dorada netkanog tekstila [5]. Prva faza pripreme vlakana sastoji se od više strojeva i sustava; otvarača bala, mješača i jedinice za snabdijevanje različitim izvedbi. Grebenaljka sa valjcima čini fazu oblikovanja runa. Koprena sa grebenaljke vodi se na križni polagač na kojem se vrši višestruko križno polaganje koprene na odvodnu traku okomito postavljenu na pravac koprene [5]. Učvršćenje runa vrši se mehaničkim putem, prediglanjem i iglanjem

2. Eksperimentalni dio

Uzorci su izrađeni od dvije vrste PET vlakana različite finoće i dužine. Vlakna oznake "A" su finoće 3,3 dtex i dužine vlakna 80 mm, dok su vlakna oznake B finoće 4,0 dtex dužine vlakna 60 mm. Dakle, vlakna oznake A imaju veću finoću za 0,7 dtex i veću dužinu vlakna za 20 mm od vlakana oznake B. Vlakna oznake "B" imaju veće rasipanje finoće. Iz obje vrste PET vlakana sastavljene su mješavine oznaka prikazanih u tablici 1:

Tablica 1: Specifikacija mješavina uzoraka i njihove oznake

Naziv uzorka	Mješavina
Uzorak 1	0% A/100 %B
Uzorak 2	25% A / 75% B
Uzorak 3	50% A / 50% B
Uzorak 4	75% A / 25% B /
Uzorak 5	100% A

Istraženi uzorci proizvedeni su mehaničkim postupkom na grebenalji (tvrtke Thibeu), sa polaganjem runa na polagaču (tt. Interplastika, model FA 800 TD), prediglanjem (tt. Dilo model POD/50), iglanjem (tt. Dilo model OD/U/45) i namatanjem netkanog geotekstila [6].

Tablica 2: Glavni proizvodni parametri

Brzina penjera, m/min	25
Broj položenih slojeva koprene	12
Proizvodna brzina netkanog geotekstila, m/min	2,1
Nominalna površinska masa netkanog geotekstila, g/m ¹	300
Radna širina, mm	4000
Oznake igala (tt. Singer) prediglanje iglanje	15×17×36×4 MB 22 15×18×36×3,5 CT17
Gustoća iglanja (u/1 cm ²)	155
Dubina iglanja (Dp), mm	13, 14, 15, 16, 17

Uzorci su učvršćeni sa pet različitih dubina iglanja (dubina penetracije igala, Dp, tab. 2). Dp je dužina između gornje površine ubodne ploče i vrha igala. Ispitana su rastezna svojstva netkanog geotekstila prema normi DIN 53 857 [7], i to 5 mjerenja u smjeru proizvodnje i 5 mjerenja suprotnog smjera proizvodnje za svaki uzorak.

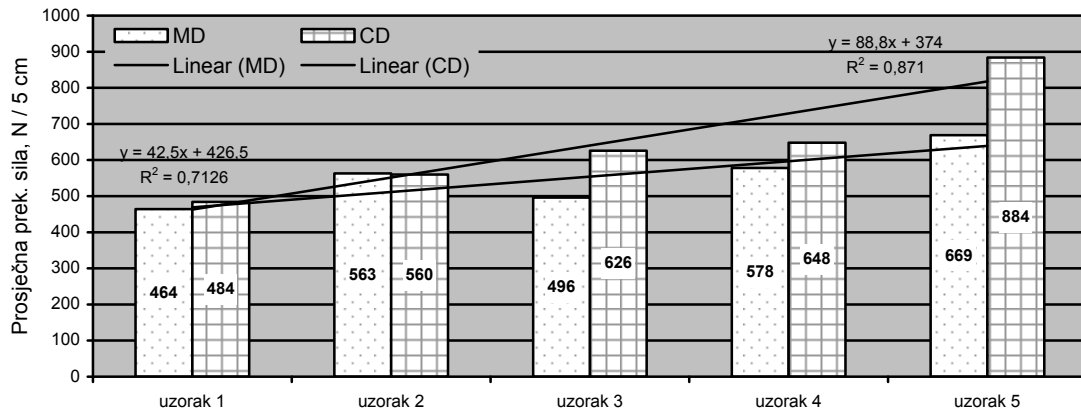
3. Rezultati

Rezultati ispitivanja rasteznih svojstava u smjeru proizvodnje i suprotnog smjera proizvodnje dati su u tablicama 3 i 4 te prikazani na slikama 1, 2, 3 i 4.

Tablica 3: Rezultati ispitivanja prekidne sile netkanog geotekstila učvršćenog različitim dubinama iglanja

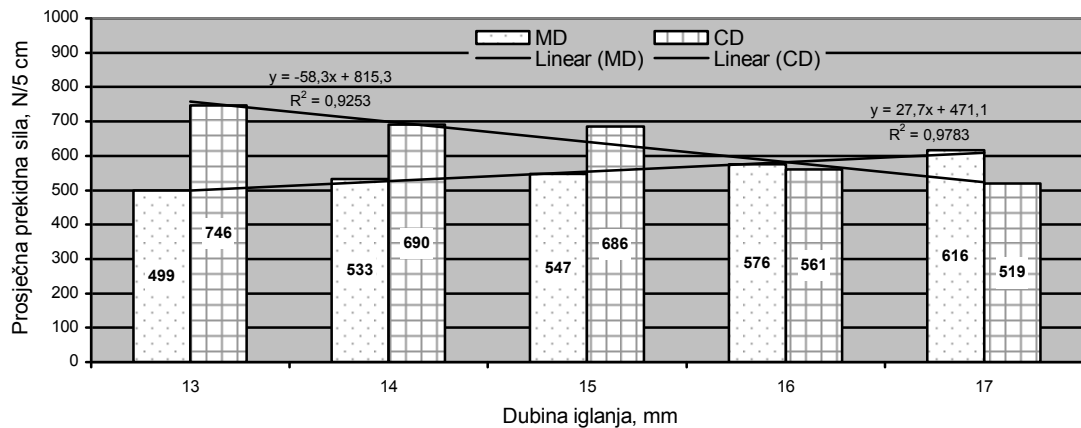
Dubina iglanja, mm	13	14	15	16	17	Srednja vrijednost	13	14	15	16	17	Srednja vrijednost
Uzorak	Prek. sila u uzdužnom smj. (MD), N/5cm						Prek. sila u poprečnom smjeru (CD), N/5cm					
1	476	420	383	491	551	464	566	544	423	462	423	484
2	479	533	567	574	664	563	677	650	529	427	517	560
3	485	482	531	478	504	496	768	622	744	587	408	626
4	499	576	632	599	583	578	806	714	706	544	471	648
5	555	653	620	741	778	669	915	922	1027	783	775	884
Srednja vrijednost	499	533	547	576	616		746	690	686	561	519	

Na slici 1 je vidljivo da porastom udjela dužih i finijih vlakana (od uzorka 1 prema uzorku 5) raste i prosječna prekidna sila u oba smjera proizvodnje. Također je vidljiv i veći porast prekidne sile u poprečnom smjeru proizvodnje.



Slika 1: Ovisnost prosječne prekidne sile dobivene od svih dubina iglanja o mješavini vlakana netkanog geotekstila

Slika 2 prikazuje ovisnost prosječne prekidne sile u uzdužnom i poprečnom smjeru proizvodnje u ovisnosti o dubini iglanja. Vidljivo je da porastom dubine iglanja prosječna prekidna sila u uzdužnom smjeru ima tendenciju rasta, dok prosječna prekidna sila u poprečnom smjeru ima tendenciju pada.



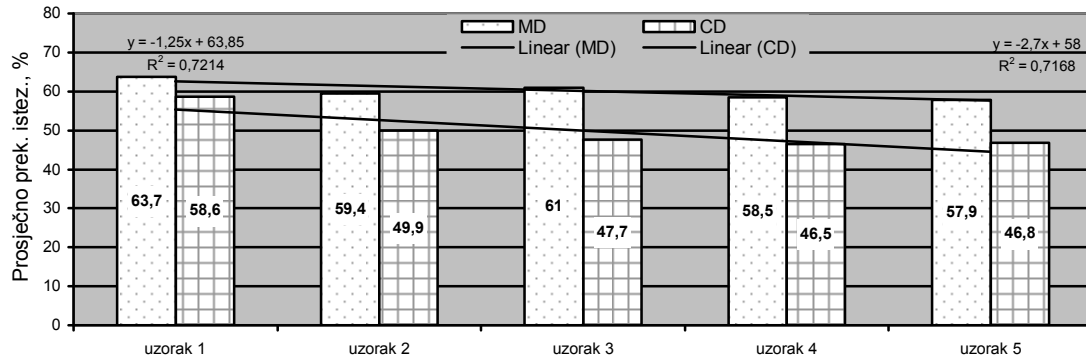
Slika 2: Ovisnost prosječne prekidne sile dobivene od svih uzoraka o dubini iglanja

Tablica 4: Rezultati ispitivanja prekidnog istežanja netkanog geotekstila učvršćenog različitim dubinama iglanja

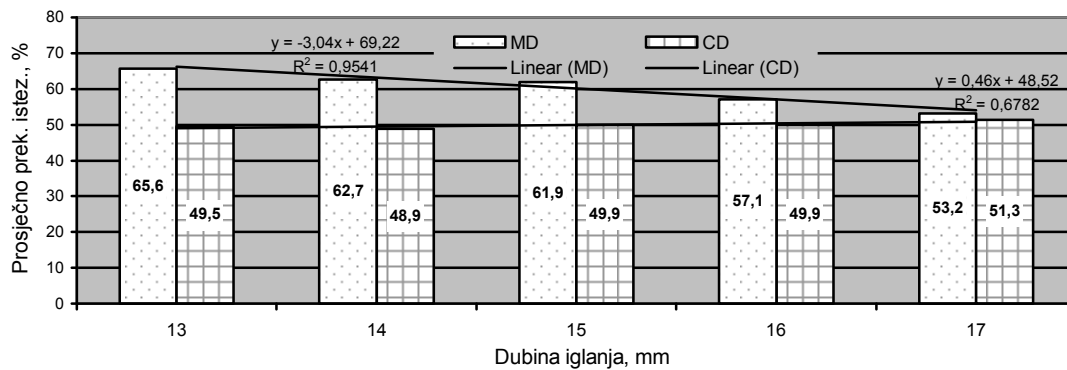
Dubina iglanja, mm	13	14	15	16	17	Srednja vrijednost	13	14	15	16	17	Srednja vrijednost	
Uzorak	Prek. istez. u uzdužnom smjeru (MD), %							Prek. istez. u poprečnom smjeru (CD), %					
1	65,5	68,4	65,4	62,7	56,3	63,7	55,4	55,6	57,2	61,5	63,3	58,6	
2	65,5	62,5	60,3	56,0	52,9	59,4	49,8	49,6	48,6	49,9	51,4	49,9	
3	69,2	61,0	64,1	58,2	52,6	61,0	47,1	45,6	48,1	47,9	49,8	47,7	
4	63,6	59,3	61,1	54,1	54,4	58,5	48,7	45,1	48,6	44,8	45,3	46,5	
5	64,1	62,3	58,5	54,5	49,9	57,9	46,3	48,8	47,1	45,3	46,6	46,8	
Srednja vrijednost	65,6	62,7	61,9	57,1	53,2		49,5	48,9	49,9	49,9	51,3		

Prosječno prekidno istežanje uzoraka ima tendenciju pada što vrijedi za oba smjera proizvodnje. Vidljiv je veći pad prosječnog prekidnog istežanja u poprečnom smjeru proizvodnje (slika 3).

Ovisnost prosječnog prekidnog istežanja u ovisnosti o dubini iglanja u oba smjera proizvodnje prikazano je na slici 4. Vidljivo je da porastom dubine iglanja prosječno prekidno istežanje u uzdužnom smjeru ima tendenciju pada, dok prosječno prekidno istežanje u poprečnom smjeru ima vrlo blagu tendenciju rasta.



Slika 3: Ovisnost prosječnog prekidnog istezanja dobivenog od svih dubina iglanja o mješavini vlakana netkanog geotekstila



Slika 4: Ovisnost prosječnog prekidnog istezanja dobivenog od svih uzoraka o dubini iglanja

4. Zaključak

- Porastom udjela dužih i finijih vlakana raste i prosječna prekidna sila u oba smjera proizvodnje, gdje je vidljiv veći porast prekidne sile u poprečnom smjeru proizvodnje.
- Porastom dubine iglanja prosječna prekidna sila u uzdužnom smjeru ima tendenciju rasta, dok u poprečnom smjeru ima tendenciju pada.
- Prosječno prekidno istezanje uzoraka ima tendenciju pada što vrijedi za oba smjera proizvodnje. Vidljiv je veći pad prosječnog prekidnog istezanja u poprečnom smjeru proizvodnje.
- Porastom dubine iglanja prosječno prekidno istezanje u uzdužnom smjeru ima tendenciju pada, dok u poprečnom smjeru ima vrlo blagu tendenciju rasta.

Literatura

- [1] Lünenschloss, J. & Albrecht, W.: Nonwoven Bonded Fabrics, Ellis Horwood Limited Publishers, UK, 1990
- [2] Höffer, D.: Netkane tekstilije, SITTH, Zagreb, 1976
- [3] Albrecht, W.; Fuchs, H. & Kittelmann, W.: Nonwoven Fabrics, WILEY-VCH, ISBN 3-527-30406-1, Weinheim, (2003)
- [4] Horrocks, A. R. & Anand, S. C.: *Handbook of Technical Textiles*, Woodhead Publishing Limited, ISBN 0-8493-1047-4, Cambridge, England, (2000)
- [5] Skenderi, Z.: Neke tehnološke novosti i svojstva tehničkog netkanog tekstila, *Tekstil*, **51** (2002.) 1, 7-13, ISSN 0492-5882
- [6] Ramljak M.; Skenderi Z. & Švaljek A.: Netkani tekstil u cestogradnji, *Tekstil* 51, (2002), 2, 78-82
- [7] DIN 53 857

Zahvala

Rad je dio istraživanja sa znanstveno-istraživačkog projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH: „Višefunkcionalni tehnički netkani i pleteni tekstil, kompoziti i pređe“, šifra: 117-0000000-2984.

ANALIZA TEMELJNE TKANINE ZA IZRADU RUČNO TAFTANIH TEPIHA

ANALYSIS OF PRIMARY WOVEN FABRIC FOR HAND TUFTING CARPET

Željko PENAVAL; Daria KATINIĆ & Željko KNEZIĆ

Sažetak: U ovom radu prikazan je put razvoja ručno izrađenih tafting tepiha od njihove pojave na tržištu pa sve do danas. U izradu tih tepiha je implementirana tradicija, znanje, iskustvo, ideja, dizajn i rukotvorski rad. Tako izrađeni tepisi moraju zadovoljiti visoke standarde kvalitete, pa je stoga provedena analiza temeljne tkanine za izradu ručnih tafting tepiha. Fizikalna svojstva tepiha, osobito mehanička, uvelike određuju karakteristike podnih prostirača. U laboratoriju su eksperimentalnim putem ispitana osnovna svojstva temeljne tkanine, njezina čvrstoća u smjeru osnove i u smjeru potke, tj. veličina prekidne sile i produljenje. Zbog specifičnog naprezanja koje nastaje uvlačenjem pređe pomoću specijalnog alata - „pištolja“ kroz temeljnu tkaninu, navedena je ispitana i na probijanje kuglom. Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti da mehaničke karakteristike i kvaliteta temeljne tkanine imaju vrlo važnu ulogu u izradi tepiha.

Abstract: This paper presents a development of hand-tufted carpets from their appearance on the market until now. In making these carpets, tradition, knowledge, experience, ideas, design and handicrafts work are implemented. Thus made carpets meet high quality standards and therefore, the analysis of the primary woven fabric of hand tufted carpets is carried out. Physical properties of the carpet, especially mechanical properties, largely determine the properties of carpets. In the laboratory, some properties of the primary woven fabric, its strength in the warp direction and in weft direction (breaking strength and extension) are experimentally tested. Because of the specific stress caused by pulling the yarn using a special tool - "gun" through the primary woven fabric, has been tested on a breakthrough ball. According to the obtained results it can be concluded that the mechanical properties and the quality of primary woven fabric have a very important role in making carpets.

Ključne riječi: analiza, tkanina, ručni tafting, tepih

Keywords: analysis, woven fabric, hand tafting, carpet

1. Uvod

Brzom evolucijom, naglim rastom čovječanstva, te rapidnim tehnološkim razvojem, znatno je povišen životni standard. To je uvjetovalo veću potrošnju sredstava za život, što ujedno znači veću potrošnju tekstila u odnosu na ranija razdoblja [1]. Povećanjem potrošnje tekstilnih odjevnih predmeta, naglo je porasla i potrošnja različitih vrsta prekrivača i podnih prostirača, odnosno tepiha. Zbog ubrzanog tempa života današnjeg čovjeka, potrebna mu je udobnost kod kuće za vrijeme odmora, a to mu između ostalog omogućuju tepisi za podove koji se u današnje doba izrađuju u vrhunskoj kvaliteti [2]. Razvoj proizvodnog procesa tafting tepiha počinje u Sjedinjenim Američkim Državama početkom prošlog stoljeća. U okviru domaće radinosti, da bi uljepšale svoje domove, žene su proizvodile razne tepihe i zavjese tako što su iglama ušivale pređu u pogodnu tkaninu, formirajući na taj način površinu s petljama. Iz te kućne radinosti postepenim uvođenjem strojeva u proces izrade, tridesetih godina 20. stoljeća, uslijedio je nagli razvoj proizvodnje tafting tepiha. Postoje dva različita načina za izradu ovih tepiha, strojni i ručni, ali u ovom radu ćemo se koncentrirati isključivo na izradu i svojstva ručno izrađenih tafting tepiha.

Da bi proizvođači privukli kupca i zadovoljili njegovu potrebu u svakom pogledu, tepisi moraju zadovoljavati mnogobrojne zahtjeve. Tepisi moraju prije svega odgovarati predviđenoj namjeni, imati pravilnu konstrukciju, što znači dobro pritanjanje uz podlogu, ne smiju se klizati po temeljnoj podlozi prilikom upotrebe i moraju biti kruti kako bi se mogli uviti u svitak i zatim ravnomjerno odmotati sa svitka, te nakon odmatanja na podlozi ostati ravni. Uz to nužno je da imaju primjereni estetski izgled (boje, dezeni, oblici kroja), voluminoznost, postojanost na habanje, da se jednostavno održavaju, te da im je obojenje postojano (ne smije blijedjeti, niti se smije skidati boja prilikom upotrebe). Imaju vrlo široku namjenu, od svakog domaćinstva do raznih javnih i državnih institucija. Da bi se takvi tepisi mogli proizvoditi potrebno je dobro poznavanje problematike pripreme, procesa taftanja i dorade, uz primjenu raznih konstrukcijskih i tehnoloških rješenja. Za primjenu u javnim prostorima, tepisi moraju zadovoljavati posebne zahtjeve, odnosno biti dodatno obrađeni poput obrade protiv gorenja, antistatičke obrade, antibakterijske, impregnacijske, obrade protiv prljanja, protiv moljaca i dr. Takve obrade se rade u svrhu kvalitete i dugovječnosti tepiha, te sigurnosti korisnika.

Obrade protiv gorenja se primjenjuju na podnim oblogama namijenjenim za javne prostore gdje je velika prolaznost ljudi poput hotela, kazališta, kino dvorana, škola, dječjih vrtića, ureda. Takva obrada se također primjenjuje i u prijevoznim sredstvima, osobito javnim kao što su vlakovi, avioni, putnički brodovi, autobusi, automobili. Ovisno o namjeni tepiha, primjenjuju se različite obrade protiv gorenja [3]. Na tepisima u prostorima gdje se nalazi elektronička oprema koja je osjetljiva i podložna smetnjama uslijed djelovanja statičkog elektriciteta, primjenjuje se antistatička obrada. To su objekti poput računalnih sala i prostora s medicinskom opremom. Antibakterijska obrada se pak primjenjuje na tepisima koji se koriste u medicinskim ustanovama poput lječilišta i toplica, objektima namijenjenih za sport i rekreaciju, dječjim vrtićima, itd [4]. Spomenute obrade povisuju cijenu proizvoda, pa se u pravilu ne rade, osim na zahtjev kupca ili ako je to zakonom propisano.

2. Izrada ručno taftanih tepiha

Kod ručne izrade tafting tepiha ključan element je dobar dizajn, odnosno idejno rješenje samog izgleda tepiha. Nakon što dizajner napravi projekt, isti se ručno ili pomoću računala prenosi u zadanom mjerilu na temeljnu tkaninu (na kojoj se tafta), gdje se prema potrebi doraduje. Fizikalna svojstva tepiha, osobito mehanička uvelike određuju karakteristike podnih prostirača [5].

Za ručnu izradu tepiha temeljna tkanina je u platnenom vezu, uglavnom izrađena iz pamučnih vlakana, a za strojnu izradu od polipropilenskih vlakana, a za oba načina rada mora biti čvrsto učvršćena na okvir zadanih dimenzija. Nakon prijenosa dezena, prema zadanom projektu odabiru se križni namotci pređe za taftanje odgovarajućih boja i finoća. Završetkom tih priprema može započeti sam proces taftanja (sl. 1a), odnosno proces provlačenja pređe kroz temeljnu tkaninu pomoću posebnog električnog alata, odnosno "pištolja" za taftanje (sl. 1b). Pređa se provlači kroz tkaninu u obliku otvorenih ili zatvorenih petljica.



Slika 1: Ručna izrada tafting tepiha: a) shematski prikaz, b) elektropneumatski alat – "pištolj"

Pređa koja se provlači kroz temeljnu tkaninu je najčešće izrađena iz 100% vunениh vlakana, te može biti filcana ili češljana. Pri tome se kontrolira visina vlaska, kao i način taftanja (pravocrtno ili polukružno). Svi navedeni parametri su zadani unaprijed, zavisno o namjeni tepiha. U ovoj fazi izrade presudnu ulogu ima radnik koji izvršava radnju taftanja. Neophodna je vješta, mirna i spretna ruka kako bi projekt bio kvalitetno realiziran. Nakon taftanja, na naličju tepiha se lijepi zaštitni materijal (često od netkanog tekstila) koji učvršćuje i osigurava petljice od izvlačenja iz temeljne tkanine, te djeluje protiv klizanja tepiha po površini poda. Taj postupak se još naziva lateksiranje i pripada u procese dorade tafting tepiha. Nakon što su petljice fiksirane, slijedi postupak šišanja. Petljice se ravnomjerno šišaju na određenu, prethodno zadanu visinu. Također se pojedine linije mogu naglasiti urezivanjem, što ostavlja vrlo dojmjljive efekte. Nakon svih navedenih procesa, vrši se završna kontrola, gdje se ispravljaju greške, ukoliko su nastale u prethodnim postupcima. Na kraju slijedi završno usisavanje i adekvatno pakiranje.

Tepisi izrađeni procesom ručnog taftanja mogu biti različitih dimenzija i oblika. Mogu biti pravokutni, kvadratni, okrugli, ovalni ili nepravilnih oblika većih ili manjih dimenzija, ovisno o dizajnu ili posebnom zahtjevu naručitelja, (sl. 2a i sl. 2b) [6]. Dobro je spomenuti da tepih treba na pravilan način održavati, kako u svrhu produljenja životnog vijeka, tako i u cilju zadržavanja što boljeg izgleda. Pod terminom održavanje se podrazumijeva redovito usisavanje tepiha, trenutno uklanjanje nastalih mrlja, te prema potrebi slanje tepiha na profesionalno čišćenje.



a.



b.

Slika 2: Izgled gotovog ručno taftanog podnog tepiha: a) u interijeru, b) kolekcija

3. Eksperimentalni dio

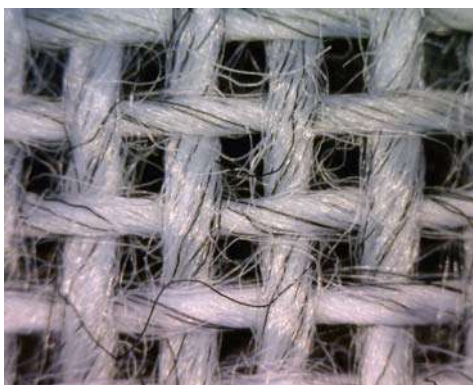
Karakteristike temeljne tkanine za ručno taftanje su prikazane u Tablici 1. Finoća pređe je 200 tex (Nm 5). Uzorak tkanine koji se ispituje, uvećan 60 puta, prikazan je na slici 3a, a pređa uvećana 200 puta je prikazana na slici 3b.

Ispitano je šest uzoraka promjera 50,8 mm na proboj kuglom. Brzina gibanja donje stezaljke je 100 mm/min. Korištena je fino polirana čelična kuglica promjera 25,4 mm. Ispitivanje je provedeno na dinamometru koji ima specijalni uređaj za napinjanje epruvete i izbacivanje kuglice u središte površine epruvete (smjeru okomitom na površinu epruvete).

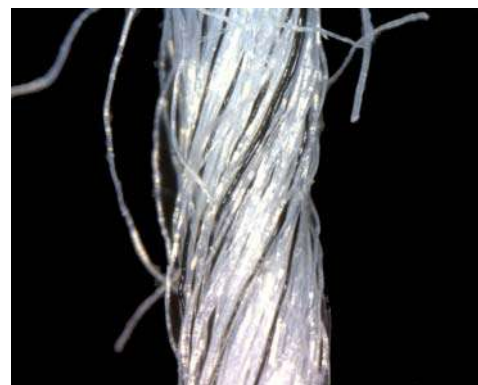
Tablica 1: Karakteristike tkanine za ručno taftanje

Vez tkanine	Osnova				Potka				Masa (g/m ²)	Debljin a (mm)
	Sirovinski sastav	Finoća pređe (tex)	Gustoća (niti/cm)	Broj uvoja (m ⁻¹)	Sirovinski sastav	Finoća pređe (tex)	Gustoća (niti/cm)	Broj uvoja (m ⁻¹)		
Platno	Pamuk/Lan	200	6	120	Pamuk/Lan	200	6	120	239	0,73

Srednja vrijednost sile potrebne za probijanje tkanine u napetom stanju kuglom iznosi 403,3 N, a srednja vrijednost visine ispupčenja u trenutku probijanja tkanine kuglom iznosi 24,3 mm.



a.



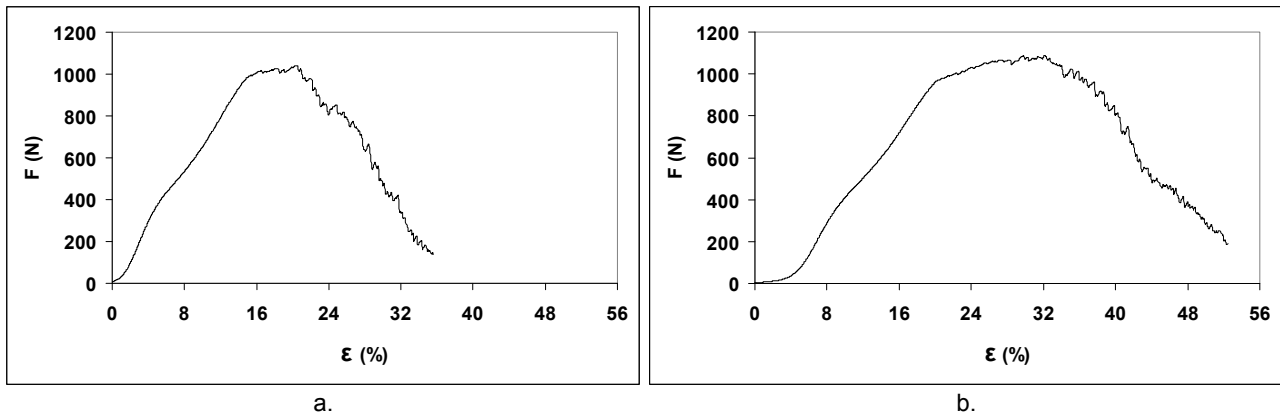
b.

Slika 3: Uzorak: a) tkanine uvećane 60x, b) pređe uvećane 200x

Tkanina se sastoji od dva sustava niti, uzdužnog (osnova) i poprečnog (potka), pa se njezina čvrstoća određuje mjerenjem prekidne sile i produljenja posebno za smjer osnove i potke. Čvrstoća tkanine je ispitana dinamometrom Statimat M, tvrtke „Textechno“ u skladu sa standardom za tkanine HRN EN 1049 (ISO 2062) u vremenu od 20 - 22 sekunde do prekida. Osim navedenog ispitivanja, određena je gustoća, masa i debljina tkanine. Priređena su tri uzorka za smjer osnove i tri za smjer potke u obliku traka dimenzija 350 x 60 mm, a mjerne dimenzije uzorka su bile 200 x 50 mm.

4. Rezultati i diskusija

Dijagram srednje vrijednosti prekidne sile tkanine u smjeru osnove u ovisnosti o produljenju prikazan je na slici 4a, a za smjer potke na slici 4b.



Slika 4: Dijagram srednje vrijednosti prekidne sile i produljenja: a) osnove, b) potke

Najveća srednja vrijednost prekidne sile u smjeru osnove iznosi $F_{\max}=1056,53$ N, a pripadna srednja vrijednost produljenja je $\varepsilon=21,27\%$, slika 3a. Maksimalno produljenje kod kojeg dolazi do prekida u smjeru osnove iznosi 35,6%. Najveća srednja vrijednost prekidne sile u smjeru potke je $F_{\max}=1101,13$ N, a pripadna srednja vrijednost produljenja je $\varepsilon=32,11\%$, slika 3b. Maksimalno produljenje kod kojeg dolazi do prekida u smjeru potke iznosi 52,4%. Rad do prekida u smjeru osnove je 2775,4 Ncm, a rad do prekida u smjeru potke je 4126,5 Ncm. Osnova i potka tkanine su istog sirovinskog sastava, iste finoće pređe, kao i gustoće te istog broja uvoja. Maksimalna prekidna sila u smjeru potke (F_{\max}) je za 4,2% veća od maksimalne prekidne sile u smjeru osnove. Maksimalno produljenje kod kojeg dolazi do prekida u smjeru potke je 47,2% veći od maksimalnog produljenja kod kojeg dolazi do prekida u smjeru osnove. Pri tkanju, niti osnove se manje vertikalno gibaju i trpe veća mehanička naprezanja od niti potke zbog čega imaju manje produljenje pri prekidu. Rad do prekida u smjeru potke je 48,7 % veći od rada prekida u smjeru osnove zbog toga što niti potke podnose veće produljenje nego niti osnove.

5. Zaključak

U procesu tkanja niti osnove izložene su intenzivnom trenju na prevojniku osnove, kroz kotlance, na zupcima brda kao i trenju koje prouzrokuje utkivno tijelo pri svom prolasku kroz zijev. Pored toga, niti osnove su podvrgnute značajnom naprezanju za vrijeme formiranja zijeva, a pogotovo u trenutku pritkivanja potke. Sve to utječe da niti osnove gube svoju elastičnost i čvrstoću što također uvjetuje i povremene prekide osnove. Zbog toga kod tkanja treba paziti da se elastičnost i istežanje pređe pretjerano ne smanji, jer između istežanja pri kojem nastaje prekid i učestalosti prekida postoji jasna ovisnost. Na osnovi dobivenih i analiziranih eksperimentalnih rezultata moguće je zaključiti kako je prekidna sila tkanine u smjeru osnove manja od prekidne sile u smjeru potke zbog pojave umora u nitima osnove koji je izazvan čestom izmjenom zijeva, tj. vertikalnim gibanjem. Prema dobivenim rezultatima također je jasno kako mehaničke karakteristike i kvaliteta temeljne tkanine imaju vrlo važnu ulogu u izradi tepiha.

Literatura

- [1] Katinić, D.: Procesi izrade tafting prostirača, *Završni rad*, 2012.
- [2] Cvitan-Černelić, M.: Čarolija sagova, *Tekstil*, Vol. 45 (1996.) 10, 521-521.
- [3] Goswami, K.K.: *Advances in carpet manufacture*, Woodhead Publishing Limited, ISBN 978-1-84569-333-6, Cornwall, UK, (2009)
- [4] Moody, V.: *Tufted carpet; Textile Fibres, Dyes, Finishes, and Processes*; William Andrew Publishing, ISBN: 1-884207-99-5, New York, USA, (2004)
- [5] Carnaby, G. A. & Wood, E. J.: The Physics of Carpets, *Journal of The Textile Institute*, Vol. 80 (1989.) 1, 71-90.
- [6] <http://www.regeneracija-tepisi.com>, *Pristupljeno: 2012-12-23*.

ANALIZA SILE IZVLAČENJA NITI IZ TKANINE

ANALYSIS OF THE YARN PULL-OUT FORCE FROM FABRIC

Željko PENAVAL; Diana ŠIMIĆ & Željko KNEZIĆ

Sažetak: U radu je prikazan analitički model koji opisuje ponašanje izvlačenja niti iz tkanine. Ponašanje izvlačenja niti iz tkanine je važan pokazatelj mehanizma interakcije niti unutar tkanine. Izvlačenje niti je praktična metoda kojom se ispituje unutarnja deformacija tkanina ovisno o sastavu pređe i istražuju se unutarnja mehanička svojstva strukture tkanine koja se formiraju tijekom procesa tkanja. Ova metoda pruža korisne informacije o trganju tkanine, njezinoj sposobnosti apsorpcije energije posebno u balističkim aplikacijama, učinkovitosti dorade, histerezi savijanja i smicanja tkanina, te o ponašanju tkanina kod trenja. Nakon provedene analize eksperimentalno dobivenih rezultata, uočava se da je sila izvlačenja niti osnove iz tkanine znatno manja u odnosu na silu izvlačenja niti potke, što se može pripisati većoj gustoći osnove.

Abstract: In this article an analytical model is presented to describe the yarn pullout behaviour from woven fabric. Yarn pullout behaviour from a woven fabric is an important indicator of the mechanism of yarn interactions within the fabric. The yarn pullout test is a practical method for examining the internal deformation fabric depending on the composition of the yarn and for investigating the internal mechanical properties of fabric structure that are established during the weaving process. The yarn pullout test provides useful information about fabric tearing, its ability to absorb energy particularly in ballistic applications, finishing efficiency, bending and shearing hysteresis of fabric and behavior of fabric with friction. Following the analysis of experimental results, it was observed that the yarn warp pullout force is significantly lower compared to the yarn weft pullout force, which can be attributed to the higher density of the warp.

Cljučne riječi: sila izvlačenja niti, osnova, potka, tkanina

Keywords: yarn pull-out force, warp, weft, woven fabric

1. Uvod

Sila izvlačenja niti iz tkanine uglavnom ovisi o geometriji tkanine, obradi tkanine kao i o vrsti pređe i vlakna. Izvlačenje niti je prikladna metoda za istraživanje unutarnjih mehaničkih svojstava strukture tkanine koja se formiraju tijekom procesa tkanja. Test izvlačenja niti iz tkanine daje podatke o interakciji niti na veznim točkama zategnute tkanine. Ova vrsta podataka je neophodna za kvantitativno proučavanje mehanizma u tkanini. Bez interakcije niti na veznim točkama, tkanina bi bila jednaka dvjema odvojenim ploham, od paralelnih, ali izoliranih niti [1].

Postupak ispitivanja, kada sila izvlačenja djeluje na jednom kraju niti tkanine, znanstvenici primjenjuju za istraživanje mehaničkih karakteristika tkanina [1]. Pokazano je da je priroda gibanja prijanjanje-klizanje od dinamičke sile trenja zbog izvlačenja niti periodička i ovisi o konstrukciji tkanine. Također je ustanovljena visoka korelacija između sile izvlačenja niti osnove, intenziteta interakcije niti na veznim točkama, čvrstoće tkanine u smjeru osnove i nepravilnosti niti potke.

Pan i Yoon su istraživali odnos između sile izvlačenja niti i mehaničkih svojstava tkanine [2]. Za običnu tkaninu, otkrili su da se histereze smicanja tkanina, histereze savijanja i vlačna otpornost tkanine nalaze u visokoj korelaciji s maksimalnom silom izvlačenja niti. Predložili su analitički model i analizu ponašanja izvlačenja vlakna iz spojenih vlaknastih matrica i modificirali taj model za opisivanje ponašanja sile izvlačenja niti iz tkanine. Za tkanine u platno vezu, utvrdili su da je sila izvlačenja niti funkcija razmaka između niti i dimenzije pređe i njenih mehaničkih svojstava.

Taylor je proučavao čvrstoću trganja tkanine kroz test izvlačenja niti, i predstavio teoriju koja se temelji na interakcijama niti. Po njegovom mišljenju, opterećenje savladava silu trenja u veznim točkama i uzrokuje izvlačenje niti iz otkane tkanine. Kada se opterećenje povećava, ono kida tkaninu, jer postaje veće od čvrstoće loma [3].

Jednostavan model za izračunavanje sile izvlačenja i utjecaja prelaženja niti jedne preko druge predložili su Sebastian i sur. [4]. Razvili su jednostavan linearni elastični model za opisivanje međudnosa između rastezljivosti izvučene niti i efektivne elastične otpornosti na smicanje susjedne niti prema međunitnom

spoju klizanja. Analitički model ponašanja izvlačenja niti iz tkanine pokazuje da je prijanjanje-klizanje od dinamičke sile trenja izvlačenja niti strogo povezano sa slobodnim vibracijama ortogonalnih niti [5].

U području istraživanja nedostataka na tkaninama, Seo i sur. su se usmjerili na ulogu trenja niti o nit i klizanje niti preko veznih točaka kada na tkaninu djeluje sila. Oni su istaknuli da prije otkazivanja tkanine, dolazi do izvlačenja niti [6]. U radu se prikazuje analitički model koji opisuje ponašanje izvlačenja niti iz tkanine pomoću kojeg se analizira sila izvlačenja niti.

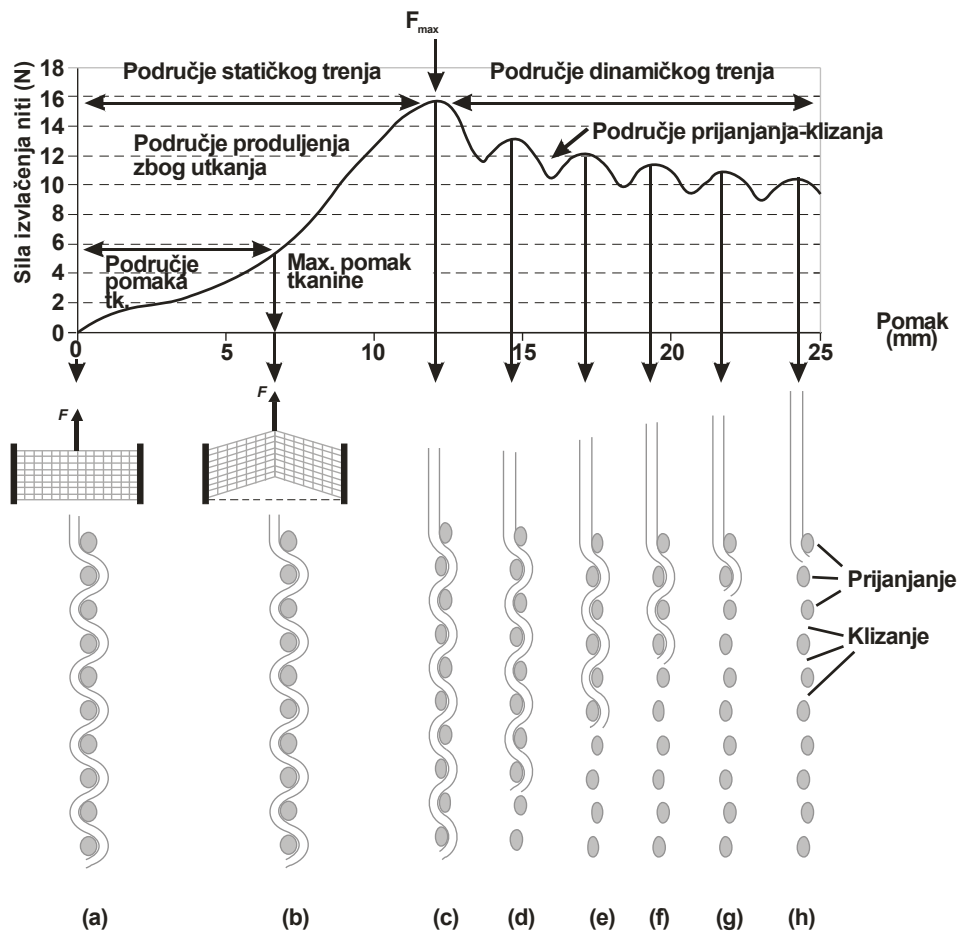
2. Teorijski model

Za opisivanje procesa izvlačenja niti tkanine na uzorku primijenjen je model shematski prikazan na slici 1. Uzorak je učvršćen (stegnut) na dvije suprotne strane. Slika 1a prikazuje postupak izvlačenja niti koji je korišten u ovom istraživanju. Izvlači se ona nit koja se nalazi u sredini uzorka tkanine.

Kako bi se model pojednostavnio, uvedene su sljedeće pretpostavke:

- produljenje niti u procesu izvlačenja je zanemarivo,
- poprečni presjek niti tijekom testa izvlačenja je konstantan,
- sustav je elastična kontinuirano distribuirana masa,
- sustav je homogen i izotropan, te vrijedi Hookeov zakon do elastične granice,
- nedeformirano tkanje je geometrijski savršeno, pa su udaljenosti između ortogonalnih križanja niti jednake,
- izobličenja u tkanini koja nastaju zbog izvlačenja niti su mala,
- tijekom izvlačenja, pretpostavlja se da su promjene udaljenosti između veznih točaka jednake,
- vezne točke potke i osnove predstavljaju kontaktne točke.

Odnos sile izvlačenja niti i pomaka prikazan je dijagramom sila-pomak (sl. 1) i pokazuje izvlačenje niti po fazama. Ponašanje izvlačenja niti opisuje se zasebno za svako područje.



Slika 1: Dijagram sila-pomak izvlačenja niti: a) početna pozicija, b) faza pomaka tkanine, c) faza izravnavanja niti, d)-g) faze izvlačenja niti, h) završetak izvlačenja niti

U području statičkog trenja ($0 - F_{max}$) sila izvlačenja niti (F) se postupno povećava od nule do maksimalne vrijednosti koja je jednaka onoj potrebnoj vrijednosti da se prevlada statička sila trenja (sl. 1a). Tada opterećenje savladava statički otpor trenja i tom trenutku pomaci ortogonalnih niti dostižu svoje maksimalne vrijednosti (sl. 1b). Pri toj maksimalnoj sili izvlačenja dolazi do izravnavanja niti (sl. 1c).

Pretpostavlja se da prije izvlačenja na prvom spoju (maksimalna statička sila trenja), sila izvlačenja varira elastično i proporcionalna je pomaku niti. Sila izvlačenja u točki (F_{max}) odgovara maksimalnoj statičkoj sili trenja (sl. 1), te podijeljena s ukupnim brojem veznih točaka niti daje normaliziranu statičku silu trenja po veznoj točki niti.

U području dinamičkog trenja definirano je izvlačenje niti preko svih veznih točaka tkanine. Do prvog proklizavanja dolazi nakon točke F_{max} (sl. 1d). Nakon početnog raskida adhezijske sile na veznim točkama niti, vrijednost sile izvlačenja se naglo smanjuje. Sila izvlačenja niti tada postaje veća od dinamičkog otpora trenja [5]. Izvlačena nit napušta vezne točke, uz pojavu klizanja. U ovoj zoni krivulja ima jedan maksimum i jedan minimum za svaka dva prijelaza kao što se vidi na prikazanim poprečnim presjecima tkanine (sl. 1d-1g). Područje koje ima jedan minimum i jedan maksimum naziva se područje prijanjanja-klizanja, i to kada nit osnove prolazi iznad ili ispod niti potke naziva se prijanjanje, a kada nit osnove prolazi između dvije niti potke naziva se klizanje (sl. 2h). Nakon toga, dinamička sila se postupno smanjuje kako se povećava broj veznih točaka sa izvučenom niti. Krivulja izvlačenja niti pokazuje karakteristike gibanja prijanjanje-klizanje.

3. Eksperimentalni dio

Za ova ispitivanja priređeni su uzorci tkanina u obliku traka dimenzija 70 x 10 mm, posebno za smjer osnove, i posebno za smjer potke, prema tablici 1. Mjerna duljina uzoraka tkanina je 50 x 10 mm.

Tablica 1: Karakteristike ispitnih uzoraka tkanina

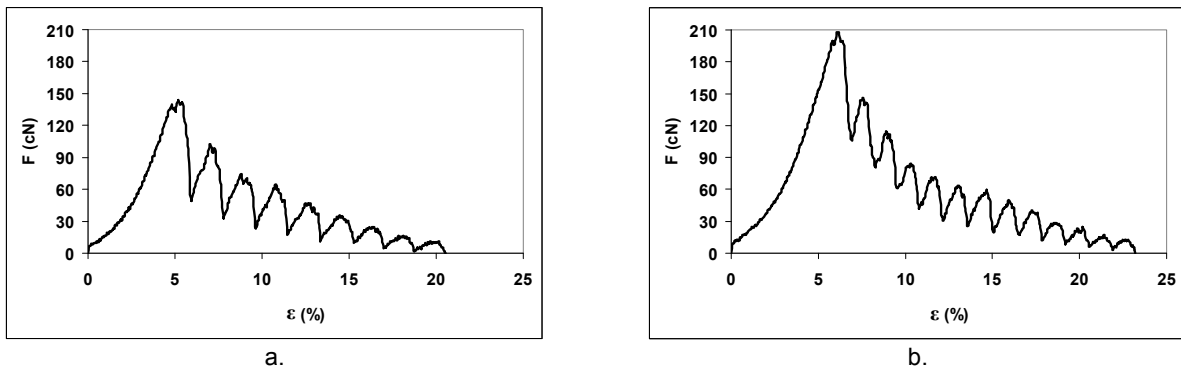
Vez tkanine	Osnova				Potka			
	Sirovinski sastav	Finoća pređe (tex)	Gustoća (niti/cm)	Broj veznih točaka	Sirovinski sastav	Finoća pređe (tex)	Gustoća (niti/cm)	Broj veznih točaka
Platno	Pamuk	36	24	24	Pamuk	36	16	16

Test izvlačenja niti iz tkanine je ponovljen tri puta zasebno za uzdužni (osnova) i poprečni (potka) sustav niti. Za izvođenje pokusa, uzorak tkanine u smjeru osnove, odnosno potke je pričvršćen na svakoj strani okvira u obliku slova U, slika 2a. Kada je uzorak tkanine učvršćen u smjeru osnove, tada su niti potke slobodne i obrnuto. U - okvir je spojen s pokretnom donjom stezaljkom dinamometra tip „Textechno“, model „STATIMAT M“. Srednja nit se uklješćuje u fiksnu gornju stezaljku. Duljina niti između fiksne gornje stezaljke i uzorka tkanine je 5 cm za sva mjerenja. Brzina kretanja donje stezaljke postavljena je na vrijednost od 50 mm/min. Sila izvlačenja se određuje pomoću mjernog pretvornika sa maksimalnim kapacitetom od 100 N.



Slika 2: Sklop za ispitivanje sile izvlačenja niti: a) 1 – nosivi okvir; 2 – stezaljke za učvršćenje tkanine; 3 – element za prihvat sklopa u povlačnoj stezaljci; 4 – pneumatska stezaljka s osjetilom sile; 5 – ispitni uzorak tkanine; 6 – nit koja se izvlači; A – duljina uzorka tkanine; B – širina uzorka tkanine, b) uzorak tkanine

Proces izvlačenja niti je snimljen pomoću digitalne video kamere Panasonic model „NV-GS500“, sa 25 sličica/sec. Točno određene slike iz svakog filma su izdvojene i obrađene u RGB formatu pomoću Adobe Premiere CS4 programa. Ove slike sadrže podatke o deformaciji tkanine. Pomoću Matlab programa, RGB slike su pretvorene u format sive skale. Određivanjem granice između svijetlog i tamnog područja na slici (sl. 2b) oblikuje se kut deformacije koji pravac niti koja se izvlači zatvara s gornjim rubom tkanine.



Slika 3: Dijagram sile izvlačenja niti: a) osnove, b) potke

4. Rezultati i diskusija

Dijagram srednje vrijednosti veličine sile izvlačenja niti osnove u ovisnosti o produljenju prikazan je na slici 3a, a dijagram srednje vrijednosti veličine sile izvlačenja niti potke u ovisnosti o produljenju prikazan je na slici 3b. Sila izvlačenja niti (F) raste postupno do maksimalne vrijednosti koja prevladava statičku silu trenja. Maksimalna sila (F_{max}) kod niti osnove je 207,52 cN, a pripadno produljenje je 6,16%. Maksimalna sila (F_{max}) kod niti potke je 143,64 cN, a pripadno produljenje je 5,19%. Dok se ne postigne maksimalna vrijednost sile (F_{max}) nema izvlačenja niti preko veznih točaka sa suprotnim nitima. Nakon savladavanja adhezijskih sila veznih točaka dolazi do izvlačenja niti, a sila izvlačenja se smanjuje obzirom na broj veznih točaka koje je nit već napustila. Ukupno produljenje niti osnove iznosi 23,19%, a niti potke 20,48%. Sila izvlačenja niti osnove iz tkanine je 44,5% manja u odnosu na silu izvlačenja niti potke. Kada se izvlači nit osnove, ona prelazi preko potke koja ima manju gustoću, tj. mora savladati manje trenje, slika 3a. U dijagramu je 8 vrhova i 8 udubljenja što ukupno čini 16 promjena, a što odgovara broju veznih točaka preko kojih se nit izvlači prijanjanjem-klizanjem ($N=16$). Kada se nit izvlači iz potke, ona prelazi preko osnove koja ima 33,3% veću gustoću, i veći broj veznih točaka osnove ($N=24$) koje mora savladati, pa je i sila izvlačenja veća, slika 3b. U dijagramu je 12 vrhova i 12 udubljenja što ukupno čini 24 promjene, a što odgovara broju veznih točaka preko kojih se nit izvlači prijanjanjem-klizanjem ($N=24$). Kut deformacije kod izvlačenja niti osnove je ($95,4^\circ$), a kod izvlačenja niti potke je ($98,3^\circ$), što znači da s povećanjem sile izvlačenja raste i kut deformacije.

5. Zaključak

Na osnovi dobivenih i analiziranih eksperimentalnih rezultata mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- na veličinu sile izvlačenja niti iz tkanine utječe gustoća niti i s njezinim porastom raste i sila,
- veći broj veznih točaka sustava uzrokuje potrebu za većom silom izvlačenja niti,
- s porastom gustoće tkanine raste i broj veznih točaka čime rastu i sile trenja, a time i sile izvlačenja niti,
- s povećanjem sile izvlačenja niti raste i kut deformacije, što s obzirom na prethodne zaključke znači da je i kut deformacije zavisn od gustoće tkanine,
- kako je ovaj rad pokazao zanimljive rezultate, istraživanja na tom polju će se nastaviti s uzorcima tkanina različitih vezova, gustoća tkanina, finoća pređe, kao i promjenjivim veličinama uzoraka.

Literatura

- [1] Pan, N. & Yoon, M.: Behavior of Yam Pullout from Woven Fabric: Theoretical and Experimental, *Textile Research Journal*, Vol. 63 (1993) 11, 629-637.
- [2] Valizadeh, M. et al.: Determination of Internal Mechanical Characteristics of Woven Fabrics Using the Force-Balance Analysis of Yarn Pullout Test, *The Journal of The Textile Institute*, Vol. 99 (2008) 1, 47-55
- [3] Taylor, H. M.: Tensile and Tearing Strength of Cotton Clothes, *The Journal of The Textile Institute*, Vol. 50 (1959) 1, 161-188
- [4] Sebastian, S. et al.: Extension, Displacements and Forces Associated with Pulling a Single Yarn From a Fabric, *J. Phys. D. Appl. Phys.*, Vol. 20, (1987) 1, 130-139
- [5] Badrossamay, M.R. et al.: Fundamental parameters affecting yarn pullout behavior, *The Journal of The Textile Institute*, Vol. 92 (2001) 3, 280-287
- [6] Seo, M. H. et al.: Mechanical Properties of Fabrics Woven from Yarns Produced by Different Spinning Technologies: Yarn Failure in Woven Fabric, *Textile Research Journal*, Vol. 63 (1993) 3, 123-134

ODREĐIVANJE ELASTIČNIH KONSTANTI ZA TKANINU U KEPER VEZU

DETERMINATION OF THE ELASTIC CONSTANTS FOR TWILL WOVEN FABRIC

Željko PENAŠA; Diana ŠIMIĆ & Vice ŠIMIĆ

Sažetak: Tkanine su posebna vrsta anizotropnih materijala koji imaju dvije međusobno okomite ravnine elastične simetrije i nazivaju se ortotropni materijali. Utjecaj smjera djelovanja vlačne sile na svojstva tkanina je velik i često se ispituje. Tkanina se može definirati kao ortogonalni elastomer, a to je posebna vrsta poroznog materijala koji se tretira kao nejednolika mješavina vlakana i zraka. Prividne konstante elastičnosti i Poissonovi koeficijenti za tkaninu u keper 2/2 vezu, analizirani su teorijski i eksperimentalno u ovom radu. Vlačna ispitivanja primjenjuju se na tkanini u keper 2/2 vezu u sedam smjerova. Vlačna sila djeluje u uzdužnom (longitudinalnom) i poprečnom (transverzalnom) smjeru, te pod kutovima 15°, 30°, 45°, 60°, 75° prema potki.

Abstract: Woven fabrics are a special type of anisotropic materials having two mutually perpendicular planes of elastic symmetry and are called orthotropic materials. Influence of direction of tensile force action on the properties of the fabric is big and often tested. The woven fabric can be defined as the orthogonal elastomer, which is a special type of porous material that is treated as non-uniform mixture of fibers and air. Apparent elastic constants and Poisson's ratio for twill 2/2 woven fabric are analyzed theoretically and experimentally in this paper. Tensile tests are applied to twill 2/2 woven fabric in seven directions. Tensile force acts in the warp (longitudinal) and weft (transverse) direction, and under angles 15°, 30°, 45°, 60°, 75° to the weft.

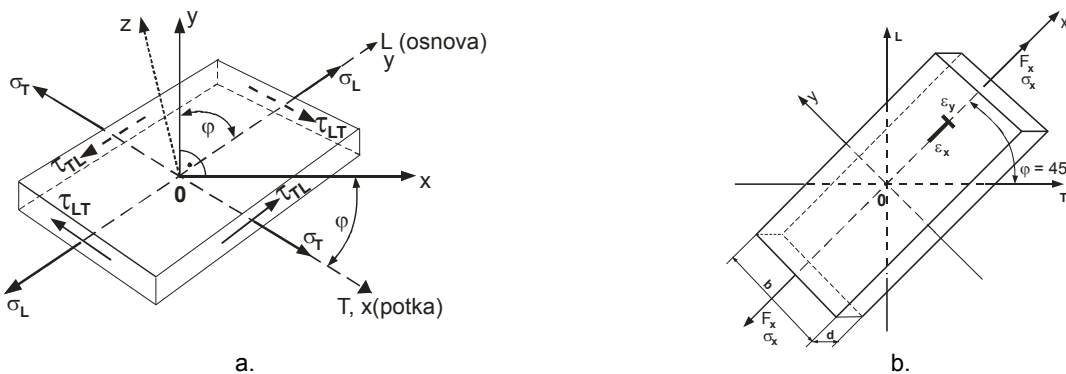
Cljučne riječi: tkanina, modul elastičnosti, Poissonov koeficijent, konstante elastičnosti, keper vez

Keywords: fabric, module of elasticity, Poisson's ratio, elastic constants, twill

1. Uvod

Primjena tekstila u različitim industrijskim granama sve više raste, posebno u materijalima za padobrane i kompozitima. Razumijevanje ponašanja mehaničkih svojstava tkanina je jako važno. Naprezanja i deformacije se mogu pojaviti u različitim smjerovima djelovanja sile na tkaninu. Utjecaj smjera djelovanja vanjskog opterećenja (vlačne sile) na svojstva tkanina je velik i učestalo se ispituje [1, 2]. Tkanine su posebna vrsta anizotropnih materijala koji imaju dvije međusobno okomite ravnine elastične simetrije i nazivaju se ortotropni materijali. Ravnine elastične simetrije su ravnine ortotropije, a njihovi presjeci osi ortotropije.

U biaksialnoj tkanoj strukturi definiraju se dva glavna smjera – longitudinalni (osnova) i transversalni (potka), slika 1a. U tkaninama se i pod umjerenim opterećenjima pojavljuju velike deformacije i pomaci u ravninama prostiranja. Debljina tkanine je zanemarivo mala u odnosu na ostale dimenzije, pa se deformacija debljine zanemaruje.



Slika 1: Element tkanine: a) orijentacija koordinatnog sustava, b) sila pod kutom φ

Teorijska analiza ponašanja tkanina, koje su definirane kao linearno elastični ortotropni materijali, je vrlo složena, pa se provodi eksperimentalna provjera teorijskih rezultata. Određivanje mehaničkih svojstava i predviđanje ponašanja tkanina tijekom proizvodnih procesa i konačno u samoj upotrebi, jako je važan dio tekstilne znanosti, pa se provode eksperimentalne studije mjerenja deformacije i naprezanja pri prekidu tkanine kada sila djeluje u longitudinalnom ili transverzalnom smjeru te pri promjeni kuta nagiba vlačne sile [3, 4].

Tkanine se najviše koriste u obliku ortotropnih ploča u kojima je ravninsko stanje naprezanja. U ovom radu se analizira utjecaj faktora veza na elastične konstante tkanina i Poissonove koeficijente i to za različite kutove rastezanja (djelovanja vlačne sile). Elastične konstante, E_L , E_T , G_{TL} , i Poissonovi koeficijenti, ν_{LT} , ν_{TL} , tkanina keper 2/2 veza određeni su eksperimentalno u laboratoriju za uzdužnu (longitudinalnu), poprečnu (transverzalnu) os, te kutove 15°, 30°, 45°, 60° i 75° djelovanja sile u odnosu na potku [5, 6], slika 1 a, b.

2. Elastične konstante tkanina za proizvoljno orijentirane osi

Hookeov zakon izražava odnos između naprezanja i deformacija. U Hookeovom zakonu se pojavljuju elastične konstante koje se koriste u stručnoj literaturi kao prividne konstante elastičnosti tkanine ili inženjerske elastične konstante. Na osnovu vlačne sile, koja djeluje u zadanom smjeru prema potci, eksperimentalno se odrede vrijednosti E_L , E_T , G_{TL} , ν_{LT} , ν_{TL} u koordinatnom sustavu T, L. Pomoću njihovih dobivenih vrijednosti teorijski su izračunate elastične konstante i Poissonovi koeficijenti tkanina za proizvoljno odabrane smjerove, tj. za zarotirani koordinatni sustav x, y. Konstante elastičnosti E_x , E_y , G_{xy} , ν_{xy} , α_x , α_y u koordinatnom sustavu x, y dobiju se pomoću izraza (1-6) za transformaciju elastičnih konstanti koji glase [7,8]:

$$\frac{1}{E_x} = \frac{\cos^4 \varphi}{E_T} + \frac{\sin^4 \varphi}{E_L} + \left(\frac{1}{G_{TL}} - \frac{2 \cdot \nu_{LT}}{E_T} \right) \cdot \cos^2 \varphi \cdot \sin^2 \varphi \quad (1)$$

$$\frac{1}{E_y} = \frac{\sin^4 \varphi}{E_T} + \frac{\cos^4 \varphi}{E_L} + \left(\frac{1}{G_{TL}} - \frac{2 \cdot \nu_{LT}}{E_T} \right) \cdot \cos^2 \varphi \cdot \sin^2 \varphi \quad (2)$$

$$\frac{1}{G_{xy}} = \frac{1}{G_{TL}} + \left(\frac{1}{E_T} + \frac{1}{E_L} + \frac{2 \cdot \nu_{LT}}{E_T} - \frac{1}{G_{TL}} \right) \cdot 4 \cos^2 \varphi \cdot \sin^2 \varphi = \frac{1}{G_{yx}} \quad (3)$$

$$\nu_{xy} = \frac{E_y}{E_T} \left[\nu_{LT} - \left(1 + 2\nu_{LT} + \frac{E_T}{E_L} - \frac{E_T}{G_{TL}} \right) \cdot \cos^2 \varphi \cdot \sin^2 \varphi \right] \quad (4)$$

$$\alpha_x = 2 \left[\left(\frac{1 + 2\nu_{LT}}{E_T} + \frac{1}{E_L} - \frac{1}{G_{TL}} \right) \cdot \sin^2 \varphi + \frac{1}{2G_{TL}} - \frac{\nu_{LT}}{E_T} - \frac{1}{E_L} \right] \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi \quad (5)$$

$$\alpha_y = 2 \left[\left(\frac{1 + 2\nu_{LT}}{E_T} + \frac{1}{E_L} - \frac{1}{G_{TL}} \right) \cdot \cos^2 \varphi + \frac{1}{2G_{TL}} - \frac{\nu_{LT}}{E_T} - \frac{1}{E_L} \right] \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi \quad (6)$$

Longitudinalni i transverzalni moduli elastičnosti su označeni s E_L , E_T , modul posmika je G_{TL} , a ν_{LT} je Poissonov koeficijent [9]. Kut između smjera djelovanja vlačne sile i potke tkanine je označen s φ .

3. Eksperimentalno određivanje elastičnih konstanti

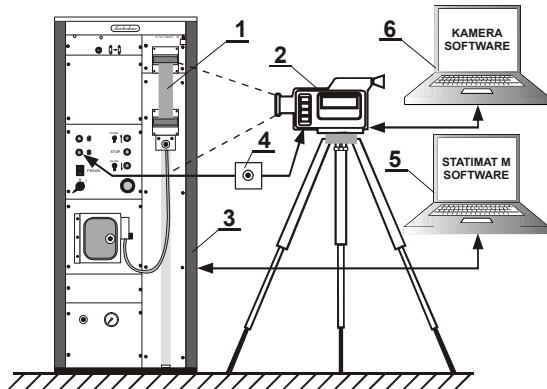
Ispitivanja su napravljena u Zavodu za projektiranje tekstila na Tekstilno-tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu na tkanini otkanoj u keper 2/2 vezu [10, 11], dok su svi ostali konstrukcijski parametri tkanine (pređa u osnovi i potci) bili jednaki, Tablica 1. Prije samog ispitivanja tkanina je kondicionirana pod uvjetima standardne atmosfere (relativna vlažnost zraka $65 \pm 2\%$, a temperatura od $20 \pm 2^\circ\text{C}$). Za ovo ispitivanje izrezani su standardni uzorci dimenzija 200 x 50 mm, i uklješteni u stezaljke uređaja na razmaku od 200 mm, te izloženi jednoosnom vlačnom opterećenju do postizanja prekida, slika 2. Uzorci su rezani u smjeru osnove, potke, te pod kutovima 15°, 30°, 45°, 60°, 75° prema potki. Za svaki smjer djelovanja sile na uzorak tkanine, provedena su 3 ispitivanja. Vlačna svojstva svih uzoraka ispitivana su prema standardu ISO 13934-1:1999 metodom ispitne trake na uređaju za mjerenje čvrstoće tkanine ili, kako se još naziva, dinamometru

za tkanine. U ovom slučaju dostupan je bio dinamometar Statimat M njemačkog proizvođača tt. "Textechno" na slici 2.

Tablica 1: Uzorak tkanine za ispitivanje

Vez tkanine	Osnova			Potka			Težina (g/m ²)	Debljina (mm)
	Sirovinski sastav	Finoća pređe (tex)	Gustoća (niti/ cm)	Sirovinski sastav	Finoća pređe (tex)	Gustoća (niti/ cm)		
Keper 2/2	Pamuk	36	29,3	Pamuk	36	20,0	190,8	0,52

Navedeni dinamometar Statimat M je potpuno automatizirani, mikroprocesorsko upravljani, statički dinamometar koji radi na principu konstantne brzine deformacije. Za ovo ispitivanje postavljeni su slijedeći uvjeti: razmak između stezaljki: 200 mm, brzina povlačenja: 100 mm/min. Mjerni rezultati prikupljeni su i pohranjeni na tvrdi disk računalnim programom dinamometra.

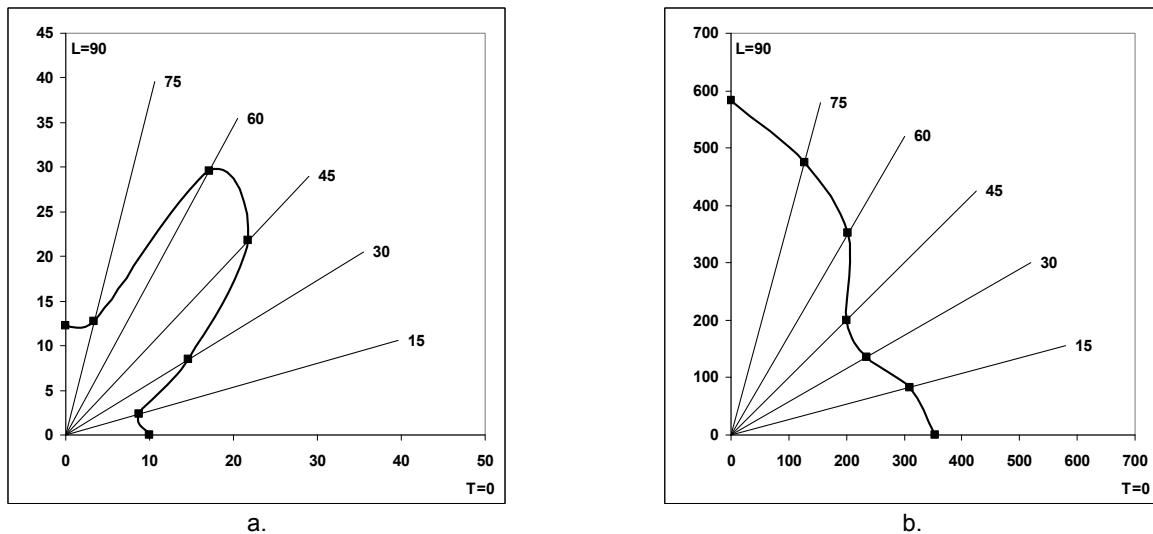


Legenda:

1. Ispitni uzorak tkanine
2. Kamera
3. Dinamometar- Statimat M
4. Tipka za sinkrono uključivanje
5. Računalo za kontrolu i pohranu podataka s dinamometra
6. Računalo za pohranu snimljenog materijala s kamere

Slika 2: Shematski prikaz izvođenja eksperimenta

Za precizno evidentiranje i mjerenje prostorne deformacije tkanine na uređaju za ispitivanje prekidne čvrstoće (dinamometar) neposredno iza ispitnog uzorka montirana je šablona s rasterom od 1 x 1 mm, a cijeli proces istezanja uzorka do prekida je snimljen digitalnom video kamerom Sony DCR-SR45 koja je u tu svrhu postavljena na stativ ispred uređaja kako je prikazano na slici 2. Upotrebljena je digitalna video kamera s video rezolucijom 720 x 480 pixela i rezolucijom slike 640 x 480 i brzinom snimanja od 25 slika/s, te je povezana s računalom preko IEEE 1394 (FireWire) sučelja. Sav snimljeni materijal je pohranjen na tvrdi disk računala u AVI formatu. Dinamometar i kamera su međusobno povezani posebnim sklopom za istovremeno uključivanje/isključivanje čime je u cijelosti osigurana egzaktnost video evidentiranja cijelog procesa istezanja tkanine do prekida. Spomenutom raster šablonom omogućena je brza i točna obrada snimki koje su naknadno obrađene u za tu svrhu izrađenom računalnom programu kojim je određena prostorna deformacija uzoraka na osnovu pomaka u smjeru x i y osi.



Slika 3: Rezultati djelovanja vlačne sile u različitim smjerovima: a) polarni dijagram za produljenje ϵ (%), b) polarni dijagram za vlačnu silu $F(N)$

Srednje vrijednosti rezultata ispitivanja vlačne sile na uzorcima koja djeluje u smjeru osnove ($\varphi=90^\circ$), potke ($\varphi=0^\circ$) i pod kutovima 15° , 30° , 45° , 60° i 75° su prikazani u polarnim dijagramima za vlačnu silu prekida (F) i za produljenje (ε), slika 3.

4. Prikaz eksperimentalno i teorijski dobivenih rezultata

Iz prikazanih dijagrama, slika 3. dobiju se eksperimentalne vrijednosti elastičnih konstanti E , G i Poissonovog koeficijenta ν u odnosu na proizvoljni smjer djelovanja vlačne sile na uzorak tkanine, Tablica 2 i 3.

Tablica 2: Eksperimentalno dobivene vrijednosti elastičnih konstanti $E = \frac{F}{\varepsilon \cdot b \cdot d}$ i $G_{TL} = \frac{E_{45}}{2 \cdot (1 + \nu_{45})}$ [N/mm^2]

Uzorak	$E_{T=0}$	E_{15}	E_{30}	E_{45}	E_{60}	E_{75}	$E_{L=90}$	G_{TL}
Keper 2/2	1,370	1,353	0,619	0,347	0,457	1,431	1,790	0,075

Tablica 3: Eksperimentalno dobivene vrijednosti Poissonova koeficijenta $\varepsilon_p / \varepsilon_{uz} = -\nu$

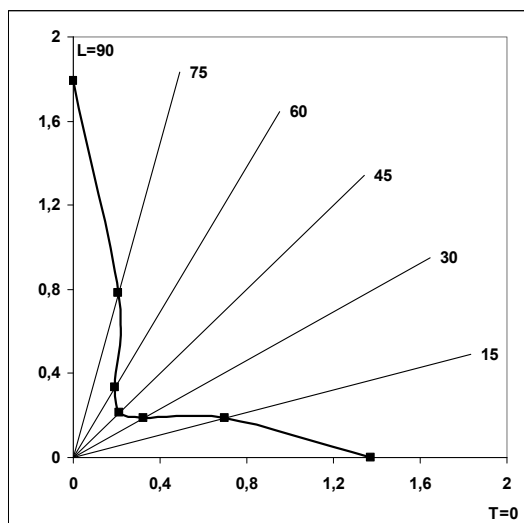
Uzorak	$\nu_{LT,0}$	ν_{15}	ν_{30}	ν_{45}	ν_{60}	ν_{75}	$\nu_{TL,90}$
Keper 2/2	0,971	0,231	0,210	1,312	0,198	0,189	1,411

Prema prethodno navedenim izrazima (1-6) i na osnovu podataka iz Tablica 2 i 3 su u ovisnosti o promjeni kuta djelovanja vlačne sile u odnosu na potku izračunate vrijednosti konstanta elastičnosti E_x , E_y , G_{xy} , ν_{xy} , α_x , α_y , koje su prikazane u Tablici 4.

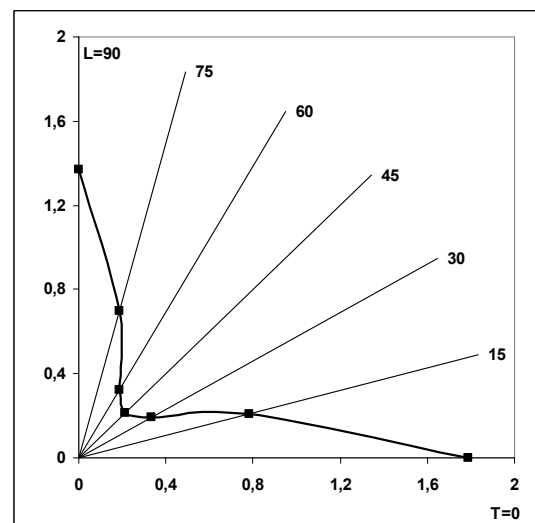
Tablica 4: Računske vrijednosti elastičnih konstanti za različite smjerove djelovanja sile

$[\theta]$	E_x [N/mm^2]	E_y [N/mm^2]	G_{xy} [N/mm^2]	ν_{xy}	α_x	α_y
0 (T)	1,370	1,790	0,075	0,786	0,0	0,0
15	0,723	0,811	0,094	0,406	2,342	-2,256
30	0,373	0,386	0,186	0,207	2,373	-2,224
45	0,303	0,303	0,369	0,166	0,086	0,086
60	0,386	0,373	0,186	0,207	-2,224	2,373
75	0,811	0,723	0,094	0,406	-2,256	2,342
90 (L)	1,790	1,370	0,075	0,786	0,0	0,0

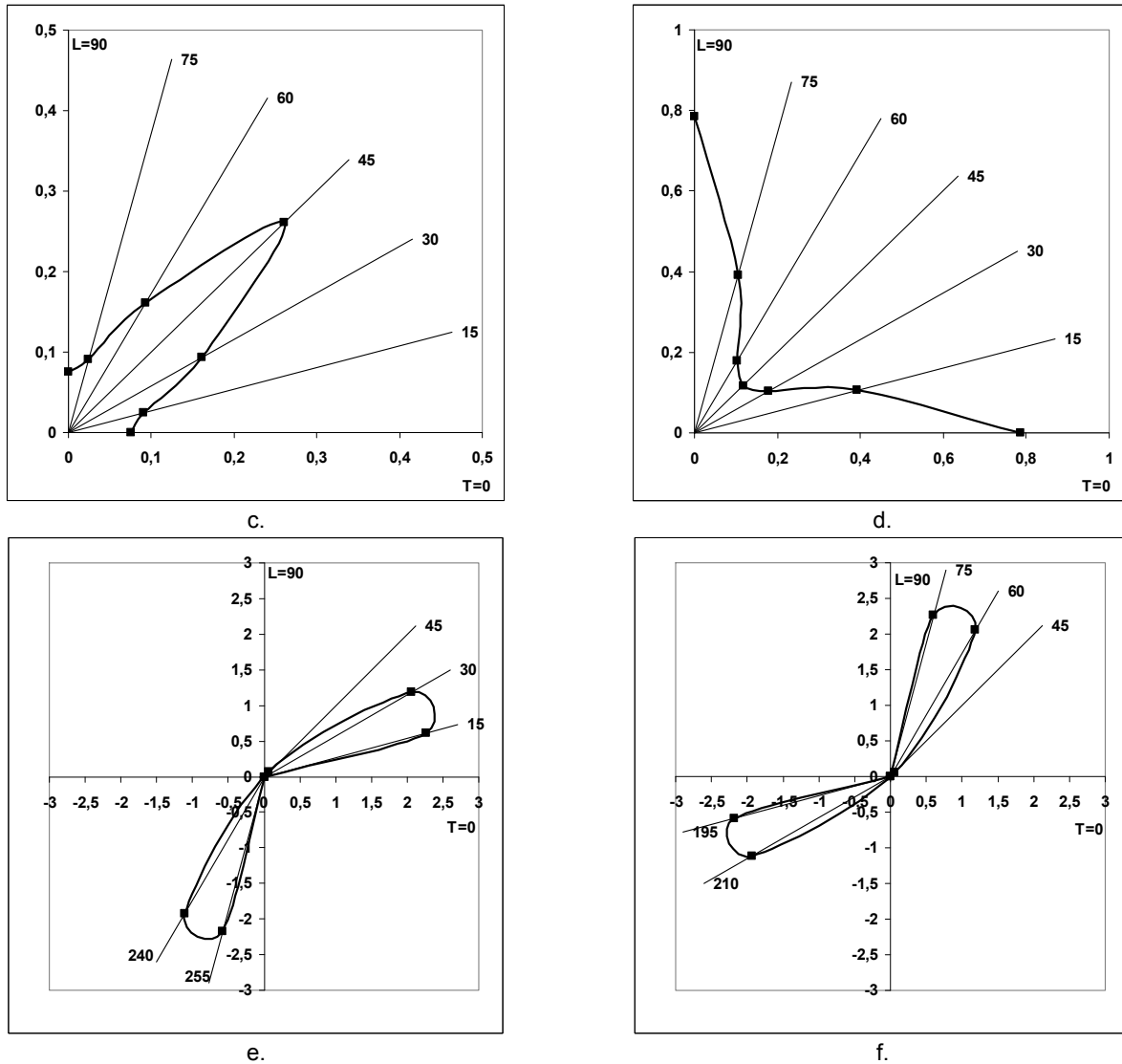
Računske vrijednosti konstanta elastičnosti E_x , E_y , G_{xy} , ν_{xy} , α_x , α_y , iz Tablice 4, grafički su prikazane polarnim dijagramima, slika 4.



a.



b.



Slika 4: Polarni dijagrami elastičnih konstanti: a) E_x [N/mm²], b) E_y [N/mm²], c) G_{xy} [N/mm²], d) v_{xy} , e) α_x , f) α_y

U polarnim dijagramima je definiran smjer povećanja kuta od 0°(smjer potke) do 90°(smjer osnove). Pozitivan smjer povećanja kuta je u suprotnom smjeru od smjera kazaljke na satu. Kut 15° se izražava kao 15° i 195°, a kut 30° se izražava kao 30° i 210°, i tako dalje.

5. Diskusija

Tkanina u keper 2/2 vezu ima najveće produljenje (istezanje) kada vlačna sila djeluje pod kutovima 45° i 60° u odnosu na potku. Najmanje produljenje je u smjeru potke, a u smjeru osnove je produljenje neznatno veće, slika 3a. Keper 2/2 ima najveću vlačnu čvrstoću kada sila istezanja djeluje u longitudinalnom smjeru (smjer osnove) i postupno se smanjuje do vrijednosti kada sila djeluje u transverzalnom smjeru (smjer potke). Najmanja vlačna čvrstoća kepera 2/2 je kada sila djeluje u smjerovima 30° i 45° prema potki, slika 3b. Dijagrami elastičnih konstanti E_x i E_y su prikazani na slici 4 a, b. Najmanja vrijednost E_x se nalazi uvijek pod kutom 45° i pri tom kutu E_y je isti kao E_x . Po definiciji, E_y je jednak E_x ako je jedan od kutova φ komplementaran drugome kutu. Iz dijagrama je također vidljivo da se najveće vrijednosti E_x i E_y nalaze u smjeru osnove (90°) i smjeru potke (0°). Vrijednosti elastične konstante E_x su najveće kad sila istezanja djeluje u smjeru osnove (90°), zatim se smanjuje što je vidljivo kod kutova od 75° i 60°, a pri 45° poprima najmanju vrijednost, te lagano raste (kut 15°) prema 0° (smjer potke) gdje dostiže vrijednost koja je manja od one u smjeru osnove (90°), slika 4a. Vrijednosti elastične konstante E_y imaju najveću vrijednost kod 0° kada sila istezanja djeluje u smjeru potke, kod 45° poprimaju najmanju vrijednost i zatim E_y raste gdje pri 90° poprima vrijednost koja je manja od one kada sila istezanja djeluje u smjeru potke, slika 4b. Dijagram elastične konstante G_{xy} prikazan je na slici 4c. Dijagram je simetrična krivulja obzirom na kut od 45°. Pri tom kutu G_{xy} poprima najveću vrijednost za keper 2/2. Kad sila istezanja djeluje u smjeru osnove (90°) i potke (0°)

elastične konstante G_{xy} tkanine imaju najnižu vrijednost. Vrijednosti G_{xy} u smjeru osnove i u smjeru potke su međusobno jednake, odnosno uočava se kako su za komplementarne kutove elastične konstante G_{xy} međusobno jednake. Na slici 4d. dijagram prikazuje vrijednosti elastične konstante v_{xy} koji poprimaju oblik „letećeg galeba“, a minimalna vrijednost ove konstante se nalazi na kutu od 45° i simetrična je obzirom na taj kut. Najveće vrijednosti elastične konstante v_{xy} se postižu kada sila istezanja djeluje u smjeru osnove (90°) i potke (0°). Zatim se te vrijednosti smanjuju s porastom kuta (kut od 30°), pa pri 45° dostižu najmanju vrijednost i zatim rastu (kut od 60°) do 90° . Za kutove koji su komplementarni vrijednosti v_{xy} su međusobno jednake. Na slici 4e, f, koeficijenti α_x i α_y poprimaju maksimalne i minimalne vrijednosti između kutova 0° i 90° . Pri tome treba uočiti da je oblik krivulje koeficijenta α_x upravo obrnut obliku krivulje koeficijenta α_y i kutovi su im komplementarni. Zbroj njihovih vrijednosti (α_x i α_y) biti će jednak nuli.

6. Zaključak

Rezultati ispitivanja E_x , E_y , G_{xy} , v_{xy} , α_x , α_y su gotovo jednaki njihovim izračunatim vrijednostima što potvrđuje da se ranije navedene teorijske jednadžbe (1-6) s visokom točnošću mogu koristiti za izračun elastičnih konstanti tkanine. Polarni dijagrami na slikama 3 i 4 jasno ilustriraju anizotropnu prirodu tkanine, pa stoga se tkanine mogu definirati kao ortogonalni elastomeri, ako je sila istezanja (vlačna sila) koja djeluje na tkanine mala. Vlačna čvrstoća kepera 2/2 se mijenja u ovisnosti o smjeru djelovanja vlačne sile u odnosu na transverzalni smjer (potka). Vlačna čvrstoća uzorka je najveća u uzdužnom (longitudinalnom) smjeru. Najveća otpornost uzorka obzirom na produljenje je u smjeru osnove. Uzorak će izdržati najveću vlačnu prekidnu silu, uz najmanje produljenje, ako sila djeluje u smjeru osnove.

Elastične konstante se mijenjaju u ovisnosti kuta ϕ (smjer djelovanja vlačne sile). Elastične konstante E_x i E_y poprimaju najveće vrijednosti kada sila istezanja djeluje za kut 0° i 90° , a minimalnu vrijednost dostižu pri kutu od 45° . Elastična konstanta G_{xy} je simetrična obzirom na kut od 45° i maksimalnu vrijednost postiže upravo pri tom kutu. Krivulja elastične konstante v_{xy} poprima minimalnu vrijednost za kut od 45° i simetrična je obzirom na taj kut. Krivulje koeficijenata α_x i α_y međusobno su inverzne. Ako su kutovi pod kojima sila istezanja (vlačna sila) djeluje na tkanine međusobno komplementarni tada je $E_x=E_y$ i $\alpha_x=\alpha_y$.

Literatura

- [1] Geršak, J.: *Mehanske in fizikalne lastnosti tekstilnih materijalov*, Fakulteta za strojništvo, Oddelek za tekstilstvo, ISBN: 86-435-0754-7, Maribor, (2006)
- [2] Hu, J.: *Structure and Mechanics of Woven Fabrics*, Woodhead Publishing Ltd., ISBN 0-8493-2826-8, Cambridge, England, (2004)
- [3] Shanahan, W. J. et al.: Characterizing the Elastic Behavior of Textile Fabrics in Complex Deformations, *Textile Research Journal*, Vol. 48 (1978.) 9, 495–505
- [4] Azzi, V. D. & Tsai, S. W.: *Anisotropic Strength of Composites*, *Experimental Mechanics*, **5** (1965) 9, 283-288, ISSN 0014-4851
- [5] Pan, N. & Yoon, M-Y.: Structural Anisotropy, Failure Criterion, and Shear Strength of Woven Fabrics, *Textile Research Journal*, Vol. 66 (1996.) 4, 238-244
- [6] Kovar, R. & Gupta, B. S.: Study of the Anisotropic Nature of the Rupture Properties of a Plain Woven Fabric, *Textile Research Journal*, Vol. 79 (2009.) 6, 506-516
- [7] Pan, N.: An Analysis of Woven Fabric Strength: Prediction of Fabric Strength Under Uniaxial and Biaxial Extensions, *Composites Science and Technology*, Vol. 56 (1996) 3, 311-327, ISSN 0266-3538
- [8] Lekhnitskii, S. G.: *Theory of Elasticity of an Anisotropic Elastic Body*, Mir Publishers, Moscow, (1981)
- [9] Sun H.: On the Poisson's ratios of a woven fabric, *Composite Structures*, Vol. 68 (2005.) 4, 505-510
- [10] Bassett R. J. et al.: Experiment Methods for Measuring Fabric Mechanical Properties: a Review and Analysis, *Textile Research Journal*, Vol. 69 (1999.) 11, 866–875
- [11] Zouari R. et al.: Experimental and numerical analyses of fabric off-axes tensile test, *The Journal of The Textile Institute*, Vol. 101 (2010.) 1, 58–68

ISTRAŽIVANJE BARIJERNIH SVOJSTAVA MEDICINSKIH TEKSTILIJA

BARRIER PROPERTIES OF MEDICAL TEXTILES

Beti ROGINA-CAR & Drago KATOVIĆ

Sažetak: Zbrinjavanje medicinskog otpada je skupo i neekonomično, pa se nastoji u bolnicama umjesto jednokratnih medicinskih tekstilija, uvesti korištenje višekratnih medicinskih tekstilija sa odgovarajućim barijernim svojstvima. Proces sterilizacije medicinskih tekstilija održava sterilnost proizvoda do trenutka uporabe kod čega sustav mikrobne barijere pruža zaštitu od prodora mikroorganizama. U radu se nastojala istražiti problematika barijernih svojstva medicinskih tekstilija s posebnim osvrtom na mehanička oštećenja nastala u procesu izrade pri šivanju, te mogućnost obrade tekstila s ciljem poboljšanja ovih svojstava. U tu svrhu konstruiran je i izveden potpuno novi uređaj za ova mjerenja.

Abstract: Disposal of medical waste is expensive and uneconomical. Efforts are made to introduce the use of reusable medical materials with appropriate barrier properties in hospitals instead of medical disposables. The sterilization process of medical textiles sustains the sterility of the product until the use whereby the microbial barrier system provides protection against the penetration of microorganisms. The paper explores the problems of barrier properties of medical textiles with special reference to mechanical damages caused during sewing and the possibility of textile treatment with the aim of improving these properties. A completely new instrument for these measurements was designed.

Ključne riječi: Medicinski tekstilije, barijerna svojstva, sterilizacija

Keywords: Medical textiles, barrier properties, sterilization

1. Uvod

Procesom sterilizacije uništavaju se ili odstranjuju sve vrste i svi oblici mikroorganizama. Zadaća medicinskih tekstilija je održavati sterilnost proizvoda do trenutka uporabe kod čega sustav mikrobne barijere pruža zaštitu od prodora mikroorganizama. Uvođenjem višekratnih medicinskih tekstilija sa mikrobnom barijerom smanjuju se troškovi zbrinjavanja medicinskog otpada u koji spadaju i jednokratne medicinske tekstilije [1]. Cilj antimikrobne obrade je poboljšanje zaštitnih i higijenskih svojstava tekstilija od mikroorganizama koji se svrstavaju u tri kategorije: bakterije, gljivice i alge [2].

Pošto je propusnost zraka usko povezana sa propuštanjem vode bilo u obliku vodene pare ili tekućine u radu su ispitane obje propusnosti. Na propusnost zraka utjeću slijedeće karakteristike: gustoća tkanine odnosno gustoća osnove i gustoća potke, uvojitost pređe, debljina tkanine, poroznost, konstrukcija i geometrija tkanine [3-4]. Svrha ovog istraživanja je ispitati barijerna svojstva tekstilnog materijala, u ovisnosti o obradi i mehaničkih oštećenja nastalih u procesu šivanja.

2. Eksperimentalni dio

Za pretpostaviti je da propusnost zraka i propusnost vode ima također utjecaja na barijerna svojstva tekstilnog materijala s obzirom na prolaznost mikroorganizama. U svrhu ispitivanja barijernih svojstava medicinskih tekstilija ispitana je permeabilnost zraka (R) prema metodi EN ISO 9237, ispitivanje vodoodbojnosti po Bundesmann metodi, tvrtke Erhardt-Leimer, Njemačka, te je razvijena aparatura za ispitivanje mikrobiološke propusnosti medicinskih tekstilija. Ispitivana su barijerna svojstva 100 % pamučne tkanine obrađene protiv vodoodbojnosti i uljeodbojnosti. Karakteristike ispitivane tkanine prikazane su u tablici 1.

Tablica 1: Svojstva primjenjenog tekstilnog materijala:

Artikl	Sirovinski sastav	Površinska masa (g/m ²)	Gustoća osnove (niti/cm)	Gustoća potke (niti/cm)	Vez
Taverna	Pamuk 100%	190	40	28	A1/4(2)

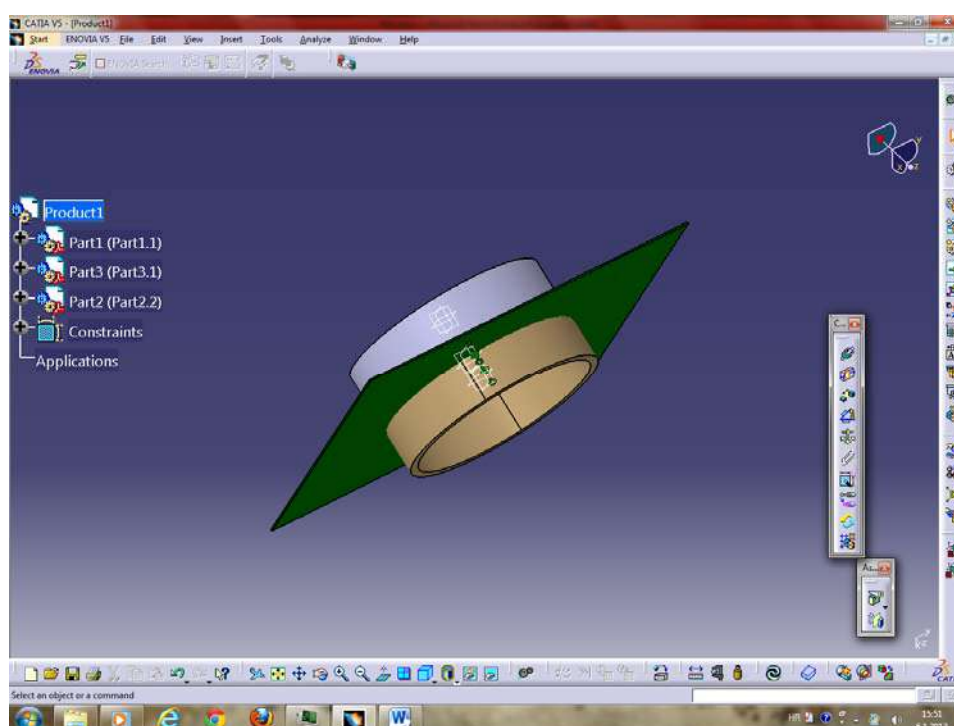
Tekstilni materijal obrađen je u fularu sa rasteznom sušionikom oznake TKF 15/M350 +LFV/2 350R, Benz, Švicarska sa slijedećim uvjetima: efekt cijedenja $E_C = 80\%$; brzina prolaska 2 m/min, temperatura sušenja $T_S = 110\text{ }^\circ\text{C}$, $t = 2$ min, temperatura kondenzacije $T_K = 170\text{ }^\circ\text{C}$, $t = 90$ s. U tablici 2 prikazana je primijenjena apretura.

Tablica 2: Primijenjena apretura

Apretura	pH	OLEOPHOBOL CB neu (CIBA) (g/l)	HYDROPHOBOL XAN (CIBA) (g/l)
Vodoodbojna i uljeodbojna apretura	2,5-4,5	60	15

3. Rezultati

U cilju rješavanja problema ispitivanja barijernih svojstava medicinskih tekstilija konstruirana je i izvedena aparatura prikazana na slici 1.



Slika 1: Nova aparatura za ispitivanje mikrobiološke barijere medicinskih tekstilija

Propusnost zraka ispitana je na uređaju za ispitivanje propusnosti zraka u Laboratoriju za tekstilna vlakna i ispitivanja [5]. Uzorci su kondicionirani, a ispitivanja su provedena pri standardnim uvjetima (relativna vlažnost $RH = 65 \pm 2\%$ i temperatura $20 \pm 20^\circ\text{C}$). Rezultati permeabilnosti zraka R izračunavaju se prema slijedećem izrazu:

$$R = \frac{q_v}{A} \cdot 167 \text{ [mm/s]}$$

q_v – aritmetička sredina struje zraka [dm^3/min], [L/min],
 A – površina ispitivanog uzorka [cm^2],
 167 – faktor preračuna.

Rezultati ispitivanja permeabilnosti zraka R prikazani su u tablici 3.

Tablica 3: Permeabilnost zraka R:

Uzorak	Opis	R [mm/s]
U1	Sirova tkanina	262,5
U2	Apretirana tkanina	168,3
U3	Sirova tkanina prošivena bez konca	248,5
U4	Sirova tkanina prošivena bez konca pa apretirana	218,4
U5	Apretirana tkanina prošivena bez konca	187,0
U6	Sirova tkanina prošivena PES koncem	245,5
U7	Sirova tkanina prošivena PES koncem pa apretirana	202,4
U8	Apretirana tkanina prošivena PES koncem	212,4
U9	Sirova tkanina prošivena PAM koncem	239,2
U10	Sirova tkanina prošivena PAM koncem pa apretirana	212,4
U11	Apretirana tkanina prošivena PAM koncem	188,7
U12	Sirova tkanina prošivena tipom šava 1.01.02/301.504	339,7
U13	Sirova tkanina prošivena tipom šava 1.01.02/301.504 pa apretirana	324,6

Bundesmann Tip BP-2 je namijenjen za ispitivanje vodoodbojnosti tekstilnih materijala postupkom okišnjavanja u definiranim uvjetima.

Kao rezultat ispitivanja daje se ocjena izgleda okišnjavane površine, količina zadržane i količina propuštene vode, prema standardu ISO 9865 [6]. Rezultati ispitivanja vodoodbojnosti po Bundesmann metodi prikazani su u tablici 4, a ispitivanja su provedena u Zavodu za tekstilnu kemiju i ekologiju, Tehnološki laboratorij za oplemenjivanje tekstila.

Tablica 4: Rezultati ispitivanja vodoodbojnosti po Bundesmann-u:

Uzorak	Izgleda okišnjavane površine	Količina zadržane vode [ml]	Količina propuštene vode [ml]
U1	1	2,8	12,5
U2	5	0,4	0
U3	1	2,7	12,5
U4	5	0,4	23,0
U5	5	0,5	23,0
U6	1	2,8	27,5
U7	4	0,4	25,0
U8	5	0,4	18,5
U9	1	2,7	10,5
U10	4	0,5	23,8
U11	5	0,5	26,5
U12	1	3,5	21,5
U13	4	0,6	48,0

4. Zaključak

Iz rezultata vidljivo je da propusnost zraka sirove tkanine $R = 262,5 \text{ mms}^{-1}$ znatno viša od propusnosti obrađene tkanine $R = 168,3 \text{ mms}^{-1}$. Propusnost zraka apretirane tkanine sa mehaničkim oštećenjima odnosno prošivene bez konca iznosi $R = 187,0 \text{ mms}^{-1}$ što je nešto manje povećanje. Također je uočljivo da je naknadna obrada nakon šivanja dala bolje rezultate od prethodno apretirane tkanine. Međutim, nasuprot toga vodoodbojna obrada pamučnog materijala ima znatnog utjecaja na količinu propuštene vode $Q = 0 \text{ ml}$, dok je količina propuštene vode prošivenog uzorka znatno porasla $Q = 23 \text{ ml}$.

U daljnjem radu ispitati će se odnos propusnosti pamučne tkanine na protok zraka, vode te usporediti s propusnošću mikroorganizama.

Literatura

- [1] Bojić-Turčić, V.: *Sterilizacija i dezinfekcija u medicini*, Medicinska naklada i Medicom, ISBN 953-176-024-1, Zagreb, (1994)
- [2] Bischof Vukušić, S.; Flinčec Grgac, S. & Katović, D.: Antimikrobna obrada tekstilija i problematika metoda ispitivanja, *Tekstil*, **56** (2007) Br. 1, str. 36-49, ISSN 0492-5882
- [3] Pamuk, G. & Çeken, F.: Istraživanje propusnosti zraka tekstilija za navlake automobilskih sjedala, *Tekstil*, **57** (2008) Br. 3, str. 102-108, ISSN 0492-5882
- [4] Petrulyte, S. & Baltakyte, R.: Istraživanje propusnosti zraka frotirnih tkanina u ovisnosti o primijenjenom postupku dorade, *Tekstil*, **57** (2008) Br. 1-2, str. 21-27, ISSN 0492-5882
- [5] EN ISO 9237 - Textiles - Determination of the Permeability of Fabrics to Air
- [6] ISO 9865 – Tekstil – Određivanje vodoodbojnosti tkanine prema Bundesmann testu kišnog tuša

TOPLINSKA SVOJSTVA PLETIVA NASLOJENIH POLIURETANOM RAZLIČITE PROPUSNOSTI

THERMAL PROPERTIES OF POLIURETHANE COATED KNITTED FABRIC WITH DIFFERENT PERMEABILITY

Zenun SKENDERI; Ivana SALOPEK ČUBRIĆ & Vesna Marija POTOČIĆ MATKOVIĆ

Sažetak: Ispitana su toplinska svojstva poliuretanom naslojenih pletiva. Odabrane su dvije pletene podloge i tri različita poliuretanska nanosa, ukupno šest uzoraka naslojenih pletiva. Otpor prolazu topline i otpor prolazu vodene pare kod opisanih materijala mjeren je pomoću uređaja vruće ploče. Razlike u vrstama poliuretanskih nanosa jače su izražene u otporu prolazu vodene pare. Rezultati su pokazali da nepropusni poliuretanski nanos iz baze kopolimera poliestera/polietera pruža visoki otpor prolazu vodenoj pari, polupropusni poliuretan iz baze poliestera pruža daleko manji otpor prolazu vodenoj pari, a dišući poliuretan iz hidrofilnog poliestera daje najmanji otpor prolazu vodene pare. Razlike otporu prolazu topline, s obzirom na vrstu poliuretanskog nanosa, manje su, ali ipak vidljive.

Abstract: Thermal properties of polyurethane coated knitted fabrics were tested. Two knitted substrates and three different layers of polyurethane, all together six samples coated fabrics were selected. Heat resistance and water vapor permeability of the described materials were measured using a sweating guarded hotplate device. Differences in the types of polyurethane layers are more noticeable in water vapor permeability. Impermeable polyurethane layer from the polyester/polyether base provides high resistance to water vapor passing, layer of semipermeable polyurethane from the base of polyester offers far less resistance to water vapor passing, and the breathing polyurethane layer from the base of hydrophilic polyester gives the smallest resistance to the passage of water vapor. Differences in heat resistance, due to the type of polyurethane coating, are smaller, but still visible.

Cljučne riječi: otpor prolazu topline, otpor prolazu vodene pare, nasloženo pletivo, poliuretan

Keywords: heat resistance, water vapour resistance, coated knitted fabric, polyurethane

1. Uvod

Nasložena pletiva vrlo su interesantna jer pokazuju brojna pozitivna svojstva, a ipak su malo istražena. Osnovna značajka naslojenih pletiva je veća istezljivost u odnosu na nasložene tkanine, što u mnogim područjima primjene naslojenog tekstila može biti nedostatak. Ipak, veća istezljivost može biti prednost u proizvodnji naslojenih tekstilija za zaštitnu odjeću, gdje veća istezljivost znači i veću udobnost i pokretljivost tijela. Također, variranjem mase, debljine i gustoće pletiva, te karakteristika upotrijebljene pređe, moguće je dobiti pletivo željenih svojstava. Materijal za naslojavanje je često poliuretan, polivinilklorid ili poliakrilat, a svi navedeni imaju određene prednosti i nedostatke [1]. Prednosti poliuretanskog nanosa, u odnosu na druge polimere, su veća postojanost na abraziju i cijepanje, veća čvrstoća i trajnost, vodoodbojni su, mogu biti obrađeni antibakterijski, antialergijski, protiv gljivica i pljesni, protiv gorenja, te se mogu obraditi antistatički [2, 3]. Također, razvijeni su i mikroporozni poliuretanski nanosi propusni za vodenu paru i upravo su oni predmet ovog istraživanja. Istraživanja toplinskih svojstava naslojenih pletiva nisu brojna. Sybilska i Korycki analizirali su nasložene tekstilije s polupropusnom membranom i zaključili kako je teško napraviti model prijenosa topline i vodene pare kroz takve strukture [4]. Schneider [5], te Holcombe i Hoschke [6] zaključuju kako je u prijenosu topline kod pletenih struktura važna vodljivost vlakana, a Salopek i Skenderi razmatraju utjecaj finoće pređe i debljine pletiva [7]. U ovom radu istražuje se utjecaj tri različita poliuretanska nanosa nasložena na dvije vrste pletiva, na otpor prolazu topline i vodene pare.

2. Eksperimentalni dio

Za istraživanje su odabrane dvije pletene podloge i tri poliuretanska nanosa, odnosno šest naslojenih pletiva (tab. 1). S P1 označeno je poliamidno glatko desno-lijevo pletivo, a s P2 poliestersko interlok pletivo. Prva vrsta poliuretanskog nanosa priređena je iz baze kopolimera poliestera/polietera koji daje nepropusni kompaktni poliuretanski nanos (PU1), druga iz baze poliestera koji se koristi za dobivanje nanosa sa umjerenim propuštanjem vodene pare (PU2), a treća vrsta nanosa dobivena je iz hidrofilnog poliestera koji

se koristi za dobivanje poliuretanskih nanosa koji dobro propuštaju vodenu paru (PU3). Poliuretan je na pletivo nanošen transfer postupkom. Poliuretanska pasta je nanošena pomoću pumpe na papir-nosač. Kao što je vidljivo iz tablice 1, poliuretanski nanosi gotovo su jednakih prosječnih debljina i masa.

Tablica 1: Svojstva naslojenih pletiva

Uzorak naslojenog pletiva	Preplet podloge	Masa podloge (gm ⁻²)	Debljina podloge (mm)	Poliuretanski nanos	Masa nanosa (gm ⁻²)	Debljina nanosa (mm)
P1PU1	glatki desno-lijevi	110	0,68	PU iz baze kopolimera poliestera/polietera	77	0,16
P2PU1	interlok	109	0,5	PU iz baze kopolimera poliestera/polietera	77	0,16
P1PU2	glatki desno-lijevi	110	0,68	PU iz baze poliestera	80	0,15
P2PU2	interlok	109	0,5	PU iz baze poliestera	80	0,15
P1PU3	glatki desno-lijevi	110	0,68	PU iz baze hidrofilnog poliestera	81	0,16
P2PU3	interlok	109	0,5	PU iz baze hidrofilnog poliestera	81	0,16

2.1 Metoda ispitivanja

Otpor prolazu topline i otpor prolazu vodene pare opisanih materijala mjereni su pomoću uređaja vruća ploča proizvođača Measurement Technology Northwest. Ispitivanje otpora prolazu topline vršeno je na temperaturi zraka 20°C i relativnoj vlažnosti 65%, a ispitivanje otpora prolazu vodene pare na 35°C i 40%, relativne vlažnosti zraka [8].

Masa pletiva, poliuretanskog nanosa i pletiva naslojenog poliuretanom određena je prema normi HRN EN ISO 2286-2:2008. Normom je predviđeno na koji način odvojiti nanos od supstrata, te veličina i broj uzoraka koji se važu (5 uzoraka površine 100 cm²), [9].

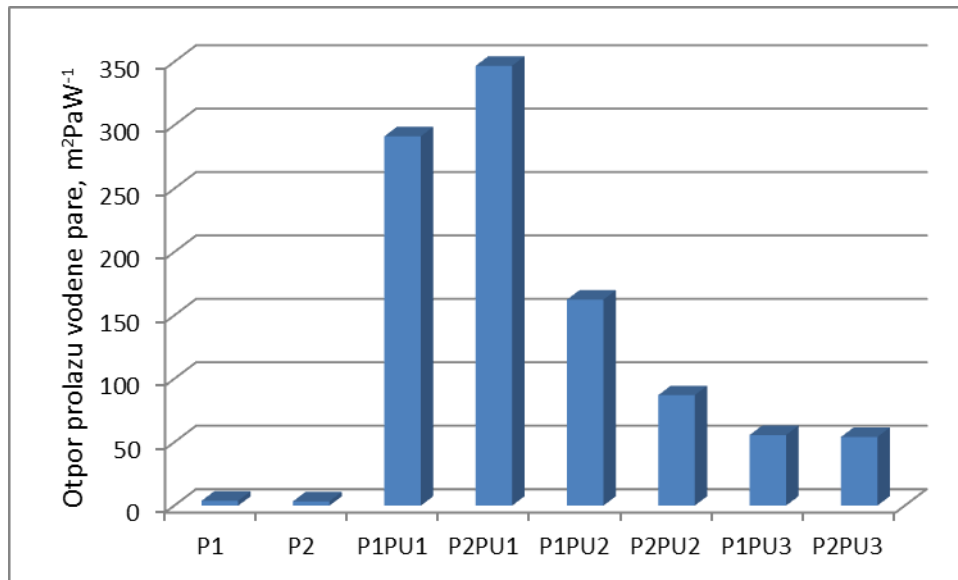
Debljina uzoraka mjerena je prema normi EN ISO 5084: 1996 [10].

3. Rezultati i rasprava

Kao podloga za izradu naslojenih pletiva korišteno je glatko desno-lijevo pletivo i interlok pletivo sličnih površinskih masa (109 i 110 g m⁻², tab. 1) i različite debljine (0,68 te 0,5 mm). Vrijednosti izmjerenog otpora za navedene uzorke su 3,9 m²PaW⁻¹ za glatko desno-lijevo pletivo i 3,4 m²PaW⁻¹ za interlok pletivo (sl. 1).

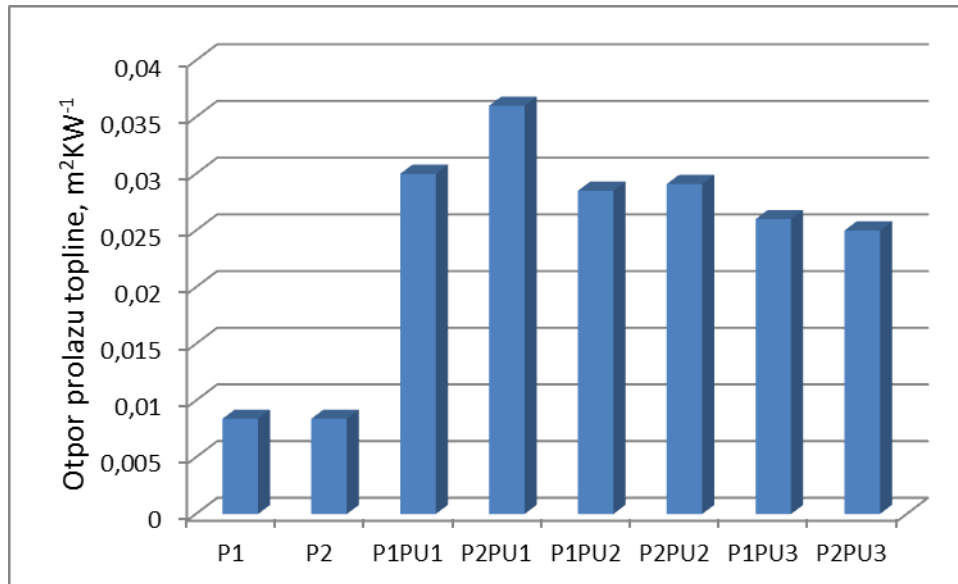
Naslojavanjem navedenih pletiva, otpor prolazu vodene pare se u značajnoj mjeri povećava, a vrijednosti su u rasponu 54,112 - 346,814 m²PaW⁻¹. Usporede li se vrijednosti otpora prolazu vodene pare uzoraka koji imaju jednaku podlogu, a različit poliuretanski nanos (uzorci P1PU1:P1PU2:P1PU3 ili P2PU1:P2PU2:P2PU3), uočavaju se značajne razlike. Za obje promatrane skupine uzoraka, najveći otpor pružaju uzorci kod kojih je poliuretanski nanos iz baze kopolimera poliestera/polietera. Otpor koji prolazu vodene pare pružaju navedeni uzorci je do 6 puta veći od otpora koji pružaju uzorci naslojeni poliuretanom iz baze hidrofilnog poliestera. S obzirom na izmjerene vrijednosti, sva pletiva mogu nositi oznaku klasa 1 prema EN 343 koja opisuje zahtjeve koji se postavljaju na materijale za zaštitu od kiše [11].

Navedeni rezultati potvrdili su da je otpor koji prolazu vodenoj pari pružaju materijali s nepropusnim nanos iz baze kopolimera poliestera/polietera značajno veći od istog koji pružaju „dišući“ materijali.



Slika 1: Otpor prolazu vodene pare pletiva korištenih za podlogu i naslojenih pletiva

Otpor prolazu topline pletiva korištenih za podlogu (glatkog desno-lijevog i interlok pletiva) je jednak i iznosi $0,008 \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$ (sl. 2). Kao što je to bio slučaj s otporom prolazu vodene pare, i otpor prolazu topline se naslojavanjem značajno mijenja. Izmjerene su vrijednosti u rasponu od $0,025$ do $0,036 \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$, što u odnosu na vrijednosti izmjerene za podloge predstavlja povećanje veće od 300%. Utjecaj vrste poliuretanskog nanosa na prolaz topline, za razliku od prethodno diskutiranog utjecaja na prolaz vodene pare, je također uočen, no razlike nisu toliko značajne. Tako je otpor prolazu topline desno-lijevog pletiva naslojenog poliuretanom iz baze hidrofilnog poliestera 13% veći od otpora pletiva naslojenog poliuretanom iz baze kopolimera poliestera/polietera. Kod naslojenih pletiva koji kao podlogu imaju interlok pletivo, razlika otpora prolazu topline je 30%.



Slika 2: Otpor prolazu topline pletiva korištenih za podlogu i naslojenih pletiva

4. Zaključci

U radu su ispitana pletiva s poliuretanskim nanosima kako bi se istražio utjecaj podloge i samog nanosa na prolaz topline i vodene pare. Rezultati su pokazali da otpor prolazu vodenoj pari izrazito ovisi o vrsti poliuretana koji se naslojava.

Iako različiti poliuretanski nanosi primarno utječu na promjenu otpora prolazu vodene pare, rezultati su pokazali da u određenoj mjeri utječu i na otpor prolazu topline. Poliuretanski nanos s najvećim otporom

prolazu vodene pare, imat i najveći otpor prolazu topline i obrnuto. No, kod ovog svojstva razlike u vrijednostima otpora nisu tako izrazite kao što je to bio slučaj kod otpora prolazu vodene pare (razlika u vrijednostima otpora prolazu topline je 16 i 30%).

Literatura

- [1] Soljačić, I.: Umjetna koža, U *Tehnička enciklopedija, svezak 13*, Leksikografski zavod "Miroslav Krleža", 9789536036509, Zagreb (1997), str. 344.
- [2] Poje-Stella, M.: Razvoj i primjena poliuretanskog prevlačenja za specijalne svrhe, *Tekstil* **51** (2002) 10, 470-477, ISSN: 0492 - 5882
- [3] Skenderi, Z. i sur.: Kompoziti od pletiva i poliuretana, *Zbornik 3. znanstveno-stručnog savjetovanja tekstilna znanost i gospodarstvo*, str. 121-124, Zagreb, siječanj 2010.
- [4] Sybilska, W., Koryczki, R.: Analysis of Coupled Heat and Water Vapor Transfer in Textile Laminated with a Membrane, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, **18** (2010), 3, 65-69, ISSN. 1230-3666
- [5] Schneider, A.M., Hoschke, B.N., Goldsmith, H.J.: Heat Transfer through Moist Fabrics. *Text. Res. J.*, **62** (1992), 61-66, ISSN: 0040-5175
- [6] Holcombe, B.V., Hoschke, B.N.: Dry Heat Transfer Characteristics of Underwear fabrics. *Text. Res. J.*, **53** (1983), 368-374, ISSN: 0040-5175
- [7] Salopek Čubrić, Skenderi, Z.: Yarn and knitted fabric parameters that affect heat resistance, *Melliand Textil Int.*, **15** (2009), 144-145, ISSN 0341-0781
- [8] ISO 11092 Textiles -- Physiological effects -- Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded-hotplate test)
- [9] HRN EN ISO 2286-2:2008 Plošne tekstilije naslojene gumom ili plastikom – Određivanje svojstava namotka – 2. dio: Metode određivanja ukupne površinske mase, površinske mase nasloja i površinske mase podloge
- [10] EN ISO 5084: 1996 Textiles -- Determination of thickness of textiles and textile products
- [11] EN 343:2003 Protection against rain



SEKCIJA F

DIZAJN I MARKETING

SECTION F

DESIGN AND MARKETING

DIZAJN, RAZVOJ I IZRADA MODELA CIPELE PREMA ZADANOJ FORMI

DESIGN, DEVELOPMENT AND THE CONSTRUCTION OF THE MODEL SHOE ACCORDING TO THE INFLICTED FORM

Antonio MOHENSKI; Suzana KUTNJAK-MRAVLINČIĆ; Jadranka AKALOVIĆ & Nenad KUDELIĆ

Sažetak: Put od ideje do realizacije gotovog modela obuće kompleksan je i zahtjevan proces koji uključuje pomirenje niza faktora u samom oblikovanju; funkcionalnih, ergonomskih, ekonomskih, estetskih i tehnoloških. Proces realizacije modela uključuje pripremu u razvoju modela, odabir materijala, konstrukciju, modeliranje prema odabranom kalupu, krojenje, šivanje, montažu te završnu doradu i pakiranje gotovog proizvoda. Ideja o radu razvila se iz želje za dizajniranjem anatomske i ergonomske obuće. Formu zadaje visina petnog dijela od minimalnih 2 cm, a prema zadanoj formi i namjeni, kreirana je klasična i visoka tzv. casual muška cipela. Proces započinje istraživanjem i izgrađivanjem ideje prema zadanim parametrima nizom skica, slijedi odabir idejnog rješenja koje najviše odgovara postavljenim zahtjevima te priprema za realizaciju modela. Realizirani model cipela ispunio je postavljeni cilj anatomije i ergonomije, a to je potvrđeno stručnom evaluacijom razvijenog proizvoda.

Abstract: The way from the idea to full realisation of the complete model is a complex and demanding process which includes the reconciliation of number of factors in development: functional, ergonomical, economical, estetical and technological. The process of a model realization includes preparation in development of the model, selection of material, construction, modeling by the chosen last, tailoring, sewing, montage, the final processing and packaging of the finished product. The idea was developed from a desire to design an anatomical and ergonomical footwear. The form is set by the height of the heel part, which has to be a minimum of two centimetres. According to the form and purpose, so called classic casual man shoe was designed. The process begins with the research and creating the idea according to the set of parameters, with a series of sketches, which is followed by choosing the ideal solution which conforms with the set of demands and then comes the preparation to realising the model. The finished shoe model has accomplished its appointed goal of the anatomy and the ergonomics and that is confirmed by the professional evaluation of the finished product.

Ključne riječi: Dizajn, Ergonomija, Anatomija, Obuća

Keywords: Design, Ergonomics, Anatomy, Footwear

1. Uvod

Dizajn kao stvaralačka aktivnost u oblikovanju uporabnih proizvoda treba zadovoljiti niz faktora: estetskih, funkcionalnih, tehnoloških, ekonomskih i humanih. Tendencije današnje masovne potrošnje i medijski stvarane želje za kupnjom novih proizvoda često interes prebacuju u korist umjetno stvorenih statusnih simbola ili modnih noviteta te je zanemarena važna funkcija dizajna, a to je zadovoljavanje stvarnih ljudskih potreba. Zadovoljavanje funkcionalnih, ergonomskih, tehnoloških, ekonomskih i humanih aspekata u oblikovanju obuće ponekad je mnogo teže postići nego vizualno - atraktivne odrednice. Analiza pojedinih navedenih segmenata može se provoditi i od strane korisnika kroz stvarnu uporabnu vrijednosti što je i glavna ideja realiziranih modela muških cipela opisanih u radu. U fazi osmišljavanja središte pozornosti usmjereno je na upotrebljivost modela obuće, ergonomske zahtjeve te odabir materijala koji svojom kvalitetom zadovoljavaju postavljene zahtjeve. Uspješnim dizajnerom smatra se onaj koji s najviše istančana i senzibilna duha i najboljom prosudbom uspije savladati mnoga proturječja. Djelatnost industrijskog dizajna aktivnost je koja se uvijek smješta uz mogućnosti koje pruža tehnički sustav u danom trenutku razvoja te prati umjetničko stvaranje koje je odgovorno za estetski razvoj [1].

Postupak razvoja modela obuhvaća fazu istraživanja postavljenih kriterija, postavljanje koncepta samog dizajna, izradu uzorka modela te evaluacija u suradnji sa stvarnim korisnikom.

2. Eksperimentalni dio

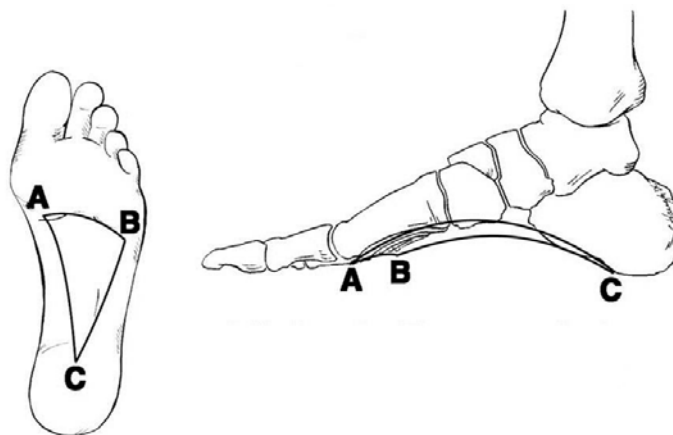
2.1 Anatomija i biomehanika stopala

Ljudsko stopalo je sa stajališta biomehanike jedna od najsloženijih struktura u ljudskom tijelu koja svojom kompleksnom građom omogućava uspravan hod čovjeka. Podlogu stopala čini kostur stopala izgrađen od mnoštva sitnih kostiju međusobno povezanih brojnim zglobnim plohami i svezama koji se putem gležnanske kosti uzglobljuje u tzv. gornjem i donjem nožnom zglobu sa kostima potkoljenice te zajedno sa njima čini složen koštano zglobni aparat koji prenosi i raspodjeljuje težinu tijela na podlogu. Razlikujemo statičke i dinamičke funkcije stopala. Sa stajališta statike postoje tri odnosno četiri uporišne točke kojima se stopalo upire o podlogu (slika 1).



Slika 1: Prikaz uporišnih točaka stopala

Jedna odnosno dvije točke nalaze se na petnoj kosti, dok druge dvije točke predstavljaju glavice prve i pete metatarzalne kosti. U zdravog stopala jasno su razvijeni uzdužni i poprečni lukovi stopala pri čemu je medijalni dio uzdužnog luka viši te njegova visina iznosi 15-18mm a lateralni dio niži, visine 3-5mm (slika 2).

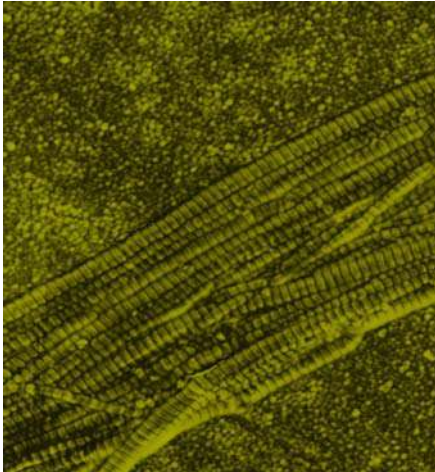


Slika 2: Stopalni lukovi (A-B poprečni luk, B-C lateralni uzdužni luk, A-C medijalni uzdužni luk)

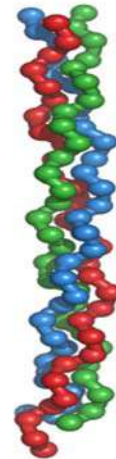
U današnje vrijeme svjedoci smo sve većeg broja deformiteta stopala kao što je spuštено stopalo kod kojeg su visine stopalnih lukova bitno poremećene a što je dobrim dijelom uvjetovano suvremenim načinom života, između ostalog i nošenjem neadekvatne obuće. Sa stajališta dinamike jedna od najvažnijih struktura stopala je tzv. gležanj odnosno gležnanski zglob koji se anatomski sastoji od gornjeg i donjeg nožnog zgloba koji zajedno tvore jednu dinamičku cjelinu koja se ponaša kao kuglasti zglob. Zahvaljujući njemu u normalnog zdravog stopala moguća je dorzalna fleksija stopala od 20-30° te plantarna ekstenzija od 40-50° kao i primicanje i odmicanje te rotacija stopala. Vrlo su česte združene kretnje koje dovode do inverzije i everzije stopala, a koje jednakim svakodnevnim opetovanim kretanjama u konačnici rezultiraju deformitetom stopala.

2.2 Materijali – koža

U građi sirove kože razlikuju se tri jasno razgraničena sloja: vanjski, srednji i unutrašnji sloj. U kemijskom sastavu sirove kože zastupljena je voda, masti, mineralne tvari i bjelančevine od kojih su najvažniji vlaknasti proteini (kolagen, keratin, elastin) [3, 5]. U tehnološkom procesu obrade sirove kože i dobivanja gotove važno je kvalitetno štavljenje i obrada središnjeg sloja (usmina, derma, corium) koji je nositelj većine svojstava kože. Usmina je najvažniji sloj sirovih koža koji u svom presjeku pokazuje mrežu vlakana i snopova vlakana (pojedinačna vlakna se paralelno spajaju u deblje snopove). Vlakna su građena od bjelančevina-uglavnom kolagena (90%), a osim kolagenskih vlakana usmina sadrži i oko 1% elastinskih vlakana [5].



Slika 3: Mikroskopski izgled kolagena [7]



Slika 4: Strukturni prikaz lanca [7]

Tehnološki proces prerade sirove kože u gotovu odvija se upravo na oplemenjivanju ovoga sloja njegovom kemijskom i mehaničkom obradom, a najvažnija je obrada sredstvima koja imaju štavna svojstva (vegetabilne i mineralne tvari). Proces štavljenja osniva se na raznim tipovima umrežavanja kolagenske strukture kovalentnim i dr. vezama, što bitno mijenja svojstva sirove kože i daje joj svojstva gotove kože prikladne za različitu uporabu [3, 5].

Gotove kože mogu primati i zadržavati velike količine vlage - do 30%). Ovo svojstvo gotove kože naziva se svojstvo skladištenja vlage. Kolagenska struktura omogućava kemijsko vezanje velike količine vode. Ova higijenska svojstva još uvijek čine kožu nezamjenjivim materijalom za izradu obuće [1, 6]. Plastično oblikovanje gotove kože također je važna osobina za izradu obuće. Lako se istežu pri slabijem opterećenju, ali pružaju velik otpor jačim silama. Zato kožna obuća npr. može donekle poprimiti i zadržati oblik noge. Mehanička svojstva gotovih koža (mehanička čvrstoća, čvrstoća na daljnje kidanje, dobra izolacijska svojstva, stabilnost na temperaturna djelovanja), ovisi o vlaknatoj strukturi kože i važna su svojstva u izradi korištenju obuće [5].

Za izradu modela korištene su sljedeće gotove kože: goveđi nubuk za lice gornjišta i svinjska podstava kao podstavni materijal. Goveđi nubuk je cijenjen obućarski artikl gotove kože dobiven tehnološkom obradom kromnom i/ili kombiniranom štavom, lagano brušenog lica kože. Tehnološki proces bojanja i maštenja uz uporabu specijalnih masnoća i kvalitetnih boja osigurava poželjan baršunasti izgled i opip. Punoća koža postiže se kontroliranim vođenjem postupaka ujednačavanja debljine, a mekoća i elastičnost kemijskim obradama i mehaničkim postupcima mekšanja koža u bačvi [4].

Podstavne kože korištene u izradi modela muške cipele su biljno, kromno ili kombinirano štavljene svinjske kože. Dobra proštavljenost, intenzivno ispiranje i umjereno mašćenje nužne su karakteristike dobro vođenog tehnološkog procesa obrade kože. Važna svojstva podstavnih koža su: mekoća, elastičnost, propusnost vodene pare i zraka, otpornost na znoj, čisto glatko lice, postojanost boje na znoj, vlagu, temperaturu [4].

Za prosuđivanje uporabne vrijednosti kože kao materijala, bitna je ocjena kvalitete njenih svojstava. Unatoč nastojanjima da se ova ispitivanja svedu na brojčane vrijednosti mjerenjima na odgovarajućim instrumentima. Neka je svojstva poput: punoće, mekoće, podatnosti nemoguće ispitati instrumentima i ovisi o iskustvu i subjektivnoj prosudbi. Na svojstva gotovih koža značajno utječe kemijski sastav te postupci primijenjeni u proizvodnji, pa su i kemijska ispitivanja gotove kože sve značajnija u ocjeni njezine kvalitete.

Ekološki razlozi su uzrokovali sve veći naglasak na kemijskim ispitivanjima, pa je osim uobičajenih ispitivanja: sadržaja vlage, mineralnih tvari, masti, kožne tvari, vezanih štavni tvari, izlučivih tvari, kiselosti, važno i određivanje tvari opasnih po okoliš i čovjekovo zdravlje (krom VI, određena azo bojila i dr.) [4]. Ispitivanje kvalitete materijala važno je radi upravljanja kvalitetom u procesu realiziranja proizvoda, a analiza rezultata nužan je zapis u pripremi izrade modela.

2.3 Od ideje do realizacije modela muških cipela

Poticaj i cilj izrade opisanog modela proizlazi iz definicije dizajna: ergonomija, estetika i ekonomičnosti pri čemu se krajnji cilj ergonomije, određen kao primarni segment dizajniranja muških cipela, nadovezuje na anatomiju ljudskog stopala i položaja tijela. Iz zadanog cilja oblikovan je model definirane forme kojem je podređena uloga estetike, definirana kao sekundarni segment. Razlika između primarnih i sekundarnih segmenata odnosi se na podređenost jednog naspram drugome, ali i na činjenicu da primarni segment ima zadanu formu dok je sekundarni slobodan te ga osmišljava dizajner prema osobnom senzibilitetu.

Primarni segment odnosi se na zadovoljavanje anatomskih standarda te kao takav u početnoj fazi definira zadane parametre koji rezultiraju formom modela koja je u obući određena kalupom. Proces započinje odabirom kalupa za modeliranje muške cipele, pri čemu obavezna visina kalupa na petnom dijelu iznosi od 2 cm do 2,5 cm. Završni proizvod, mušku cipelu, u svojem konačnom obliku definira visina petnog djela (visina đona pete) od 2 cm, te zajedno sa poluortopedskom uložnom tabanicom čini povišenje od 3 cm. Upravo je ta visina idealna za mušku obuću prilikom čega se ostvaruje idealan raspored težine tijela na tri točke stopala. [2]. Da bi cipele bile usklađene sa svim anatomskim zahtjevima predviđena je ugradnja međuplatna i termoplastna u svrhu pojačanja, te ručna izrada đona od mikrogume.

Sekundarni segment uz estetsku komponentu i kreiranje modela muške obuće obuhvaća i odabir visokokvalitetnih materijala, prirodne kože za izradu lica i podstave obuće, korištenje međuplatna. Proces započinje kreativnom fazom, istraživanje i izgrađivanje ideje prema navedenim parametrima, odabir idejnog rješenja koje najviše odgovara postavljenim zahtjevima i odabranom kalupu, razradu ideje kroz modne i projektne crteže, odabir materijala, konstrukcija, modeliranje te izrada šablona.

2.3.1 Dizajn modela muških cipela

Dizajn proizvoda proizlazi iz želje za kreiranjem anatomske prihvatljive obuće uz estetsko oblikovanje.



Slika 5: a) crtež modela visoke tzv. *casual* muške cipele, b) crtež modela klasične muške cipele

Razradom ideje planirano je oblikovanje i realizacija dvaju modela obuće, klasične i visoke tzv. *casual* muške cipele od prirodne kože s ravnim đonom i petnim povišenjem od 2 cm. Sam proces kreiranja započinje izradom mnogobrojnih skica kojima se istražuje ideja i promišlja o zadanim parametrima, prethodno definiranih kao primarni segment modela, slijedi odabir idejnog rješenja koje najviše odgovara postavljenim zahtjevima i završava izradom modnih crteža ili ilustracija (slika 5 a, 5 b).

2.3.2 Modeliranje, konstrukcija i izrada šablona

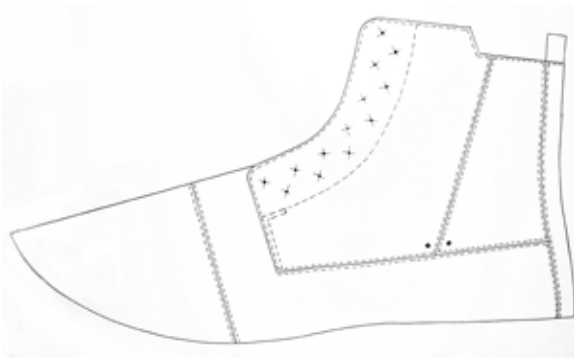
Modeliranje je zadnji korak dizajna za pripremu proizvoda prije izrade, modelira se prema odabranom kalupu. Modelarskom trakom skida se preslika kalupa (slika 6 a) koja se koristi za izradu prosječne kopije kalupa na papiru. Iz prosječne kopije kalupa izrađuje se konstrukcijski crtež s krojnim dijelovima obuće (slika 6 c, 6 d). Dobiveni konstrukcijski crtež koristi se u svrhu izrade šablona krojnih dijelova obuće, podstave i ugradbenih dijelova obuće (slika 6 b).



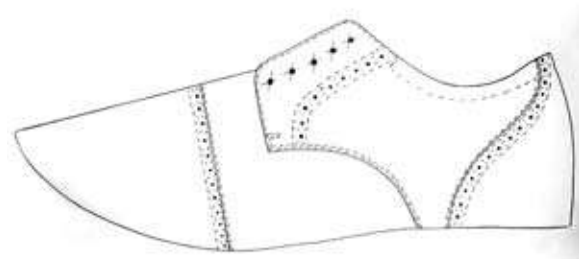
a.



b.



c.



d.

Slika 7: a) preslika kalupa, b) krojni dijelovi lica cipele, c) konstrukcijski crtež modela visoke tzv. *casual* muške cipele, d) konstrukcijski crtež modela klasične cipele.

3. Rezultati i rasprava

Tehnološki proces proizvodnje obuće u industriji podijeljen je prema tehnološkim fazama; krojenje, šivanje, montaža i dorada.

3.1 Tehnološki proces krojenja

U fazi krojenja iskrojavaju se prema šablonama krojni dijelovi lica (slika 8 a), podstave obuće i ugradbeni dijelovi. Iskrojeni dijelovi obuće označavaju se tehničkim oznakama za pripremu šivanja. Označeni dijelovi se egaliziraju zbog postizanja jednake debljine materijala, zatim se tančaju rubovi radi kvalitetnog spajanja krojnih dijelova (slika 8 b). Prije šivaone krojni dijelovi se porubno boje, lijepe se trakice (slika 8 c), te šalju na daljnje tehnološke operacije.



a.



b.



c.

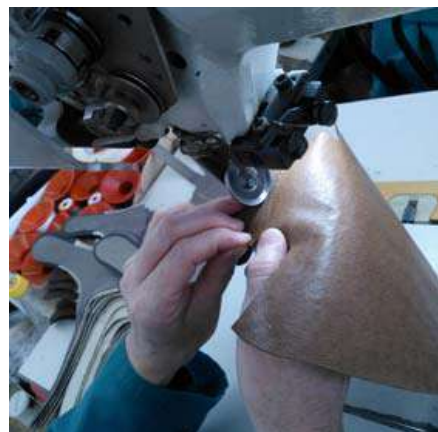
Slika 8: a) iskrojeni dijelovi lica gornjišta, b) tančanje rubova, c) lijepljenje pojačanja

3.2 Tehnološki proces šivanja

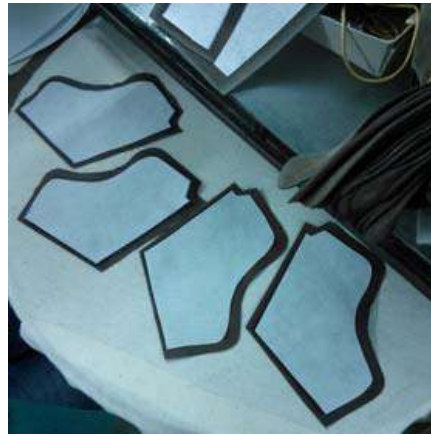
Za spajanje iskrojanih dijelova lica unaprijed je potrebno definirati boju i debljinu konca. Krojni dijelovi spajaju se šivanjem u gornjište obuće (slika 9 a) i podstavu obuće (slika 9 b). Na unutarnju stranu lica gornjišta lijepe se i glačaju ugradbeni dijelovi (slika 9 c), a postupkom lijepljenja i šivanja spaja se lice s podstavom. Kada je gornjište spojeno buše se rupice i montiraju rinčice ili nitne.



a.



b.

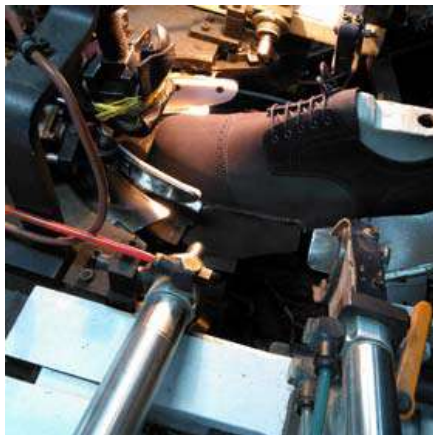


c.

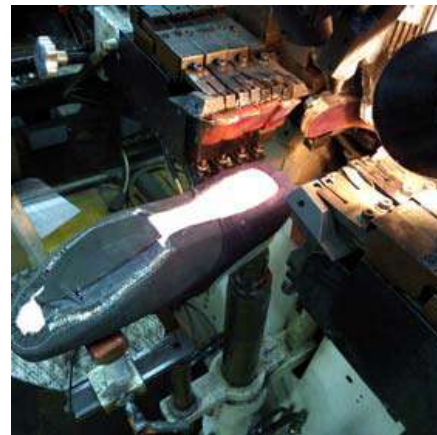
Slika 9: a) šivanje gornjišta cipele, b) šivanje podstave, c) glačanje ugradbenih dijelova

3.3 Tehnološki proces montaže

Iz šivaone gornjište se prosljeđuje na formiranje luba radi učvršćivanja lubnog dijela cipele. Na odabrani kalup pričvršćuje se cvikača tabanica. Gornjište sa formiranim lubom navlači se na kalup (slika 10 a) te se strojno cvika na cvikaču tabanicu (slika 10b). Nakon što je gornjište pričvršćeno uz kalup, brušenjem se priprema cipela za postupak lijepljenja gornjišta i đona (slika 10 c). Iz mikrogume i kože ručno se izrađuje đon prema formi kalupa te se lijepljenjem i prešanjem pričvršćuje na gornjište.



a.



b.



c.

Slika 10: a) navlačenje gornjišta na kalup, b) strojno cvikanje, c) Montiranje đona po formi kalupa

3.4 Tehnološki procesi finiširanja

Kada je model obuće gotov postupcima finiširanja uklanjaju se tragovi ljepljiva i tehničkih oznaka, a nanošenjem paste i prskanjem ostvaruje se visok sjaj obuće. Proces proizvodnje završava pričvršćivanjem uložne tabanice, te pakiranjem u kutije.



Slika 11: Fotografija realiziranog modela muške klasične cipele



Slika12: Fotografija realiziranog modela visoke tzv. *casual* muške cipele

Anatomski i ergonomski oblikovana cipela ima vrlo važnu ulogu u pravilnoj raspodjeli opterećenja na pojedine dijelove stopala kao i u sprečavanju razvoja deformiteta stopala. Opće je poznata činjenica da prilikom stajanja na ravnoj podlozi postoji nejednak omjer sila opterećenja na prednji odnosno stražnji dio stopala. Tako se opterećenje na prednje dvije uporišne točke u odnosu na stražnju prenosi u omjeru od 40 : 60%. Povišenjem pete u visini od 2-3 cm taj omjer se mijenja i isnosi 50 : 50% što predstavlja idealnu raspodjelu opterećenja na podlogu. Jednako tako vrlo je važno ergonomsko oblikovanje uložka tj. uložne tabanice čija je funkcija pravilna raspodjela opterećenja duž medijalnog odnosno lateralnog uzdužnog luka stopala. U samom procesu dizajniranja modela muške cipele središte pozornosti usmjereno je na upotrebljivost modela obuće, ergonomske zahtjeve te odabir materijala koji svojom kvalitetom zadovoljavaju postavljene zahtjeve.

4. Zaključak

Razvijeni i realizirani model muške klasične cipele i visoke casual cipele dizajniran je poštujući sve zahtjeve struke s primarnim naglaskom na funkcionalnost i kvalitetu. Odabir goveđeg nubuka za izradu lica modela muške cipele bio je ispravan ne samo radi postizanja konstrukcijskih rješenja, već i zbog osiguranja važnog svojstva elastičnosti i gipkosti obuće. Uklonjeni sloj lica kože rezultira kod nubuka povećanjem propusnosti zraka što je istovremeno i povećanje ukupnih higijenskih svojstava modela.

Svinjska podstava je pored dobrih fizikalnih svojstava dobar podstavni materijal radi svoje poroznosti uvjetovane građom, a koja osigurava dobra svojstva upijanja vode, propusnosti za zrak i vodenu paru, nisku toplinsku vodljivost. Cilj realiziranog modela bio je ne samo zadovoljiti dizajnerske zahtjeve postavljene pred dizajnera modela već poznavajući anatomiju i biomehaniku stopala udovoljiti anatomskim i ergonomskim kriterijima koji su u konačnici rezultirali kvalitetnom, estetski lijepom, udobnom i ergonomski oblikovanom cipelom.

Literatura:

- [1] Jocelyn de Noblet , Dizajn: Pokret i šestar, ISBN: 953-6168-91-X, Golden marketing, Zagreb 1999
- [2] Lencur, S.; Mijović, B.; Mencl-Bajs, Z., Biomehanika gibanja u modno oblikovanoj obući, *Zbornik radova tekstilna znanost i gospodarstvo*, Penava, Ž.; Ujević, D., editor(s), Zagreb, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, 2011, 209-212.
- [3] Akalović, J.: Predavanja iz kolegija *Osnove obrade kože i Sirove kože*, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet.
- [4] Novina, D.: *Tehnologija industrijske proizvodnje obuće I i II dio*, Viša tehnička obučarska škola Zagreb, Inženjerski biro Zagreb, Zagreb 1983.
- [5] H. Grgurić, T. Vuković, Ž. Bajza: *Tehnologija kože i krzna*, Zajednica kemijskih, kožarskih, obučarskih, gumarskih i rudarskih organizacija udruženog rada odgoja i usmjerenog obrazovanja SR Hrvatske, Zagreb, 1985.

Zahvala

Veliko hvala tvrtci Midal d.o.o. Varaždin, direktoru Mariju Lešini, majstorici Ružici Oreški i ostalim tehnologima na korištenju resursa i opreme.

RECIKLIRANJE MEDICINSKOG TEKSTILA

RECYCLING OF MEDICAL TEXTILES

Edita VUJASINOVIĆ; Marijana PAVUNC & Ivan NOVAK

Sažetak: Medicinski tekstil predstavlja brzorastuće područje unutar tehničkog tekstila i odlikuje se velikom raznovrsnošću, od jednostavnih proizvoda kao što su zavoji pa sve do visoko sofisticiranih membrana i kompozitnih tekstilija specifičnih oblika i namjene. Potrošnja ove vrste tekstilnih proizvoda u značajnom je porastu, a taj trend se očekuje i u budućnosti. Veća potrošnja medicinskog tekstila dovodi do stvaranja veće količine otpada, pa se intenzivira potreba za njegovim primjerenim zbrinjavanjem i/ili recikliranjem. Iako većinu medicinskog otpada čini inertni otpad, ostatak koji može biti kontaminiran raznim fizikalnim, kemijskim i biološkim kontaminatima predstavlja opasni otpad što dodatno, pored velike raznolikosti medicinskih tekstilija, otežava njegovo zbrinjavanje. U ovom radu dan je pregled nekih od mogućih modela zbrinjavanja i/ili recikliranja medicinskog tekstila uz iznošenje i nekih ekonomskih pokazatelja ovog problema.

Abstract: Medical textile is one of the fast growing areas within the technical textiles and it is characterized by great diversity, from simple products such as bandages to highly sophisticated membranes and specific forms of composite textiles for special purposes. The consumption of these textile products is rapidly increasing, and this trend is expected to continue in the future. Higher consumption of medical textiles is forming large amounts of medical waste, which intensifies the need for its appropriate disposal and/or recycling. Although, the most medical waste is inert waste, a residue which can be contaminated with a variety of physical, chemical and biological contaminants is a hazardous waste that, besides the great diversity of medical textiles, complicates its disposal. Inappropriate methods of disposal of such waste, except for causing environmental pollution, can also represent a danger to human health, especially for waste handlers who care for waste collection, sorting and transport to further processing. This paper gives an overview of some possible models of disposing and/or recycling of medical textile with some economic indicators of this problem.

Ključne riječi: tekstil, medicinski tekstil, recikliranje, medicinski otpad

Keywords: textiles, medical textiles, recycling, medical waste

1. Uvod

Medicinski tekstil, također poznat i kao zdravstveni ili biomedicinski tekstil naziv je za tekstilije koje se za medicinske i biološke aplikacije koriste prvenstveno kod pružanja prve pomoći, te za različite kliničke ili higijenske namjene i to ne samo na medicinskom tržištu već i u širokoj svakodnevnoj potrošnji [1-3]. Medicinski tekstil odlikuje se velikom raznovrsnošću kako u pogledu tekstilnih vlakana iz koje je izgrađen tako i pogledu vrste same tekstilije, budući da obuhvaća raznovrsne proizvode počevši od jednostavnih tekstilnih proizvoda kao što su gaze, zavoji i sl. pa sve do visoko sofisticiranih membrana i kompozitnih, vlaknima ojačanih tekstilija specifičnih oblika (sl.1; tab.1), a koje pri tome moraju ispunjavati uvijete funkcionalnosti i biokompatibilnosti ali i zakonodavstva pojedinih država [3, 4-7].



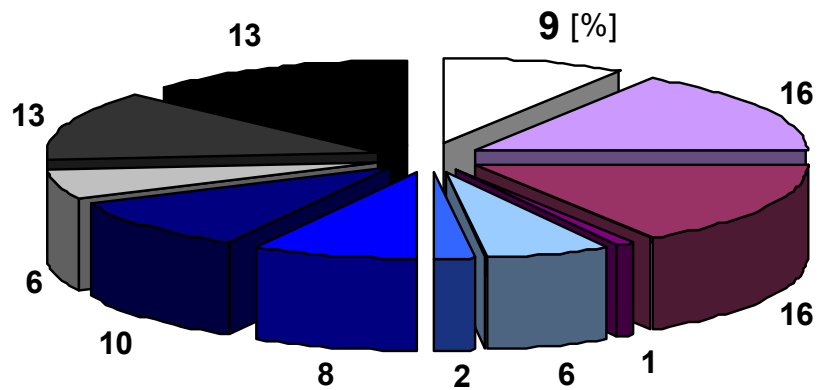
Slika 1: Neke vrste medicinskog tekstila

Tablica 1: Vrste tekstilnih vlakana i tekstilija u medicinskom tekstu [5, 7]

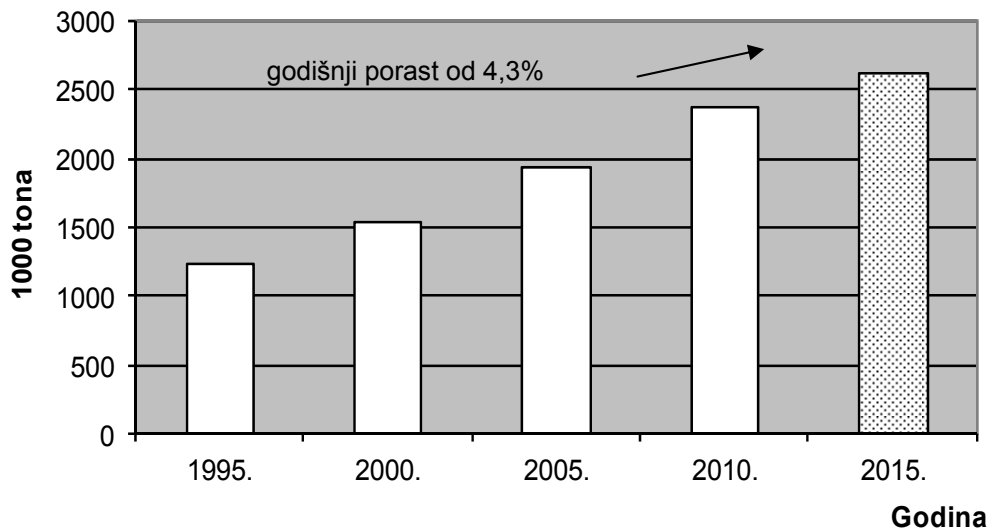
Vrsta vlakna	Vrsta tekstilije	Primjena
Tekstilni materijali za vanjsku primjenu		
Pamučna, CV i CLY vlakna	Netkani tekstil	Upijajući jastučići (materijali)
Citosan vlakna, svila, pamučna, ALG, CV i CLY vlakna	Netkani tekstil, tkanina, pletivo	Materijali koji se koriste na ranama
Pamučna, CV, CLY i PA vlakna, pređa od elastomernih vlakana	Netkani tekstil, tkanina, pletivo	Jednostavni neelastični i elastični zavoji
Pamučna, CV i CLY vlakna, pređa od elastomernih vlakana	Netkani tekstil, tkanina, pletivo	Zavoji za imobilizaciju
Pamučna, CV i CLY vlakna, pređa od elastomernih vlakana	Tkanina, pletivo	Kompresijski zavoji
Pamučna, CV, CLY, PES, PP vlakna, PUR pjena	Tkanina, netkani tekstil	Ortopedski zavoji
Pamučna, CV, PES, PP i GF vlakna, plastični filmovi	Netkani tekstil, tkanina, pletivo	Flasteri
Pamučna, CV, CLY, ALG i citosan vlakna	Netkani tekstil, tkanina, pletivo	Podloge (gaze) za apliciranje lijekova i pospješivanje zacjeljivanja
Pamučna vlakna	Tkanina	Gaze
CV vlakna	Netkani tekstil	Vata
Polilaktidna i CF vlakna	Netkani tekstil	Materijali za potporu
Implantati		
Kolagen i polilaktidna vlakna	Monofilament, pletenica-gajtan	Biorazgradljivi kirurški konac
PES, PA, PTFE, PP i PE	Monofilament, pletenica-gajtan	Ne-razgradljivi kirurški konac
Svila, kolagen, PTFE, PES, PE i PA	Tkanina, pletenica-gajtan	Umjetne tetive
Kolagen, CF i PES vlakna	Pletenica-gajtan	Umjetni ligament
LDPE		Umjetna hrskavica
Hitin	Netkani tekstil	Umjetna koža
Kolagen, silikon, polimetilmetakrilat		Kontaktne leće i umjetna rožnica
Silikon, poliacetal, PE		Umjetni zglobovi/kosti
PTFE i PE	Pletivo, tkanina	Kardiovaskularni implantanti
PES	Pletivo, tkanina	Srčani zalisci
Tekstil koji pokriva područje brige o zdravlju i higijeni		
Pamučna, PES i PP vlakna	Tkanina, netkani tekstil	Kirurške kute
CV vlakna	Netkani tekstil	Kirurške kape
CV, PES i GF vlakna	Netkani tekstil	Kirurške maske
PES i PP vlakna	Tkanina, netkani tekstil	Kirurške tkanine, krpe
Pamučna, PES i PA vlakna, pređa od elastomernih vlakana	Pletivo	Kirurške čarape
Pamučna i PES vlakna	Tkanina, netkani tekstil	Prekrivači
Pamučna vlakna	Tkanina	Plahte, jastuci
Pamučna i PES vlakna	Tkanina	Uniforme
PES i PP vlakna	Netkani tekstil	Zaštitna odjeća, proizvodi za inkontinenciju, pelene/podloge
Super apsorbirajuća vlakna	Netkani tekstil	Apsorbirajući slojevi
PE vlakna	Netkani tekstil	Vanjski slojevi
CV i CLY vlakna	Netkani tekstil	Maramice/krpe
Tekstilni materijali koji su sastavni dio složenih medicinskih naprava		
Vrsta vlakana	Primjena	Funkcija
Šuplja PES i CV vlakna	Umjetni bubreg	Uklanjanje otpadnih tvari iz krvi
Šuplja vlakna	Umjetna jetra	Odvajanje i uklanjanje pacijentove plazme i dobava svježe plazme
Šuplja PP vlakna, šuplje silikonske membrane	Mehanička pluća	Uklanjanje CO ₂ iz krvi i dobava svježeg kisika

Medicinski tekstil ne predstavlja samo fascinantno područje istraživanja, već je i izuzetno važno područje s ekonomske točke gledišta. Naime, medicinski tekstil predstavlja brzorastuće područje unutar traženog i sve prisutnijeg tehničkog tekstila (sl.2) [5, 6] s godišnjim prometom koji se procjenjuje na bilijune dolara (5,4 bilijuna dolara 2010. godine [8, 9]). Trend rasta i razvoja medicinskog tekstila posljedica je rasta globalne ljudske populacije, svjesnosti potrebe zaštite osoblja koje radi u zdravstvenom i medicinsko-biološkom sektoru od raznih zaraznih bolesti koje se prenose krvlju, tjelesnim tekućinama, kontaktom ili zrakom, kao i razvoja novih materijala koji se mogu koristiti u te svrhe [5, 9, 10]. Kako proizvodnja tako i potrošnja medicinskih tekstilija značajno raste iz godine u godinu, a sve češćim korištenjem jednokratnih medicinskih tekstilija bilježi i eksponencijalni rast. Ovaj trend se očekuje i u budućnosti te je iz tog razloga potrebno intenzivirati istraživanja prikladnih načina zbrinjavanja i/ili recikliranja otpadnih medicinskih tekstilija, a sve u cilju sprečavanja njihovog nagomilavanja u prirodi i potencijalno štetnog utjecaja na okoliš i zdravlje ljudi. Iako 80% medicinskog otpada čini inertni otpad koji se može gledati i odlagati kao komunalni otpad, dok se ostalih 20% smatra infektivnim odnosno opasnim otpadom [11].

- Medicinski tekstil
- Mobi-tekstil
- Tekstilna ambalaža
- Zaštitni tekstil
- Sportski tekstil
- Geotekstil
- Agrotekstil
- Građevinski tekstil
- Odjevni tehnički tekstil
- Kućanski tekstil
- Industrijski tekstil



a.

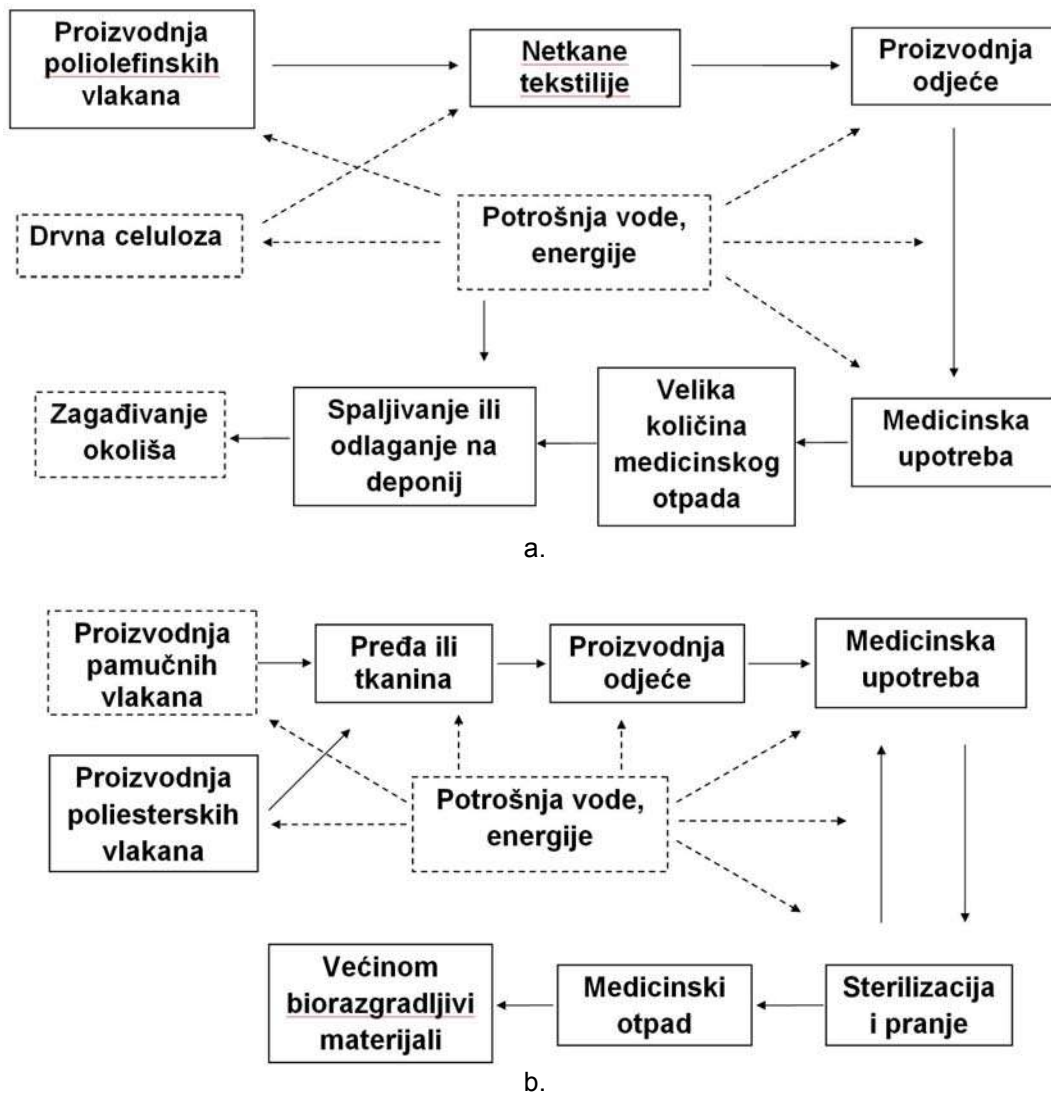


b.

Slika 2: Medicinski tekstil: a) udio u tehničkom tekstilu u [%] i b) proizvodnja po godinama

2. Mogućnosti i modeli recikliranja medicinskih tekstilija

Jednokratni tekstilni proizvodi i oni za višekratnu upotrebu dvije su popularne grupe medicinskog tekstila s obzirom na njihove mogućnosti zbrinjavanja i recikliranja. Na slici 3 prikazani su životni ciklusi jednokratnih i višekratnih medicinskih tekstilija [12].



Slika 3: Životni ciklus nekih medicinskih tekstilija: a) jednokratnih i b) višekratnih

Iako se jednokratne medicinske tekstilije percipiraju kao tekstilije s boljim zaštitnim svojstvima od višekratnih medicinskih tekstilija, one se nakon upotrebe odmah trebaju odbaciti kao opasan otpad čime se povećava i gomilanje opasnog otpada koji podliježe posebnim načinima zbrinjavanja dok se višekratne medicinske tekstilije nakon upotrebe mogu sterilizirati i oprati čime se njihov životni vijek znatno produljuje, te se njihovom upotrebom opseg nastalog otpada može smanjiti za čak 65% [13]. Sterilizacija višekratnih medicinskih tekstilija vrši se u autoklavima, nakon čega slijedi pranje. Međutim, pranje i sterilizacija višekratnih proizvoda zahtjeva veću potrošnju energije, sredstava za pranje i generira više otpadne vode u okoliš [14]. Iz tih razloga bolnicama i ustanovama za pružanje zdravstvene skrbi savjetuje se da bi ekonomski najisplativije bilo da stvore hibridni sustav gdje bi neke medicinske tekstilije bile za višekratnu, a neke za jednokratnu upotrebu [15]. Medicinski tekstil, osobito onaj za jednokratnu upotrebu koji se koristi u operacijskim dvoranama, kao i onaj koji se koristi za osobnu zaštitu prilikom zdravstvene skrbi pacijenata koji boluju od zaraznih bolesti, svrstava se u infektivni medicinski otpad [16], koji se prema svjetskoj zdravstvenoj organizaciji WHO (*engl. World Health Organisation*) može podijeliti na [17, 18]: a) kontaminirani otpad kojeg je prije odlaganja potrebno obraditi u autoklavu te nakon toga oprati i ponovno koristiti ili reciklirati, b) kontaminirani otpad kojeg je potrebno obraditi u autoklavu te nakon toga odgovarajuće zbrinuti i c) kontaminirani otpad za direktno spaljivanje. Spaljivanje je najčešći način zbrinjavanja opasnog medicinskog otpada. Iako je spaljivanje jedan od inače nepopularnih načina recikliranja tekstilija ovim procesom otpadne medicinske tekstilije se koriste kao obnovljivi energent, umjesto neobnovljivih izvora energije (ugljena, nafte i zemnog plina) pa se trošak

zbrinjavanja smanjuje jer u bilancu ulazi vrijednost proizvedene energije i niža vrijednost naknade za zbrinjavanje otpada. Iako u ovom slučaju spaljivanje ima prednost, veliki nedostatak spaljivanja je emisija štetnih plinova u atmosferu (osobito npr. dioksina), a kako su propisi o graničnim vrijednostima emisija štetnih plinova sve stroži postrojenja za spaljivanje kontaminiranog otpada su sve složenija, a troškovi investicija u takva postrojenja sve veća [19, 20]. Međutim, nije sav medicinski tekstilni otpad potrebno spaliti. Osim spaljivanja, blaže kontaminirane otpadne medicinske tekstilije, kao i vrlo sofisticirani proizvodi poput umjetne ljudske kože, raznih implantanata, materijala za vanjsku primjenu koji su sastavni dio aparata kao što su umjetni bubreg, jetra i pluća, u pravilu bi se mogli zbrinjavati dezinfekcijom i/ili sterilizacijom (plinskom, kemijskom ili plazma) i mehaničkom obradom (usitnjavanjem) te tako prevesti u komunalni otpad. Jedna od metoda sterilizacije je kemijska metoda koja se može provoditi bez ili s prethodnim drobljenjem otpada. Drobljenje se provodi radi boljeg djelovanja kemikalije na površinu krutog otpada. Efekt kemijske sterilizacije ovisi o vrsti kemikalije, vremenu kontakta s otpadom, kao i o karakteristikama otpada koji se tretira. Cilj kemijske dezinfekcije je da se smanji infektivnost otpada. Kemijski agens koji se najčešće koristi je natrijev hipoklorit. On je ekološki nepovoljan izbor, ali ekonomski vrlo pristupačan i tehnološki učinkovit, pa se najčešće koristi kao kemijski mikrobiološki agens za tretman medicinskog otpada. Mogu se primijeniti i ekološki prihvatljiviji spojevi na bazi kisika, npr. peroctena kiselina i aktivatori, npr. PAP, peroksiamido perheksan kiselina i nitrilo kvaterni spojevi. Nedostatak ovog procesa je upotreba jakih kemikalija, dezinficijensa, koji također mogu biti opasni za ljudsko zdravlje pa osobe koje provode ovaj način dezinfekcije moraju koristiti propisanu zaštitnu opremu [20, 21]. Inertni medicinski otpad tj. nekontaminirane otpadne medicinske tekstilije ne predstavljaju izravnu opasnost po zdravlje ljudi koji njima rukuju prilikom prikupljanja, primarnog i sekundarnog skladištenja te konačnog odlaganja. Ipak, takav otpad predstavlja velik problem s obzirom na volumen i količinu. Pravilan način zbrinjavanja ove vrste otpada podrazumijeva njegovo razvrstavanje na mjestu nastanka kako bi se pojedini dijelovi iskoristili kao sekundarna sirovina (reciklirana vlakna, punila i sl.) [22].

U Hrvatskoj je problematika gospodarenja otpadom odnosno njegovog zbrinjavanja prilično aktualna tema. Medicinski otpad ubraja se u posebne kategorije otpada te zahtjeva posebne metode obrade i konačnog zbrinjavanja. Gospodarenje medicinskim otpadom u Hrvatskoj regulirano je nizom dokumenata i zakonskih propisa: *Zakonom o otpadu* kojim je propisan način gospodarenja otpadom [23], *Planom gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj* koji predstavlja osnovni dokument o gospodarenju otpadom u RH za razdoblje 2007.–2015. [24], *Strategijom gospodarenja otpadom* kojom se utvrđuje gospodarenje različitim vrstama otpada, od njegovog nastanka do konačnog odlaganja [25], *Pravilnikom o gospodarenju medicinskim otpadom* kojim se propisuju načini i postupci gospodarenja medicinskim otpadom koji nastaje prilikom pružanja zaštite zdravlja ljudi i životinja i iz srodnih istraživačkih djelatnosti [16] te Napatkom o postupanju s otpadom koji nastaje pri pružanju zdravstvene zaštite [26]. Prema podacima Agencije za zaštitu okoliša (AZO) ukupna količina proizvedenog opasnog otpada prilikom pružanja zaštite zdravlja ljudi i životinja čije skupljanje i odlaganje podvrgnuto specijalnim zahtjevima radi prevencije zaraze iznosi 2 373,92 t godišnje, od čega najveći postotak ovog otpada proizvedeno je na području grada Zagreba. Od toga najveći udio, 73,6% zbrinuto je obradom u autoklavu, 7,9% odloženo je na odlagališta, 2,9% obrađeno je spaljivanjem, 5,8% je uskladišteno, a 9,7% izvezeno [27].

3. Zaključak

Upravljanje medicinskim otpadom općenito, pa tako i otpadnim medicinskim tekstilijama treba svesti na učinkovitije zbrinjavanje i/ili recikliranje koji trebaju biti u funkciji zaštite zdravlja ljudi i zaštite okoliša, ali i uz što niže troškove i reduciranu potrošnju neobnovljivih izvora energije. Primjena sigurnog upravljanja opasnim medicinskim otpadom odnosi se prvenstveno na zdravstvene ustanove, a tek onda i na ostale institucije koji trebaju osigurati provođenje zdravstvene skrbi na način razvijanja svijesti o potrebi upravljanja opasnim medicinskim otpadom, kako kod pojedinaca tako i društvene zajednice u cjelini.

Literatura:

- [1] ...: What are Medical Textiles?, dostupno na http://www.hw.ac.uk/sbc/BTRC/BTRC/_provate/Whatare.htm
- [2] McKenzie Hailey, K.: *Identification of the Major Cost Drivers Within a Medical Nonwovens Pipeline*, Ph.D. Thesis, North Carolina State University, Raleigh, 2003
- [3] Bartels, V.T.: *Handbook of Medical Textiles*, Woodhead Pub.Ltd., ISBN 978-1-84569-691-7, UK, 2011
- [4] Anand, S.: *Medical textiles and biomaterials for healthcare*, Woodhead Pub.Ltd., ISBN 1 85573 683 7, UK, 2012
- [5] Czajka, R: Development of Medical Textile Market, *Fibres & Textiles in E. EU*, **13** (2005) 1, ISSN 1230-3666
- [6] Nousiainen, P.: Challenges of modern textiles, FinatexSeminar presentation, FI, (2010)
- [7] Gopalakrishnan, D.: Nonwovens for Medical Textiles, dostupno na <http://articles.fibre2fashion.com/>
- [8] DRA: Technical Textiles: World Market Forecasts to 2010, dostupno na <http://articles.fibre2fashion.com/>

- [9] Cookson, P.G.: Medical Applications of Fibres and Textiles.ppt, dostupno na www.deakin.edu.au
- [10] Kalia, S.: Biopolymers: Biomédical and Environ. Applications, Willey, ISBN 9780470639238, USA, 2011
- [11] ...: Waste from health-care activities, dostupno na: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs253/en/>
- [12] Vujasinović, E.: Recycling in the Area of High-Performance Textile Materials & Protective Clothing, in *Functional Protective Textiles*, Faculty of Textile Technology, ISBN-978-953-7105-45-1, Zagreb, (2012), 439-466
- [13] Conrardi, J. et al: Reducing medical waste, AORN Journal, 91 (2010) 6, ISSN 0001- 2092
- [14] McCarthy, B.J.: *Textiles for hygiene and infection control*, Woodhead Pub Ltd, ISBN 978184569636, Oxford, 2011
- [15] Laufmann, H. et al: A critical review of a century's progress in surgical apparel: how far we have come?, *Journal of American Collage of Surgeons*, **199** (2000) 12, 554-68, ISSN 1072- 7515
- [16] Pravilnik o gospodarenju medicinskim otpadom (NN 72/07)
- [17] Laboratory bio-safety manual, WHO, Geneva, 2004
- [18] The personal protective technology program at NIOSH, The Natioanl Adademic Press, USA, 2008
- [19] Pruss, A. et al: Safe management of wastes from healthcareactivities, WHO, Geneve, 1999
- [20] Safe Management og healthcare waste, Department of Health, dostupno na: http://www.srcl.com/wp-content/uploads/2011/11/Safe_Management_of_Healthcare_Waste_v2.0_April_2012.pdf
- [21] Rogić, M.: Priručnik za osnovne medicinske postupke u sestrinstvu, MED-EKON d.d., ISBN 978-953-7602-00-0, Zagreb, 2008.
- [22] Marinković, N i sur.: Javnozdrastveni aspekti gospodarenja opasnim medicinskim otpadom, *Arh Hig Rada Toksikolog*, **56** (2005), 21-32, ISSN 0004-1254
- [23] Zakon o otpadu (NN 178/04, 111/06, 60/08, 87/09)
- [24] Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj (NN 85/07, 126/10, 31/11)
- [25] Strategija gospodarenja otpadom (NN 130/05)
- [26] Naputak o postupanju s otpadom koji nastaje pri pružanju zdravstvene zaštite (NN 50/00)
- [27] AZO: Pregled podataka o medicinskom otpadu 2010, Zagreb, 2012, Broj dokumenta: 25-12-1461/44



SEKCIJA G

OSTALE TEME

SECTION G

OTHER TOPICS

TEKSTILNA ZNANOST ZA KONKURENTNO GOSPODARSTVO

TEXTILE SCIENCE FOR COMPETITIVE ECONOMY

Drago KATOVIĆ & Dubravko ROGALE

Sažetak: Prikazani su znanstveno – istraživački kapaciteti, u kadrovima i opremi te nacionalni znanstveni i tehnološki projekti koji se trenutno provode na TTF-u. Ukratko su prikazane mogućnosti istraživanja na Tekstilno-tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u cilju povezivanja s tekstilnim gospodarstvom.

Abstract: Research capacities of Faculty of Textile Technology, primarily human capacities, research infrastructure and technological projects have been presented. This paper briefly describes the possibilities of research at University of Zagreb Faculty of Textile Technology in order to achieve better collaboration with the textile industry.

Ključne riječi: Tekstil, tekstilna znanost, ekonomija, tekstilno-tehnološki fakultet, oprema.

Keywords: Textile, textile science, economy, Faculty of Textile Technology, equipment.

1. Uvod

U viziji razvoja tekstilnog i odjevnog gospodarstva Europe do 2020.god. (EURATEX) naglasak je stavljen na istraživanja i inovacije, te je predloženo da tekstilna i odjevna industrija u suradnji s institutima i fakultetima poboljšaju koordinaciju postojećih struktura u cilju poboljšanja proizvodnje, a novim tehnologijama ostvaruju istraživanja s ciljem razvoja novih proizvoda. U devet tematskih ekspertnih skupina određena su prioritetna područja koja su značajna istraživačima i gospodarstvu u sektoru tekstila i odjeće a to su:

- Nova specijalna vlakna i kompoziti
- Funkcionalizacija tekstila
- Biomaterijali i biotehnologije, ekologija u proizvodnji
- Novi tekstilni proizvodi poboljšanih svojstava
- Novi tekstilni proizvodi tehničke namjene
- Pametni tekstil i odjeća
- Masovna proizvodnja odjeće/moda
- Novi koncept proizvodnog dizajna i tehnologija
- Koncept upravljanja životnim ciklusom i sveukupnom kvalitetom.

2. Znanstveno istraživački rad na TTF-u

S obzirom da na Tekstilno tehnološkom fakultetu djeluje veći broj istraživača, a i znanstvena oprema je sve značajnija, osnovan je Znanstveno-istraživački centar za tekstil (Textile Science Research Center - TSRC), čija je zadaća poticanje, koordinacija i kontinuirani razvoj znanstveno-istraživačkog ili umjetničko-istraživačkog rada, njegovo povezivanje s drugim međunarodnim i domaćim znanstvenim institucijama, a sve u svrhu pomoći gospodarstvenim subjektima. Opći cilj TSRC-a je postizanje prepoznatljivosti hrvatskog znanstveno istraživačkog rada u tekstilnim, odjevnim i srodnim područjima. Istraživači TSRC-a su ravnopravno uključeni u europski istraživački prostor (European Research Area - ERA). Centar prati i slijedi aktivnosti Europske tehnološke platforme za budućnost tekstila i odjeće [1].

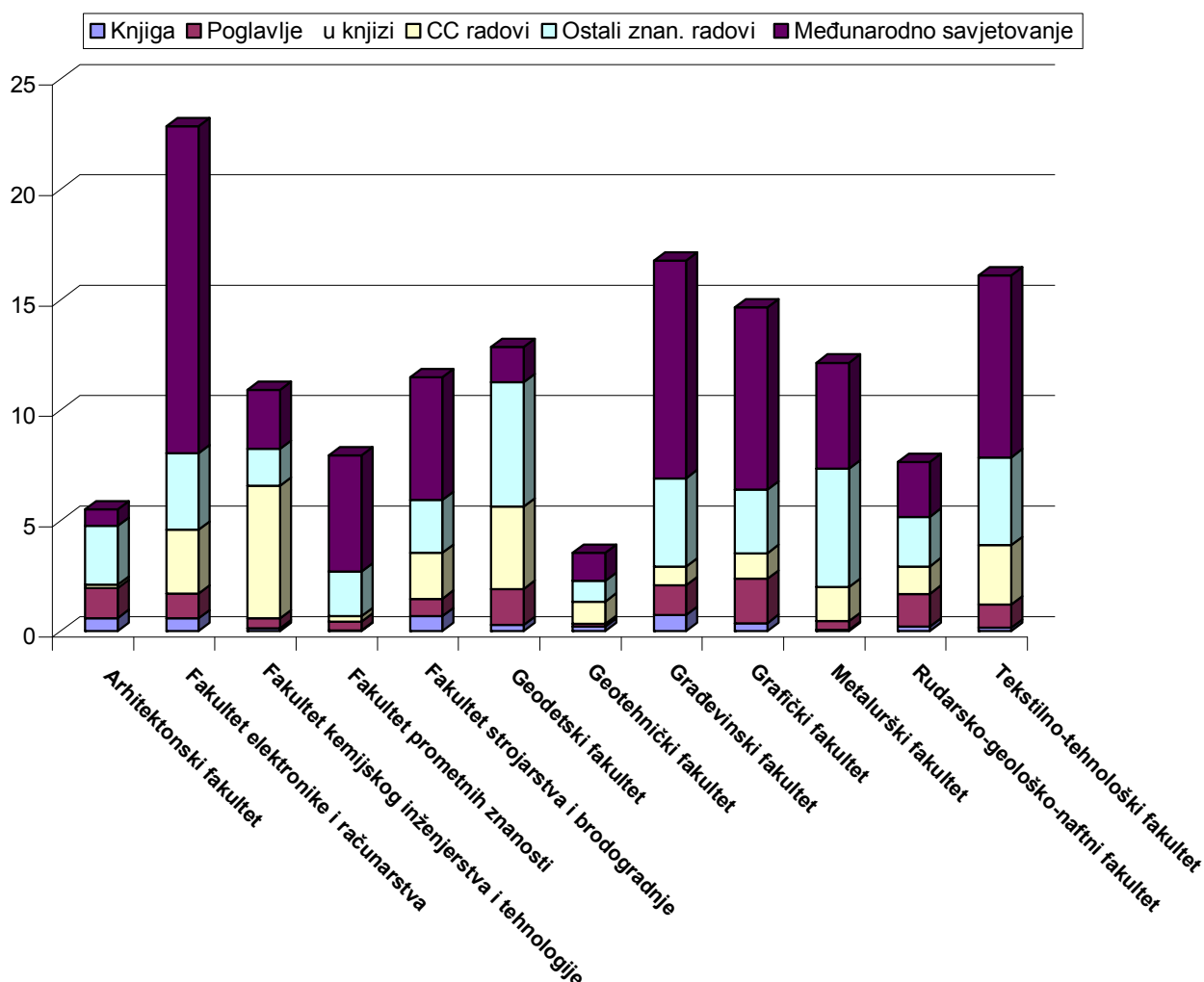
Smatra se da su u Hrvatskoj mala do srednja poduzeća glavni pokretači budućeg razvoja. Međutim ona zbog svoje veličine i ograničenih sredstava za razvoj nemaju mogućnost značajnijeg istraživanja. Naime ova istraživanja zahtijevaju koncentraciju visokostručnog kadra kao i sofisticiranu znanstvenu opremu. Upravo zbog toga smatramo da bi okrupnjavanjem i jačim povezivanjem projekata u ciljne istraživačke skupine sa jasno definiranim ciljem istraživačkog rada došlo se do razvoja.

Prema *Istraživačkoj strategiji Sveučilišta u Zagrebu*, ono treba postati jedan od ključnih pokretača gospodarstva i održivog razvoja. Za kvalitetan istraživački rad kod toga je nužno osigurati istraživačku strukturu djelatnika [2]. Kao jedna od sastavnica Sveučilišta u Zagrebu i Tekstilno tehnološki fakultet (TTF) izrađuje vlastitu istraživačku strategiju. Pregled istraživačkih radova na TTF-u u proteklih šest godina prikazan je u tablici 1.

Tablica 1: Broj radova na TTF-u tijekom programa i projekata odobrenih u periodu od 2006. do 2011. (Podaci prema <http://bib.irb.hr> -pristupljeno 15.03.2012).

Vrsta istraživačkog rada	Broj radova
Knjiga	19
Poglavlje u knjizi	69
Izvorni znanstveni i pregledni radovi u časopisima citiranim u CC	170
Znanstveni radovi u drugim časopisima	215
Znanstveni radovi u zbornicima skupova s međunarodnom recenzijom	421
Disertacije	23
Magistarski radovi	7
Patenti	26

Uspješnost istraživačkog rada na TTF-u može se procijeniti i usporedbom s brojem radova na drugim sastavnicama Sveučilišta u Zagrebu unutar Tehničkog područja, po stalno zaposlenom istraživaču. Kod toga je svakako potrebno napomenuti da je prikazan broj znanstvenih radova, svih istraživača (znanstvenika i umjetnika) iako umjetnici uglavnom ne objavljuju znanstvene radove. Iz slike je vidljivo da je uspješnost istraživača na TTF-u svakako u gornjoj polovici svih sastavnica Sveučilišta u Zagrebu – u području Tehničkih znanosti.



Slika 1: Broj objavljenih znanstvenih radova po stalno zaposlenom istraživaču pojedinih sastavnica Sveučilišta u Zagrebu -Tehničko područje u vremenu od 2006 do 2011. godine.

2.1 Osnovna područja istraživanja na TTF-u

U ovom poglavlju navedena su osnovna područja istraživanja na TTF-u koja se trenutno provode ili su neposredno završila na Tekstilno - tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu [1].

2.1.1 Projekti (nacionalni i tehnološki) vezani za područje Tekstilno inženjerstvo

Stana Kovačević : **Napredne tehničke tkanine i procesi**
 Zenun Skenderi : **Višefunkcionalni tehnički netkani i pleteni tekstili, kompoziti i pređe**
 Vesna Tralić-Kulenović : **Istraživanje novih višenamjenskih bojila i optičkih bjelila**
 Budimir Mijović : **Ergonomsko oblikovanje sustava radnik-namještaj-okoliš**
 Ivo Soljačić : **Etika i ekologija u oplemenjivanju i njezi tekstila**
 Emira Pezelj : **Višefunkcionalni tekstilni materijali za osobnu zaštitu**
 Đurđica Parac-Osterman : **Boje i bojila u procesu ekološki prihvatljivog i održivog razvoja**
 Drago Katović : **Alternativni ekološki povoljni procesi i metode kemijske modifikacije celuloze**
 Maja Andrassy : **Visokoučinkoviti tekstilni materijali i vlakna unapređene vrijednosti**
 Darko Ujević : **Antropometrijska mjerenja i prilagodba sustava veličina odjeće**
 Dubravko Rogale : **Inteligentna odjeća i okruženje**
 Željko Šomođi : **Numeričko modeliranje u inženjerskoj analizi tekstila i odjeće**
 Gojko Nikolić.: **Adaptivna bolesnička podloga**
 Dubravko Rogale: **Odjeća s adaptivnim termoizolacijskim svojstvima**

2.1.2 Europski projekti vezani za područje Tekstilno inženjerstvo

Tanja Pušić: **Sustainable Measures for Industrial Laundry**
 Sandra Bischof: **Unlocking the Croatian Textile Research Potentials**
 Ana Marija Grancarić: **One-shot Manufacturing on large scale 3D up graded panels and stiffeners for lightweight thermoplastic textile composite structures**
 Ana Marija Grancarić: **TIED SHOE- Training in Innovation, Entrepreneurship and Design for the Footwear Industry**
 Ana Marija Grancarić: **Sustainable flame retardancy for textiles and related materials based on nanoparticles substituting conventional chemicals**

3. Planirana područja istraživanja vezana za područje Tekstilno inženjerstvo

U ovom poglavlju navedena su osnovna područja istraživanja na TTF-u koja se planiraju provesti u slijedećem ciklusu projekta na Tekstilno - tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu [4].

3.1 Nova specijalna vlakna, vlaknasti-kompoziti za inovativne tekstilne proizvode, proizvodi na bio-osnovi

- Nova vlakna unaprijeđene vrijednosti
- Visokoučinkoviti tekstilni materijali
- Kompozitni materijali s prirodnim vlaknima
- Vlakna specijalnih namjena
- PCM (Phase Change Materials).

3.2 Funkcionalne zaštitne tekstilije & nanotehnologija

- Osobni zaštitni tekstilni materijali
- Nanotehnologija
- Zaštita od UV zračenja
- Zaštita od gorenja
- Antimikrobna zaštita
- Zaštita od mikrovalnog, nuklearnog, biološkog i kemijskog zračenja
- Termička zaštita.

3.3 Inteligentni tekstil/odjeća

- Osobni zaštitni tekstilni materijali
- Termička zaštita
- Inteligentna odjeća
- Zaštita od mikrovalnog, ultraljubičastopg, nuklearnog, biološkog i kemijskog zračenja
- PCM (Phase Change materials).

3.4 Zaštita okoliša, recikliranje, energija

- Zaštita okoliša
- Recikliranje
- Zbrinjavanje tekstilnog otpada
- Ušteda energije.

3.5 Dizajn

- Tekstilni i modni dizajn
- Dizajn odjeće
- Dizajn tekstila
- Boja, bojilo.

3.6 Njega tekstila

- Pranje tekstila
- Kemijsko čišćenje
- Površinsko aktivna sredstva.

4. Raspoloživa kapitalna znanstvena oprema na TTF-u

Danas se na Tekstilno – tehnološkom fakultetu nalazi preko 100 različitih znanstvenih i znanstveno - stručnih instrumenata i aparata. U posljednje vrijeme zahvaljujući nacionalnim projektima Ministarstva znanosti obrazovanja i športa, ali i posebice zahvaljujući Europskim projektima i tehnologijskim projektima financiranim od strane HIT-a, broj i kvaliteta znanstvene opreme na TTF-u višestruko je povećan. U slijedećem poglavlju prikazana je i ukratko opisana kapitalna znanstvena oprema koja stoji na raspolaganju. Kod toga treba napomenuti da nije navedena specifična strukovna oprema kao što su rastezni sušionik, fulari, jet- uređaji, nekoliko vrsta dinamometara, niskotlačni plazma sustav, uređaj za ispitivanje sklonosti na piling i habanje, uređaj za elektropredenje, ispitni mjerni manekeni, ultrazvučni strojevi za spajanje zavarivanjem, različite tipovi šivaćih strojeva i automata, računalno upravljive robote, agregate za iskrojavanje, body scener, Ahiba uređaj, Fixotest, Textomat, instrumenti za ispitivanje pređe, tkalački stanovi, strojevi za pletenje [5].

4.1 Skenirajući elektronski mikroskop - SEM, Tescan

Osnove rada skenirajućeg elektronskog mikroskopa sastoje se od skeniranja površine ispitivanog uzorka vrlo precizno fokusiranim snopom elektrona. Snop elektrona pobuđuje (izbija) elektrone u sastavu atoma uzorka. Energija elektrona iz snopa u izravnoj je proporciji s interaktivno pobuđenim elektronima iz uzorka. Energije proizašlih elektrona iz uzorka skupljaju se i mjere specijalnim detektorima i uz pomoć mikroprocesora stvara se trodimenzionalna slika.



Slika 2: Skenirajući elektronski mikroskop MIRA//Fe-SEM, Tescan, Češka

4.2 Naparivač - Mini Sputter Coater, Quorum Technologies

Energodisperzivni detektor X-zraka (Energy Dispersive Spectrometry – EDS) omogućuje kvalitativnu i kvantitativnu analizu kemijskog sastava ispitivanog uzorka. Spektrometar X-zraka prikuplja karakteristične X-

zrake, koje nastaju kada ubrzani elektron (e-) iz snopa elektrona "izbije" elektron iz unutarnje ljuske istog atoma prilikom čega e- iz vanjske ljuske popunjava upražnjeno mjesto i prilikom toga zrači energiju u obliku X-zraka, broji ih i sortira s obzirom na energiju. Na okomitoj osi dobivenih spektra nalazi se broj X- zraka, a na vodoravnoj osi je energija. Na temelju dobivenih spektara možemo zaključiti koji kemijski elementi sačinjavaju uzorak te njihov maseni udio u tom djelu uzorka.



Slika 3: Mini Sputter Coater, Quorum Technologies, UK

4.3 Polarizacijski mikroskop - ORTHOPLAN-pol, Leitz

Binokularni mikroskop opremljen polarizatorom i analizatorom, interferencijskim filterima, povećanje okulara je 10x, a povećanje objektiva 16x, 40x i 100x. Ukupno povećanje je 1000x. Opremljen je dodatnim uređajem po Jamin-Lebedeff-u te ima mogućnost određivanja indeksa loma i dvoloma. Priprema preparata se provodi u imerzionom sredstvu.



Slika 4: Polarizacijski mikroskop ORTHOPLAN-pol - tt. Leitz, D

4.4 Diferencijalni skenirajući kalorimetar - DSC 8000, Perkin Elmer

Uređaj za diferencijalnu skenirajuću kalorimetriju mjeri promjenu toplinskog toka kao funkciju temperature. Ovaj uređaj bilježi promjene stanja uslijed zagrijavanja ili hlađenja uzorka kod endotermnih ili egzotermnih reakcija u odnosu na referentni uzorak čime posredno utvrđuje točku tališta, kristalizacije, isparavanja,

sublimacije, staklišta, oksidativne degradacije, termičke dekompozicije i dr., a rezultate prikazuje u obliku krivulja. DSC 800 radi u inertnoj atmosferi dušika i u temperaturnom rasponu od -70°C do 700°C.



Slika 5: Diferencijalni skenirajući kalorimetar DSC 8000, Perkin Elmer , USA

4.5 Uređaj za spektroskopiju - Spectrum 100 FT-IR, Perkin Elmer

Spectrum 100 FT-IR (Fourier Transform Infrared) spektrometar, Perkin Elmer omogućuje tri tehnike spektroskopije uzoraka. KBr (kalijbromid) tehnikom omogućuje spektroskopsku analizu transmisije fino mljevenih uzoraka prešanih u obliku tanke tablete, a ATR (Attenuated Total Reflectance) tehnikom spektroskopsku analizu putem refleksije. Dobiveni podaci prikazani su u obliku spektrograma jedinstvenog za svaki spoj.



Slika 6: Spectrum 100 FT-IR (Fourier Transform Infrared) spektrometar, Perkin Elmer , USA

4.6 Uređaj za termogravimetrijsku analizu - Pyris 1 TGA, Perkin Elmer

Pyris 1 TGA, Perkin Elmer uređaj za termogravimetrijsku analizu mjeri gubitak mase uzorka u postocima kao funkciju temperature (i vremena) tijekom linearnog ili stepenastog zagrijavanja u određenom temperaturnom rasponu (25°C – 1500°C) i u određenoj atmosferi (dušik, zrak). Rezultati TG analize prikazani su u obliku krivulja, a ovom metodom moguće je odrediti točku degradacije, odnosno dekompozicije uzorka. Ukoliko je uređaj spojen TG/IR sučeljem (Perkin Elmer TL 8000) na FT-IR spektrometar (Perkin Elmer Spectrum 100 FT-IR) moguće je analizirati i plinovite organske produkte nastale zagrijavanje uzorka.



Slika 7: Termogravimetrijski analizator, Pyris 1 TGA, PerkinElmer, USA

4.7 TG-IR sučelje

Preko TG-IR sučelja omogućuje se analiza organskih plinova nastalih zagrijavanjem uzoraka u TG uređaju (Perkin Elmer Pyris 1 TGA), koja se prati putem FT-IR spektrometra.



a.



b.

Slika 8: TG-IR sučelje, Perkin Elmer, a) u aktivnom stanju; b) u pasivnom stanju

4.8 Elektrokinetički analizator - EKA, Anton Paar

EKA – Electro Kinetic Analyzer, Anton Paar. EKA – elektrokinetički analizator služi za mjerenje zeta-potencijala (ξ [mV]). Radi na principu potencijala strujanja. EKA ima mogućnost rada s tri mjerne ćelije (ravna, kvadratna, stamp ćelija), te mogućnost mjerenja potencijala granula, praha, vlakana, pređa, plošnih proizvoda i drugih ravnih površina. Mogućnost određenja izoelektrične točke i točke nul-naboja. Pri mjerenju zeta potencijala tekstilnih materijala metodom potencijal/struja strujanja, čvrsta je faza stacionarna (materijal), a tekuća pokretna (elektrolit, npr. KCl). Otopina elektrolita protiskuje se kroz sustav kapilara. Potencijal strujanja, U_p i struja strujanja, I_p javljaju se uslijed gibanja iona i kvantitativno određuju zeta potencijal.



Slika 9: Elektrokinetički analizator (Electro Kinetic Analyzer), Anton Paar, Austria

4.9 Spektrofotometar - Cary50 Solarscreen, Varian

Cary 50 Solarscreen, Varian, spektrofotometar. Uređaj mjeri apsorpciju otopina u mjernom području od 190-1100nm, rezultat se bilježi računalno i to brojčano ukoliko se radi o konkretnoj valnoj duljini, te putem krivulje i brojčano za određeni raspon valnih duljina. Također, omogućeno je mjerenje mjere zaštite tekstilnih plošnih proizvoda od ultraljubičastog zračenja (UPF) u rasponu od 280 do 400 nm.



Slika 10: Spektrofotometar Cary 50 Solarscreen, Varian, USA

4.10 Remisijski spektrofotometar - Spectraflash SF 600+CV UV, Datacolor

Spectraflash SF 600+CV UV, Datacolor, remisijski spektrofotometar. Računalno vođen dvokanalni spektrofotometar namijenjen mjerenju boje sa ravnih površina (tekstil, papir, plastika, drvo, metal, itd.). Uređaj omogućuje mjerenje remisijskog spectra upadne svjetlosti u intervalima od 10 nm unutar vidljivog dijela spektra (od 360 – 700nm). Uređaj je namijenjen i mjerenju optičke bjeline i fluorescentnih obojenja, te raspolaže filtrom za umjeravanje UV komponente. Mjerni podaci pohranjuju se u računalnu bazu podataka, iz koje se pomoću specijaliziranog računalnog programa izračunavaju daljnji parametri potrebni za definiranje boje, bjeline ili potrebni za provođenje postupka računalnog receptiranja. Uzorak se postavlja i učvršćuje posebnim držačem na mjerni otvor instrumenta. Osvjetljava se iz izvora svjetlosti ugrađenog u instrument. Instrument mjeri valne dužine reflektiranog i apsorbiranog dijela upadne svjetlosti.



Slika 11: Remisijski spektrofotometar Spectraflash: SF 600+CV UV, SF 300 Plus -CT Datacolor, CH

4.11 Granični indeks kisika - LOI, Dynisco

LOI, Dynisco (Limited oxygen Indeks), instrument za mjerenje graničnog indeksa kisika određuje relativnu zapaljivost tekstilnih i drugih materijala mjerenjem minimalne koncentracije kisika potrebne za izgaranje. Testirani uzorak se pali u precizno kontroliranoj atmosferi dušika i kisika. Opskrba plinom se može precizno regulirati, a iz očitavanja mjerača protoka plina se izračunava indeks kisika.



Slika 12: Granični indeks kisika (Limited Oxygen Indeks) LOI, Dynisco, USA

4.12 Mikrokolorimetar za sagorijevanje - MCC-2, Govmark

Mjeri svojstva gorenja malih uzoraka na laboratorijskoj skali. Mjeri: stupanj otpuštanja specifične topline (W/g), toplinu sagorijevanja (J/g), temperaturu izgaranja (K). Oprema se sastoji od komore za uzorke, komore za miješanje i izgaranje. Uzorci mase 0,5 do 10 mg zagrijevaju se kontinuiranom toku plinova na temperaturama od 25 do 1000°C. Granica osjetljivosti uređaja je min. 5mW. Ponovljivost: $\pm 2\%$ (5 mg uzorka). Principi mjerenja kalorimetrije toka pirolitičkog sagorijevanja (PCFM). Parametri koji se mjere: kapacitet otpuštanja topline (HRC), stupanj otpuštanja topline (HRR), temperatura stupnja otpuštanja topline (TPHRR), ukupna količina otpuštene topline (THR) i količina pepela.



Slika 13: Mikrokolorimetar za sagorijevanje (Microscale combustion calorimetry MCC), UK

4.13 ICP-OES Induktivno spregnuta plazma optičko emisijske spektrofotometrije

Instrument se koristi za elementarnu analizu raznih uzoraka (tekstilnih materijala, vlakana, kože, otpadnih voda tekstilne industrije, hrane, vode, tla i raznih drugih bioloških, organskih i anorganskih tvari). Kod induktivno spregnute plazme – optičko emisijske spektrofotometrije uzorak se također raspršuje te unosi u plazmu visoke temperature, ali se prati emisija - a ne apsorpcija zračenja. Induktivno spregnutu plazmu čini struja visoko ioniziranog argona koji prolazi kroz magnetsko polje zavojnice. Visoko frekventno magnetsko polje ionizira argon (inertni plin) čime se stvara plazma. Plazma ima vrlo visoku temperaturu (7000 do 12000 K) zbog čega je omogućeno određivanje više od 70 elemenata iz periodnog sustava.



Slika 14: Induktivno spregnuta plazma optički emisijski spektrometar

4.14 Mikrovalni uređaj za digestiju

Mikrovalni uređaj za digestiju koristi se za razčinjavanje uzoraka u oblik potreban za analizu. Princip rada im je isti kao i kod mikrovalne pećnice koja se koristi u domaćinstvu. Zatvorene posude izrađene su iz materijala otpornih na temperature do 3000 °C i visoke tlakove, a volumena im je 100 ml.



Slika 15: Mikrovalni uređaj za digestiju

4.15 Uređaj za mjerenje toplinske otpornosti i otpornosti prolaza vodene pare

Uređaj simulira procese transporta topline i vodene pare koji se odvijaju između tekstilnih materijala i površine ljudske kože. Veličine koje uređaj mjeri: Toplinska otpornost, R_{ct} [m^2K/W]; Otpornost prolasku vodene pare, R_{et} [m^2Pa/W]; Uređaj radi sukladno s ISO 11092:1993 i ASTM F 1868-XX normama.



Slika 16: Uređaj za mjerenje toplinske otpornosti i otpornosti prolaza vodene pare

4.16 Laboratorijska perilica rublja

Uređaj služi za pranje rublja, a posebno je pogodan za ispitivanje efekta pranja, te za kontrolu kvalitete tekstila. Radi na principu programski vođenog procesa pranja u bubnju pod utjecajem topline, kemikalija i mehaničkog gibanja. Laboratorijska perilica koristi se za mjerenje parametara potrebnih u pranju rublja.



Slika 17: Laboratorijska perilica Wascator FOM71 Electrolux CLS, S

4.17 3D scanner za snimanje tijela

3D body scanner (Vitus smart), sl. 18, ulazna je jedinica računalnog sustava konstrukcijske pripreme. Područje skeniranja 1000x800 mm i 2040 mm visine. Skeniranje se izvodi sustavom od 8 kamera i traje 10-12 s, pri čemu se izdvoji 500 000 do 600 000 prostornih koordinata skeniranog tijela. Procesiranje podataka traje 40-tak sekundi, te se nakon toga korištenjem programskog paketa ScanWorx V 2.7.2. izdvajaju mjere ljudskog tijela za izradu kroja po mjeri. Programski paket daje mogućnost korekcije dobivenih tjelesnih mjera kao i dodavanje novih [6].



Slika 18: 3D scanner za snimanje tijela

4.18 Suvremeni računalni sustav za gradiranje krojeva i izradu krojnih slika - LECTRA

Laboratorij za konstrukcijsku pripremu odjeće opremljen je s 15 grafičkih radnih stanica s karakterističnim ulaznim i izlaznim jedinicama (3D body scanner, crtalo, digitalizator), sl. 19.



Slika 19: Računalni sustav za gradiranje krojeva i izradu krojnih slika tt. Lectra

Na grafičkim radnim stanicama instaliran su najnovije verzije programskih paketa za pripremu krojnih dijelova i krojnih slika za proces proizvodnje odjeće, kao i programski paket za kreiranje tekstila i odjeće tt. Lectra. Radne stanice međusobno su umrežene i spojene na Internet. Programski paketi namijenjeni konstrukcijskoj pripremi na hrvatskom su jeziku te omogućuju razmjerno jednostavno rukovanje i obuku.

4.19 Sustav za automatska mjerenja procesnih parametara i struktura tehnoloških operacija proizvodnje odjeće

Mjerni sustav za računalno sinkronizirana mjerenja i računanje procesnih parametara služi za cjelovito određivanje procesnih parametara tehnoloških operacija šivanja odjeće primjenom suvremene opreme kojom se vrši automatsko mjerenje i prikupljanje podataka putem elektroničkog računala, mjernih pretvornika i uređaja, više primjerenih računalnih programa i metoda numeričke analize, sl. 20.



Slika 20: Sustav za automatska mjerenja procesnih parametara i struktura tehnoloških operacija proizvodnje odjeće

Sustav se može opremiti i video-sustavom za analizu izvođenja rada na radnom mjestu kojim se osigurava pravilna interpretacija dobivenih rezultata mjerenja procesnih parametara tehnoloških operacija šivanja odjeće [7].

4.20 Sustav za mjerenje energetske potrošnje električne energije šivaćih strojeva

Primarni cilj izuma sustava za mjerenje energetske potrošnje električne energije šivaćih strojeva, sl. 21, je da se u jednom kućištu omogući ugradnja svih potrebnih mjerila za kontrolu procesnih parametara pogonskih sustava šivaćih strojeva [7]. Mjerni sustav ima ugrađena mjerila pogonskih struja, napona, električne snage i utrošene energije. Zbog toga ima ugrađene sinkronizirane mjerne sustave za mjerenja napona i struje svake faze s mjernim pojačalima, brzine vrtnje glavnog vratila šivaćeg stroja te položaja gazila kao i za prihvat drugih izmjerenih vrijednosti (npr. iz Sustava za automatska mjerenja procesnih parametara i struktura tehnoloških operacija proizvodnje odjeće) čiji se svi signali dovode na AD pretvornik, a potom na pohranjivanje i obradu u elektroničko računalo kako bi poslužili za naknadna izračunavanja i analizu procesnih parametara tehnoloških parametara proizvodnje odjeće.



Slika 21: Sustav za mjerenje energetske potrošnje električne energije šivaćih strojeva

4.21 Odjevni predmeti s termoizolacijskim svojstvima

U sklopu tehnološkog projekta Odjeća s adaptivnim termoizolacijskim svojstvima koji je financirao Hrvatski institut za tehnologije razvijen je i patentiran u republici Hrvatskoj i 13 europskih zemalja inteligentni odjevni predmet s adaptivnim termoizolacijskim svojstvima, sl. 22. Spomenuti inteligentni odjevni predmet je koncipiran na strukturi senzori-mikroračunalo-aktuator te ima ugrađene termoizolacijske komore čija debljina i termoizolacijska svojstva ovise o količini upuhanog zraka. Ima mogućnost mjerenja vanjske i unutrašnje temperature, donošenja odluke o optimalnoj toplinskoj izolaciji s pomoću ugrađenog mikroračunala i izvršavanja te odluke uključanjem mikrokompresora koji upuhuje zrak u termoizolacijske komore. Na taj način izvodi se automatska toplinska adaptacija odjavnog predmeta na promjene temperature okoliša ili tjelesne aktivnosti nositelja. Pri upotrebi takvog odjavnog predmeta izbjegava se potreba slojevitog oblačenja [8].



Slika 22: Odjevni predmet s adaptivnim termoizolacijskim svojstvima (detalj elektroničke)

4.22 Termalni maneken

Istraživački tim u Zavodu za odjevnu tehnologiju razvio je i patentno zaštitio termalnog manekena te ga instalirao u Laboratoriju za procesne parametre, sl. 23. Termalni maneken je namijenjen za statička i dinamička mjerenja termoizolacijskih svojstava inteligentne i konvencionalne odjeće pri simulaciji hodanja čovjeka s pripadajućim softverom i klima komorom za postizanje propisanih uvjeta [9].



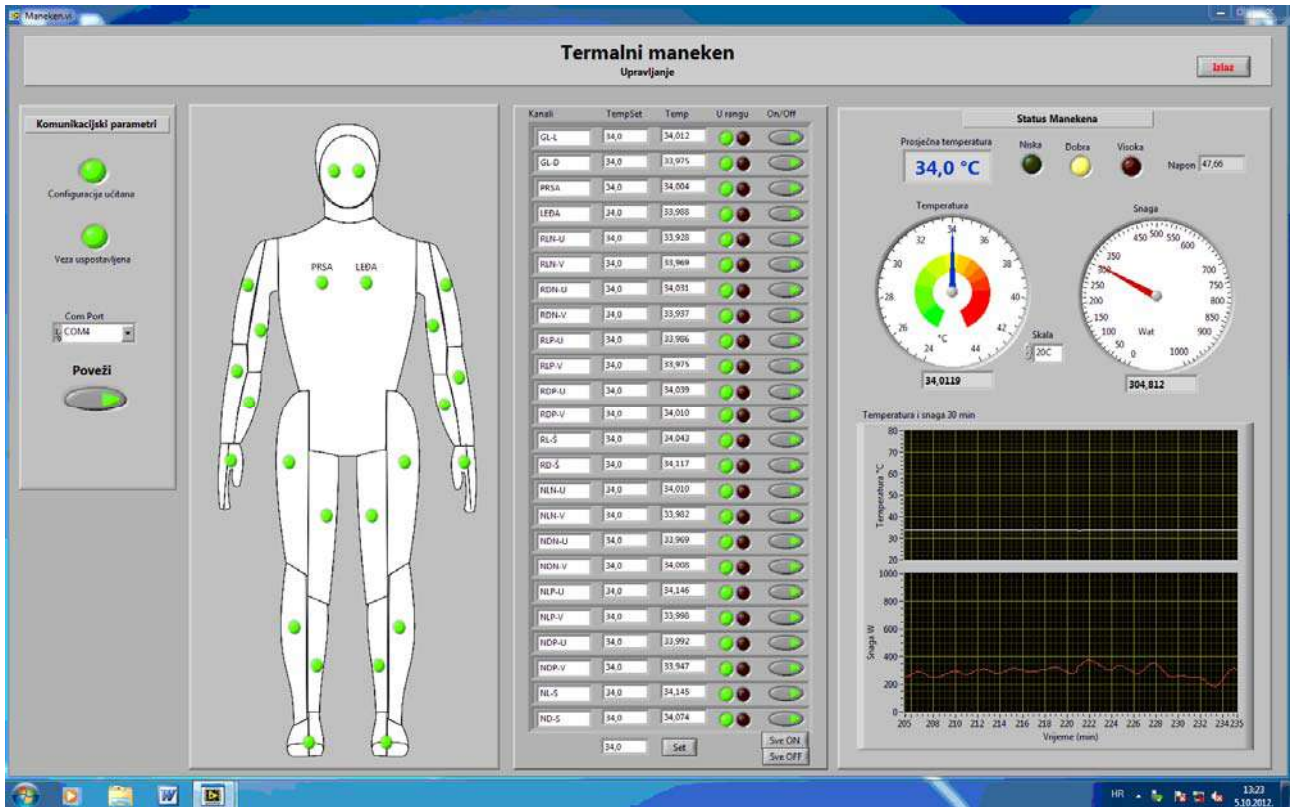
Slika 23: Termalni maneken tijekom ispitivanja inteligentnog odjevnog predmeta s adaptivnim termoizolacijskim svojstvima

4.23 Sposobnost izrade vlastitih softverskih rješenja za mjerne sustave i mikrokontrolerske uređaje

Osim prikazanih mogućnosti primjene suvremenih mjernih uređaja koji omogućavaju vrhunski znanstveno-istraživački potencijal Tekstilno-tehnološkog fakulteta, znanstvenici i istraživači Fakulteta su pokazali da su savladali i tehnike programiranja te izrade softvera za složene mjeriteljske procese. Isto tako, savladali su konstruiranje jednostavnijih mikrokontrolerskih mjernih i upravljačkih naprava, izradu softvera za njih te povezivanje u složene mjerne sustave uz pomoć suvremenih komunikacijskih protokola.

Na sl. 24 prikazan je jedan primjer izrađenog programa koji na zaslonu računalnog monitora služi za upravljanje termalnim manekenom. To je jedan od tri programska paketa koji služe za upravljanja i mjerenja termalnim manekenom. Drugi paketi se odnose na mjerenja snage svakog pojedinog segmenta tijela termalnog manekena te na mjerenje i upravljanje klima komorom. Sva tri programska paketa su međusobno povezana i rade sinkronizirano. Za programski paket prikazan na sl. 24 značajno je još da upravlja i komunicira s još dodatnih 26 mikrokontrolerskih sustava koji su ugrađeni u tijelo manekena, a služe za održavanje zadane konstantne temperature površine tijela i mjerenje snage svakog segmenta.

Izvedbom ovako složenih mjeriteljskih sustava želi se ukazati na sposobnost istraživača Fakulteta koji su, uz ostalo, sposobni konstruirati i realizirati složene mjerne sustave prihvatljive za mjerenja na Fakultetu i u industriji [9].



Slika 24: Zaslom računalnog monitora programa za upravljanje termalnim manekenom

4.24 Sustav za određivanje toplinskih svojstava materijala i kompozita ugrađenih u odjeću

Na sl. 25 prikazan je fizički prikaz mjernog postava na kojem je u gornjem dijelu smještena mjerna površina, a ispod ispravljači za napajanje mikrogrijača, digitalni međusklopovi i ostale elektroničke komponente.



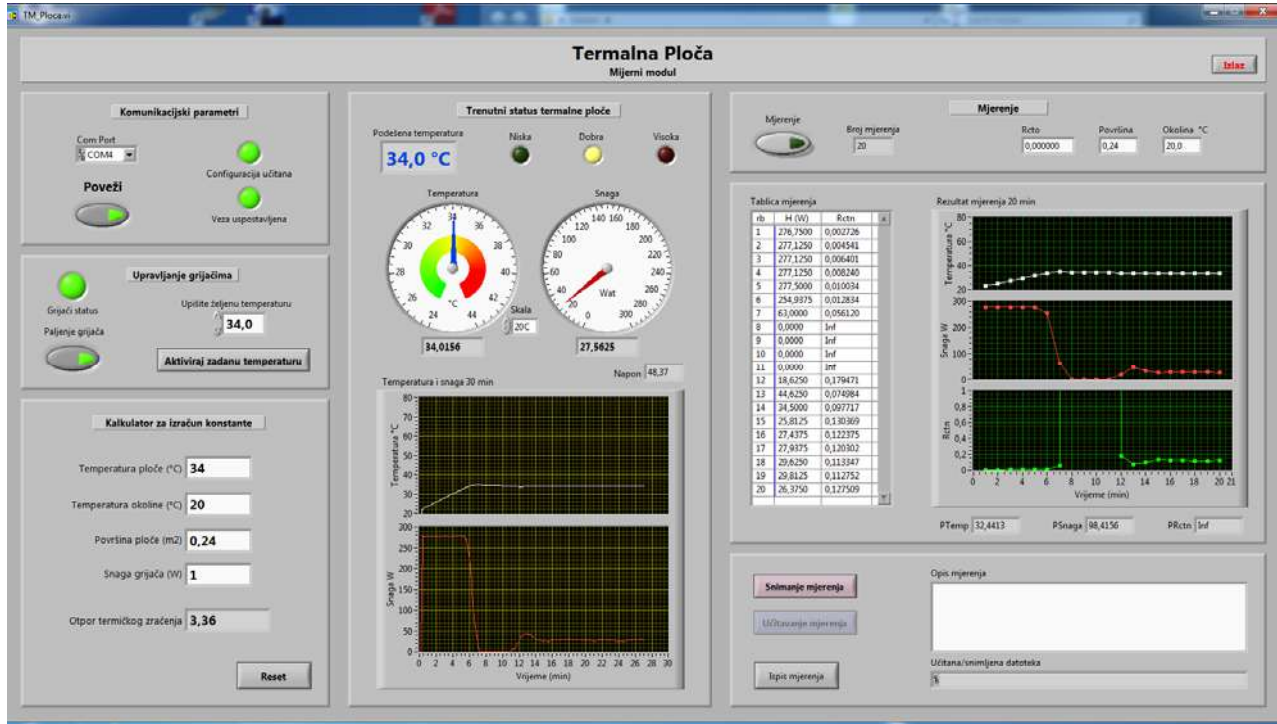
Slika 25: Sustav za određivanje toplinskih svojstava materijala i kompozita ugrađenih u odjeću

Korištena mjerna oprema sastoji od sustava za mjerenje i sustava za regulaciju temperature mjerne površine uređaja temeljene na reguliranju električke snage PWM (eng. Pulse With Modulation) tehnikom. Jedinica za mjerenje je pravokutna aluminijska ploča debljine 10 mm spojena na metalni blok sa grijačim elementima.

Površina na kojoj se izvode mjerenja (0.4×0.6 m) okružena je zaštitnom izolacijom, što sprječava lateralno otklanjanje topline s rubova uzorka [10].

Mjerna oprema se priključuje na PC računalo preko digitalnog međusklopa. Tijekom održavanja konstantnih temperatura mjerne površine mjeri se električna snaga potrebna za zagrijavanje mjerne površine regulirane preko PWM sklopa.

Programska podrška je razvijena na Fakultetu i izrađena za navedenu opremu na hrvatskom jeziku. Tijekom mjerenja se prati na zaslonu monitora te se mjerni rezultati pohranjuju u Excel modu. Na taj način se mogu pohraniti svi mjerni rezultati u bazu podataka te ih naknadno analizirati i statistički obraditi, sl. 26.



Slika 26: Zaslona računalnog monitora programa za upravljanje i mjerenje na novom mjernom sustavu za određivanje toplinskog otpora tekstilnih tvorevina

Zaslona ima više funkcionalnih cjelina za upravljanje komunikacijskim protokolom između računala, digitalnog međusklopa LabVIEW tt. National Instruments, cjelinu za upravljanje mikrogrijanjima mjerne površine te cjelinu za izračun konstante mjernog uređaja. Središnji dio zaslona zauzima prikaz termalnog statusa mjerne površine na kojem se pokazuje postignuta temperatura mjerne površine i potrebna snaga privedena ploči za održavanje te iste temperature. Ispod analognih mjernih pokazivala iscrtavaju se dva dijagrama postignute temperature i privedene snage u ovisnosti o vremenu mjerenja. Desni dio zaslona predstavlja mjerno područje u kojem se postavljaju mjerni parametri i opis mjerenja, a računalni sustav automatski izvodi mjerenja i ispisuje tablicu mjernih podataka privedene snage i izračunatog toplinskog otpora. Na ovom dijelu zaslona iscrtavaju se tri dijagrama izmjenjenih temperatura, snaga grijanja i izračunatih toplinskih otpora mjernog uzorka.

4.25 Strojevi i oprema za visokotehnološke metode spajanja dijelova konvencionalne i inteligentne odjeće

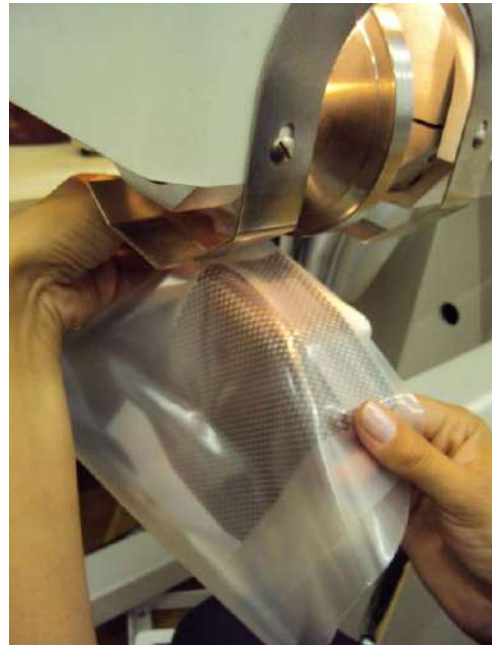
U Laboratoriju za procesne parametre instalirani su strojevi za istraživanja i primjenu suvremenih visokotehnoloških metoda spajanja dijelova inteligentne i konvencionalne odjeće kao i mnogih ugradbenih komponenti (senzori, izvršne naprave, mikrokontrolersko sklopovlje, baterije, displeji, prekidači, mikropneumatski dijelovi, ožičenja i sl.) koji rade na temelju primjene ultrazvučnih metoda, toplinskim metodama uz primjenu efekta kondukcije i konvekcije te primjenom visokofrekventnih elektromagnetskih polja.

Na sl. 27 prikazan je ultrazvučni stroj za spajanje polimernih materijala, tt. PFAFF, oznake [9]. Polimerni materijali se primjenom ultrazvučnih metoda spajaju sonotrodnom koja radi na frekvenciji od 35 kHz, a ultrazvučne vibracije prenosi na rotirajući disk od slitine aluminija i titana, promjera 105 mm i širine u

rasponu od 2 – 10 mm. Brzina spajanja može iznositi od 0,6 – 13,6 m/min. Debljina spojenog kompozita materijala mora biti u rasponu od 50 µm do 2 mm. Raspon između sonotrode i protuvaljka može se mijenjati s točnošću od 20 µm uz silu spajanja od 0 - 800 N. Stroj je opremljen procesnim mikroručalom koje izračunava i podešava kontinuiranu gustoću ultrazvučne energije spajanja pri nejednolikim brzinama spajanja čime se postiže vizualna jednoličnost spajanja i čvrstoća ultrazvučnog spoja [11].



a.



b.

Slika 27: a. Ultrazvučni stroj Seamsonic 8310-003 tt. PFAFF, b. Prikaz spajanja termoizolacijske komore i mrežaste strukture ultrazvučnom tehnikom

Na sl. 28 prikazan je specijalni stroj za toplotno spajanje primjenom kondukcije (vrućeg klina) i konvekcije (vrućeg zraka), tt. PFAFF oznake 8304-020. Posmik izratka je valjčani uz maksimalnu brzinu spajanja od 10 m/min. Prikazani stroj ima snagu od 1000 W s mogućnosti zagrijavanja klina do temperature 450 °C. Isti stroj se može koristiti i za primjenom sa vrućim zrakom pri čemu se promijeni samo alat za zagrijavanje. Tada se struja zraka zagrijava snagom od 3300 W i može zagrijati struju zraka za spajanje do temperature 650 °C.



Slika 28: Specijalni stroj za toplotno spajanje oznake 8304-020 tt. PFAFF

Strojevi za visokofrekventno spajanje su prilagođeni specifičnoj tehnici koja se koristi za zrakonepropusno i vodonepropusno spajanje umjetnih polimernih materijala, sl. 29. Materijal za spajanje od umjetnih polimernih tvari u pravilu se sastoji od makromolekula s izraženom polarizacijom tako da na nekim svojim dijelovima

ima izražene električne naboje. Takve molekule se u električnom polju polariziraju spram smjera silnica tog polja. Brzim mijenjanjem smjera silnica započinje i promjena položaja polarizirane molekule pri čemu se razvija toplina u materijalu koji se spaja, pa i ovaj stroj za visokofrekventno spajanje koristi visokofrekventni oscilator koji radi na frekvenciji od 27,12 MHz i ima pojačalo snage od 0,8 kW [12].



Slika 29: Specijalni stroj za visokofrekventno spajanje tt. Siatem,

Za svaku specifičnu potrebu spajanja konstruira se posebna elektroda. Za ovaj i ostale prikazane strojeve, valja istražiti optimalne radne parametre koji se ogledaju ponajprije u primijenjenoj snazi spajanja, vremenu spajanja, brzini spajanja i tlaku spajanja čijim se međusobnim varijacijama postiže optimalna čvrstoća spoja.

Primjena prikazanih strojeva zahtijeva znanja širokog spektra različitih tehničkih područja, ali su svojim povoljnim karakteristikama nenadomjestiva budući da se suvremena konvencionalna i inteligentna odjeća ne može proizvesti bez spomenutih novih visokotehnoloških metoda spajanja i ugradnje specifičnih elemenata u odjeću.

5. Zaključak

Iz prikazanih podataka vidljivo je da se znanstveni rad na Tekstilno-tehnološkom fakultetu prema broju radova projekta i patenata nalazi na gornjem dijelu svih tehničkih fakulteta. Znanstvena oprema je nova i visokosofisticirana te uz dovoljan broj visoko specijaliziranih stručnjaka može pružiti značajnu potporu hrvatskom tekstilnom i odjevnom gospodarstvu.

Iz ovog rada je vidljivo i da Tekstilno-tehnološki fakultet, osim najmodernije i vrlo složene istraživačke i razvojne opreme, ima obrazovan i sposoban kadrovski potencijal čiji su znanstvenici u stanju konstruirati, realizirati i umjeriti vrlo složenu istraživačku i mjeriteljsku opremu. To se ponajbolje razabire iz prikazanog broja priznatih patenata realiziranih na Fakultetu, a koji su poglavito iz područja istraživanja i mjeriteljske kao i tehnološke opreme. Time se na najbolji način u ovom radu potvrđuje da Tekstilno-tehnološki fakultet ima primjeren potencijal u razvitku tekstilne znanosti usmjerenih tekstilnoj i odjevnoj industriji Republike Hrvatske, koja je bila i vjerojatno će ostati jedna od važnijih gospodarskih grana naše zemlje.

Literatura

- [1] Katović, D.; Soljačić, I.: Znanstveno-istraživački rad na Tekstilno-tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, *Tekstil*, **60** (2011) 2, 640-658, ISSN 0492-5882
- [2] Grupa autora: Izvješće o radu Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini 2008/2009, *Sveučilišni vjesnik*, **61** (2010), 397-400
- [3] Katović, D.; Bischof Vukušić, S.: Europska tehnološka platforma za budućnost tekstila i odjeće- vizija do 2020.godine, *Tekstil*, **55** (2006) 7, 340-346, ISSN 0492-5882
- [4] Bischof Vukušić, S.; Katović, D.: Suradnja s gospodarstvom u okviru projekta FP7-REGPOT-2008-1:T-pot, *Zbornik 3. međunarodnog znanstveno-stručnog savjetovanja Tekstilna znanost i gospodarstvo 2010*, Ujević, D.; Penava, Ž., 37-46, ISBN 978-953-7105-35-8, Zagreb, Siječanj 2010, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, Hrvatska
- [5] Popis opreme na TTF-u, *Dostupno na* <http://www.ts-rc.eu> *Pristupljeno: 2012-12-27*
- [6] Nikolić, G.; Rogale, D.: Nova suvremena oprema u Zavodu za odjevnu tehnologiju na Tekstilno – tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, *Tekstil*, **53** (2004) 4, 177-184, ISSN 0492-5882
- [7] Rogale, D. i sur.: Tekstilno-tehnološki fakultet kao generator intelektualnog vlasništva, *Zbornik radova 2. međunarodnog znanstveno-stručnog savjetovanja Tekstilna znanost i gospodarstvo*, Ujević, D. ; Penava, Ž. (ur.), Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, (2009) 31-44
- [8] Firšt Rogale, S.; Rogale, D.; Dragčević, Z.; Nikolić, G.: Realization of the Prototype of Intelligent Article of Clothing with Active Thermal Protection, *Tekstil*, **56** (2007), 10, ISSN 610-626 0492 – 5882
- [9] Firšt Rogale, S., Rogale, D., Majstorović, G.: Thermoinsulation Properties of Intelligent Clothing with Adaptive Thermal Protection, *Book of Proceedings of the 6th International Textile, Clothing and Design Conference – Magic World of Textiles*, Dragčević, Z. (ur.), Zagreb. Faculty of Textile Technology University of Zagreb, 2012, 610-616
- [10] Rogale, D. i sur.: Utvrđivanje toplinskog otpora PA i PES tekstilnih tvorevina u ovisnosti o broju i kombinaciji slojeva, *Zbornik radova 5. međunarodnog znanstvenog-stručnog savjetovanja Tekstilna znanost i gospodarstvo 2012* Ujević, D.; Penava, Ž. (ur.). Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, 2012., 215-220
- [11] Rogale, D., Bobovčan, M.; Firšt Rogale, S.: Suvremene tehnike spajanja elemenata na inteligentnoj odjeći, *Zbornik radova 4. međunarodno znanstveno-stručno savjetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo*, Ujević, D.; Penava, Ž. (ur.). Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, 2011. 167-172
- [12] Rogale, D., Firšt Rogale, S., Bobovčan, M.: Određivanje optimalnih parametara spajanja termoplastičnih folija ultrazvučnom tehnikom *Zbornik radova 5. međunarodnog znanstvenog-stručnog savjetovanja Tekstilna znanost i gospodarstvo 2012* Ujević, D.; Penava, Ž. (ur.). Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, 181-186

PREDSTAVLJANJE ERASME PROJEKTA "VISOKOUČINKOVITA I EKONOMSKI ISPLATIVA TEHNOLOGIJA MEMBRANSKOG BIOREAKTORA ZA POVRAT VODE U OPLEMENJIVANJU TEKSTILA"

OVERVIEW OF THE ERASME PROJECT ENTITLED "HIGH-EFFICIENT AND COST-EFFECTIVE AIR-LIFT MBR FOR WATER REUSE IN TEXTILE FINISHING"

Jasmina KORENAK; Irena PETRINIĆ; Mirjana ČURLIN; Romana PETROVIČ;
Piet De LANGHE; Steven COENEN & Marko GERM

Sažetak: EraSME project "Visokoučinkovita i ekonomski isplativa tehnologija membranskog bioreaktora (MBR) za povrat vode u oplemenjivanju tekstila" je usmjeren na tehnološke procese obrade otpadne vode u tekstilnoj industriji. Unutar projekta sudjeluju 3 tvrtke u suradnji s istraživačkom institucijom. Projekt se temelji na kvantifikaciji suvremenog pristupa kompaktne, ekonomski isplative tehnologije pomoću uređaja za obradu i recikliranje otpadne vode nakon oplemenjivanja tekstila. Ideja je temeljena na primjeni i razvoju MBR u kombinaciji s naknadnim postupkom ozonizacije u tekstilnoj tvornici. MBR-ovi predstavljaju tehnologiju koja se intenzivno razvija kao visoko potencijalna za pročišćavanje otpadnih voda. Ova tehnologija u kombinaciji s konvencionalnim procesom aktivacije mulja ili mikrofiltracije se primijenjuje za odvajanje mulja i obrađene otpadne vode. Dvostruki učinak biološke obrade i membranske filtracije osigurava učinkovitost pročišćavanja, a s druge strane ovaj proces zbog prisutne biologije postaje osjetljiviji za okruženje i provedbu.

Abstract: The EraSME project entitled »High-efficient and cost-effective air-lift MBR for water reuse in textile finishing« working on a wastewater treatment technology for wastewater produced in textile company. Within the project 3 companies were collaborated with an education institution. The project is based on quantifying the novel concept of a compact, high-efficiency and cost-effective waste-treatment plant for water recycling after textile finishing. This idea builds on the application and further development of air-lift MBR in a textile factory in order to attain water that can be reused in a process in combination with ozonisation as a post-treatment step. Membrane bioreactors (MBR) are an emerging technology of major potential in wastewater treatment. The MBR is a combination of the conventionally activated sludge process and ultra- or microfiltration for the separation of sludge and treated wastewater. The two-fold effect of biological treatment and subsequent membrane filtration makes this process an efficient tool for the purification but on the other hand, the process becomes more sensitive of surroundings and operational parameters because of the present biology.

Ključne riječi: tekstilne otpadne vode, MBR, biološka obrada

Keywords: textile wastewater, MBR, MBR air-lift, biological treatment

1. Introduction

EraSME projects are within the framework of the European ERA-NET scheme, and is a network of ministries and funding agencies in Europe which are owners or managers of national and regional funding programs for cooperative research projects between Small and Medium sized Enterprises (SMEs) and Research and Technology organisations (RTOs) across Europe. Supports SMEs in their transnational innovation activities, helps them to acquire technological know-how, extend their networks across Europe and bridge the gap between research and innovation. The project duration is two years and consortium consists of four research/industrial partners from two different countries, three from Slovenia and one from Belgium. The coordinator of the project is the Slovenian company Strix d.o.o. which is a competent partner for membrane technology systems (provider and builder of pilot plants). Second Slovenian partner is the University of Maribor, Faculty of Chemistry and Chemical Engineering (UM, FKKT) and third a Textile Factory Beti d.d. The Belgium partner in the project is the Pantarein bvba. They design and build water treatment systems tailored to companies' needs. And it covers a wide range of technologies such as physical chemical pretreatment (removal of fats, solids and heavy metals), anaerobic pretreatment (for the production of biogas and green energy) and aerobic treatment (including N/P removal with conventional technology and MBR).

2. Aim of the project

The main environmental impact of the textile industry derives from the “wet processes”, mainly implemented by the textile finishing industry. The textile industry can be characterized as a high water consumer and the overall sector in Europe is suffering due to more stringent discharge limits, raising water costs and partly limited water resources. The effluents generated within textile companies contain a wide-variety of contaminants, such as salts, surfactants, soaps, enzymes, oxidizing, reducing agents and reactive dye. Most of the coloured, high molecular-weight compounds are resistant to biological degradation, especially those reactive dyes that remain in the environment under natural conditions, for 40 years or more. The sector is losing competitiveness on international markets, which results in closure of companies and re-location to countries outside of Europe. Up to date few or no process water recycling technologies are in place.

The overall aim of the project is to develop environmental technologies in order to reduce the water consumption and to reduce environmental impacts by reducing the amounts of process chemicals discharged by using membrane based separation processes and membrane bioreactors. The core demonstrative part of the present project is to build up and operation of a complete water reuse facility within a textile company Beti d.d., aimed at demonstrating the technical and economic feasibility of water reuse in the textile industrial sector. This demonstration-plant was dimensioned to treat wastewater of the overall company wastewater flow-rate in order to permit an evaluation of the impacts occurring when reusing treated wastewater instead of high quality primary water.

3. Technological approach

Conventionally-activated sludge configuration is one of the most widely-employed biological treatment systems for both industrial and municipal wastewater. In the aeration basin of a conventionally-activated sludge system, micro-organisms transform organic biochemical oxygen demand and nutrients, such as phosphorus and nitrogen, to produce carbon dioxide and additional biomass. The aeration basins are followed by quiescent settling zones known as clarifiers, where gravity sedimentation is used to separate biomass from effluent liquid. An activated sludge system not only requires large aeration and sedimentation tanks, but also generates large quantities of excess sludge (5-8 kg/m³ as maximum) and needs relatively large plants accompanied by equally large capital costs. In some cases, such as for highly concentrated industrial wastewater, the space available at a site is insufficient for a large treatment plant. Compact biological treatment is, therefore, required. In addition to the treatment capacity, other problems with conventionally activated sludge systems include sludge bulking and biological foaming. Bulking and foaming lead to poor solids' separation, and a deterioration of effluent quality. In the future, it is anticipated that regulations for water quality will become increasingly stringent; therefore, it is important to develop enhanced treatment processes capable of reducing BOD, suspended solids, nitrogen, and phosphorus, to ultra-low levels. An alternative technology is the membrane bioreactor, which replaces two stages of the activated sludge process – clarification and settlement – with a single, integrated bio-treatment and clarification step. The influent is fed into the aerated bioreactor where the organic components are oxidised by the activated sludge. The aqueous activated sludge solution then passes through a micro or ultrafiltration (UF) membrane filtration unit, separating the water from the sludge.

Membrane bioreactors (MBR) are an emerging technology of major potential in wastewater treatment. The MBR is a combination of the conventionally activated sludge process and ultra- or microfiltration for the separation of sludge and treated wastewater. The two-fold effect of biological treatment and subsequent membrane filtration makes this process an efficient tool for the purification but on the other hand, the process becomes more sensitive of surroundings and operational parameters because of the present biology. Biotechnological approaches (anaerobic, aerobic or involving a combination of the two) for decolourising azo dyes-containing wastewaters are very broad, in which other micro-organisms other than bacteria also show this capacity. Under aerobic conditions, e.g. in activated sludge systems for wastewater treatment, low azo dye decolourisation is achieved because oxygen is a more effective electron acceptor than the azo dyes. On the other hand, under anaerobic conditions, e.g. by using granular or flocculent sludge's, azo dyes are generally the sole terminal electron acceptor and, because of this, a better decolourisation is obtained. However, the reduced products of anaerobic treatment (aromatic amines) are, in general, anaerobically recalcitrant which means that complete biodegradation of azo dyes cannot be accomplished under anaerobic conditions only. Nevertheless, the bioconversion of these aromatic compounds under aerobic conditions is relatively quick. The reduction in azo dyes is generally regarded as a rate-limiting step in the overall reaction. Therefore, it is especially important to define those process conditions (aerobic or anaerobic conditions) that enable work under alternating conditions, so that individual cultures for certain types of dye present in sewage, would adjust themselves. Due to saving of space and high effluent quality, the MBR process has

become the standard in the treatment of industrial wastewater. Recently, a new MBR concept, the air-lift cross flow was developed. The concept combines low energy cost with the ease and efficiency cleaning extern placed membranes. The application of this new technology will reduce the main disadvantage of MBR technology, membrane fouling. Membrane located outside is easier to keep clean. Since the main task of this project is to improve the performance of a MBR for the treatment of the textile wastewater, it bars the application of these new technologies as well as additional treatment processes (ozonisation), thus achieving significant energy savings. Moreover, in the future, the reuse of purified effluents would be of increasing relevance due to rising water prices, as well as to preserve natural water resources.

4. Activities

This project was divided into two phases: The Definition, and Implementation Phases. The Definition Phase lasted 1 year and the Implementation Phase 1 year, respectively. Each phase contained different numbers of work packages (WPs). Research and Technological Development (RTD) and work to be undertaken during the definition phase of the project are comprised of the following work packages (WP) in Table 1:

Table 1: Work packages, tasks and deliverables of the project

Work Packages	Tasks	Deliverables
WP 1: Biological wastewater treatment in the laboratory	T1.1 Characterization of wastewater	Monitoring of chemical and biochemical parameters (temperature, pH, conductivity, COD, BOD, colour)
	T1.2 Definition of biological treatment parameters (Anaerobic, aerobic and anoxic)	Definition of optimal conditions during biological treatment: pH, T, O ₂ , and aeration (air flow)
	T1.3 Biological treatment with settled microbial culture	Efficiency of biological treatment: efficiency of microbial culture and SEM of grown microbial culture
WP 2: Physical treatment of wastewater in the laboratory	T2.1 Treatment with UF after biological treatment	Definition of process parameters (flow, HRT, pressure, critical flux)
	T2.2 Treatment of raw wastewater with UF	Definition of process parameters (flow, HRT, pressure, critical flux)
	T2.3. Comparison between biological and physical treatment with physical treatment	Efficiency of treatment (COD, BOD, colour)
WP 3: Installation of air lift MBR pilot plant	T3.1 Definition of operational parameters regarding to results accomplished in WP1	Monitoring of operational parameters: flow, pressure, HRT, air flow
	T3.2 Treatment efficiency of reducing the fouling	Monitoring of chemical and physical parameters
	T3.3 Cleaning – mechanical/chemical	Monitoring of TMP. Evaluating the more efficient membrane cleaning procedure
WP 4: Optimization of MBR process	Task4.1 Evaluating the operational parameters regarding to treatment efficiency	Flow, pressure, cleaning procedure, air flow
	T4.2 Operating the MBR process under defined parameters	Monitoring of treatment COD, colour efficiency
WP 5: Reuse of treated wastewater	T5.1 Characterization of treated wastewater by MBR	Monitoring of COD, colour, toxicity and comparison these parameters with parameters of quality of water which can be applied in process as reuse water
	T5.2 Definition of operational parameter wastewater treatment by ozone	Definition of optimal parameters of process ozonation (flow O ₃ , HRT)
	T5.3 Wastewater treatment by ozone	Efficiency of COD, BOD, colour
	T5.4 Comparison of wastewater treatment efficiency between WP4 (T4.2) with WP5 (T5.3)	Monitoring of COD, BOD, colour
WP 6: Energy efficiency	T6.1: Monitoring the energy consumption during the wastewater treatment using MBRT	D 6.1 and D 6.2: Evaluating the energy consumption during wastewater treatment;
	T6.2: Monitoring the energy consumption during the wastewater treatment using ozone	
	T6.3: Minimizing the energy consumption during wastewater treatment (using MBR and ozone).	D 6.3: Evaluation of optimal operating parameters regards to reducing the operational costs during wastewater treatment.

5. Feasibility of the project

The fundamental research category was based on studies that exclusively looked at membrane fouling, operation and design parameters, sludge properties, microbiological characteristics, cost and modelling. First stage during the project was a characterization of the textile wastewater produced by Beti d.d. The textile wastewater was supplied by Beti company, as well as information about used chemicals during the textile processes. In the laboratory a biological treatment of model textile wastewater was performed. It was set and Biological daily controlled in order to define biological parameters (anaerobic, aerobic and anoxic). During that stage monitoring of chemical and biochemical parameters (COD, BOD, temperature, pH, conductivity and colourisation), optimal conditions during biological treatment (pH, T, air-flow), and efficiency of microbial culture was defined. After the biological treatment, the physical treatment of textile wastewater was performed. Treatment with ultrafiltration membrane after biological treatment, treatment of raw wastewater with ultrafiltration membranes and comparison between biological and physical treatment was performed.

The implantation phase followed after 12 months of definition phase and its duration last approximately 12 months. STRIX Company and Panterein supplied the pilot plant and other needed parts and installed to the Beti d.d. Continuous stream of textile wastewater and needed electricity was provided by Beti Company. The analytical measurement provided FKKT, also the operational parameters was monitored. The new air-lift cross flow process is a new technology which was installed by Panterein Company at Textile Company in Belgium. During the wastewater treatment, was attempted to reach the quality of effluent that could be reused in the textile processes. The pilot plant was at constant control to reach the optimal conditions, and, also a daily monitoring was provided. Due to achieve colourless effluent the ozonisation was performed at the end of the project. Evaluating the costs effectiveness of the reuse system (both investment and operational costs) followed after optimal operational conditions were reached. Photos of installed pilot plants for treating a raw wastewater in Beti d.d. are presented in Fig. 1

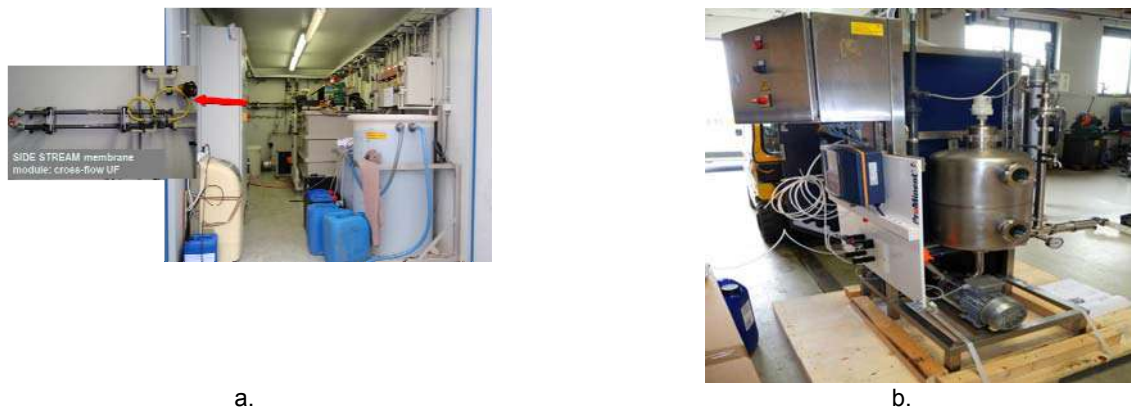


Figure 1: Installed equipment at textile company for project use: a. Pilot plant MBR installed in Beti d.d; b. the ozonator to treat a permeate from MBR

References

- [1] Capar G., Doctoral thesis, *Development of a membrane based treatment scheme for water recovery from textile effluents*, Middle East Technical University, 2005.
- [2] Yuzhu Fu., T. Viraraghavan., *Fungal decolorization of dye wastewaters: a review*, Bioresource and Technology, 2001, 3/79, 251-262.
- [3] Smith B., *Wastes from textile Processing*. In *Plastics and the Environment*, eds. Andradý A. L, Wiley-Interscience., 2003
- [4] Petrinić I. et al., *Textile wastewater with membrane bioreactor and water re-use*, Tekstil, 2009, št. 58, 1-2, 11-19.
- [5] Available from <http://www.era-sme.net> Accessed: 2013-01-05

Acknowledgment

Acknowledgment goes to Ministry of Higher Education, Science and Technology of Slovenian Republic, Directorate of Technology and to government agency for Innovation by Science and Technology of Belgium for financial support of EraSME project HE-CE AIR LIFT MBR, entitled »High-efficient and cost-effective air-lift MBR for water reuse in textile finishing«.

PREDSTAVLJANJE EUREKA PROJEKTA "POBOLJŠAVANJE OTPORNOSTI NA GORENJE VUNENIH I PAMUČNIH MJEŠAVINA"

OVERVIEW OF THE EUREKA PROJECT ENTITLED »IMPROVEMENT IN THE FLAME RETARDANT PROPERTIES OF COTTON AND WOOL BLENDS«

Tanja PUŠIĆ; Sandra BISCHOF; Hermina BUKŠEK; Irena PETRINIĆ; Thomas
LUXBACHER; Romana PETROVIĆ & Josip ARAČIĆ

Sažetak: Eureka projekt pod nazivom "Poboljšavanje otpornosti na gorenje vunениh i pamučnih mješavina" usmjeren je na razvoj pletiva u mješavini pamuka i vune s FR vlaknima u različitim omjerima. Cilj je razviti ekološki povoljno FR pletivo i funkcionalno rublje koje može kvalitetom i cijenom konkurirati proizvodima europskog i svjetskog tržišta. FR tekstilije za industrijske i vojne svrhe zauzimaju jedno od vodećih pozicija na globalnom tržištu tekstila. U toj velikoj skupini zaštitnih tekstilija FR tekstilije imaju značajno učešće i utjecaj. Ovo područje pokriva odjeću i ostale tekstilne sustave čiji je zadatak zaštititi korisnika od rizika i potencijalnih opasnosti u radnim uvjetima. Rizici od plamena i vatre se mogu preventivno riješavati ugradnjom FR vlakana. Stoga je ova problematika od primarnog značenja za sigurnost i povećanje stupnja zaštite od zapaljivosti primjenom ekonomski isplativih i ekološki povoljnih obrada.

Abstract: The EUREKA project entitled »Improvement in the flame retardant properties of cotton and wool blends« is dealing with knitted fabrics, produced from cotton or wool blended with FR fibres in various ratio. The target is the production of eco-innovative FR knitwear (garments) that can be competitive on the EU and overseas markets. Flame resistant (FR) fabrics for industrial and military uses represent one of a few more profitable niche markets in the global textile complex. There is a large area of protective textiles, where flame-retardancy has a very high impact. This area comprises clothing and other textile-based systems whose main function is to protect users from the hazards and dangers within the conditions in which they operate. Incorporating flame retardant components in combustible materials is a common procedure in preventive fire safety measures and is applied to reduce the risks from fires. It is thus of primary importance for public safety to find ways to render the materials less flammable and, of course, in the most economically and environmentally-friendly manner.

Ključne riječi: tekstil, oplemenjivanje, zaštita od gorenja, mješavine

Keywords: textiles, finishing, fire retardancy, blends

1. Uvod

EUREKA je europska mreža za tržišno usmjereno istraživanje i razvoj, osnovana 1985. godine, koja pomaže u izgradnji međunarodnog partnerstva u cilju jačanja europske konkurentnosti. Članice inicijative su zemlje koje su odlučile dati podršku međunarodnim projektima iz nacionalnih proračuna. Primarni cilj programa EUREKA je potaknuti tvrtke na ulaganje u aktivnosti istraživanja i razvoja te na taj način jačati njihov inovacijski kapacitet. EUREKA pomaže tvrtkama, malim i srednje velikim poduzetnicima da ujedine svoje resurse, da putem međunarodne suradnje i suradnje sa znanstveno istraživačkim organizacijama razviju inovativne proizvode, procese ili usluge te ujedno stvore pretpostavke za međunarodni tržišni plasman.

Poslovno-inovacijski centar Hrvatske – BICRO provodi program «Poticanje poduzetništva utemeljenog na inovacijama i novim tehnologijama» Vlade RH s ciljem ulaganja u poduzetništvo utemeljeno na inovacijama i novim tehnologijama. BICRO je i nacionalni partner u Europskoj poduzetničkoj mreži Hrvatske (EEN - Enterprise Europe Network) koja pruža potporu malim i srednjim tvrtkama u pronalaženju puta k jedinstvenom tržištu Europske Unije, pristupu informacijama i uslugama, te transferu tehnologije, znanja i inovacija.

Financijska potpora je odobrena u lipnju 2010. za razvojni projekt *Improvement in the flame retardant properties of cotton and wool blends*, E! 5785, FLAMEBLEND u iznosu od 149.093 eura što čini 47% ukupnih sredstava za hrvatski dio projekta, dok su za ostale troškove zaduženi projektni partneri [1,2].

Projekt se provodi tijekom tri godine tripartitnom suradnjom Hrvatske, Slovenije i Austrije. Hrvatski partneri su Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet iz Zagreba i tekstilna tvornica Galeb d.d. iz Omiša. Slovenski partneri su Sveučilište iz Maribora, Fakulteta za kemijsko tehnologiju i tvrtka Beti Preja d.o.o., a Austriju u projektu predstavlja tvrtka Anton Paar GmbH iz Graza.

Ugovor o financiranju hrvatskog dijela projekta "Poboljšavanje otpornosti na gorenje vunениh i pamučnih mješavina" potpisali su 13. prosinca 2010. u ime Poslovno-inovacijskog centra Hrvatske - BICRO direktor Dalibor Marijanović, a u ime hrvatskog konzorcija dekan Tekstilno-tehnološkog fakulteta prof. dr. sc. Darko Ujević i voditeljice prof.dr.sc. Sandra Bischof i prof.dr.sc. Tanja Pušić, uz nazočnost Ive Friganovića, višeg izvršnog direktora Sektora za inovacije i Antonije Mršić, nacionalne koordinatorice EUREKA projekata, sl. 1.



Slika 1: Potpisivanje ugovora o financiranju projekta FLAMEBLEND

2. Cilj projekta

Projekt je usmjeren na razvoj i projektiranje funkcionalnih pređa i pletiva smanjene gorivosti (*flame retardant knitwear*) od mješavina vunениh i pamučnih vlakana sa sintetskim vlaknima. Koordinirana suradnja akademske zajednice i industrije u okviru EUREKA programa osigurat će kvalitetan razvoj i objektivno vrednovanje novih proizvoda. Program obuhvaća proizvode za donje rublje, pletiva za dječje artikle, te sport i rekreaciju. Funkcionalno FR pletivo namijenjeno je hrvatskom tržištu i tržištima regije, kao konkurentni eko-inovativni proizvod visoke dodane vrijednosti i prihvatljive cijene. Proizvodi će posebno biti namijenjeni segmentu tržišta koji obuhvaća radnu zaštitnu odjeću za potrebe vatrogastva, službi spašavanja, vojske, naftne i prerađivačke industrije te drugih grana gdje postoji pojačana potreba zaštite na radu.

3. Stupanj inovacije

Suradnja znanstvenoistraživačkih institucija (RTD-a) i malih i srednjih poduzeća (MSP-a) se odvija kroz aktivnosti razrađene u projektnom prijedlogu (*project proposal*), a financiranje kroz Eureka poslovni plan (*Eureka business plan*). Rezultat suradnje će biti eko-inovativan pleteni proizvod namijenjen domaćem tržištu kao i tržištu regije. Primarno područje primjene je donje rublje, pletiva za djecu, sport, slobodno vrijeme, djelatnike na benzinskim crpkama, policiju, vojsku, itd.

Inovativan koncept projekta FLAMEBLEND se ističe kroz:

- strukturnu modifikaciju
- visoko postojanu FR obradu

Inovativnost prvog tipa modifikacije se ogleda kroz strukturu pletiva načinjenu od pamučnih vlakana s unutarnje strane (lice), te FR vlakana s vanjske strane (naličje). Na taj način će se postići udobnost pri nošenju, te vrhunski stupanj zaštite izvana.

Inovativnost drugog tipa modifikacije će se postići kroz primjenu novijih sredstava koja će osigurati visoki stupanj zaštite i visoku postojanost mješavina s višim udjelom pamučnih vlakana. Pri tome će se odabrati proizvodi s visokim ekološkim premisama u odnosu na postojeće proizvode. Inovativan pristup će se temeljiti i na modifikaciji površine pamučnih komponenti prije obrade s FR sredstvima, te specijalnim naknadnim obradama koje će rezultirati ciljanim svojstvima.

4. Aktivnosti

Projekt je strukturiran kroz pet radnih cjelina i aktivnosti u koje su uključeni svi partneri na projektu. Prikaz aktivnosti, zadataka i kontrolnih mehanizama je prikazan u tab. 1.

Tablica 1. Aktivnosti, zadaci i kontrolni indikatori tijekom izvedbe projekta

Radna cjelina	Aktivnosti	Zadaci		Rezultati i indikatori	
WP 1	Projektiranje pređe u mješavini	T 1.1	Optimiranje omjera celuloznih vlakana u mješavini s FR vlaknima	D.1.1	Pređe u mješavini s optimalnim omjerom celuloznih vlakana
		T 1.2	Optimiranje mješavine vunениh vlakana s FR vlaknima (FR viskoza)	D.1.2	Pređe u mješavini s optimalnim omjerom vunениh vlakana
		T 1.3	Karakterizacija pređe	M.1.1	Optimalna mješavina (ispunjen zahtjev LOI>26) D.1.3 Izvješće: LOI, MCC, broj uvoja, prekidna sila i prekidno istezanje, izgled
WP 2	Pletiva	T 2.1	Ravna i kružna pletiva	D.2.1	Preporuke za MSP-a: Prihvatljive tehnike pletenja
		T 2.2	pletenje na specijalnim Jacquard pletivom	M.2.1	Optimiranje strukture (ispunjen zahtjev LOI>26)
		T 2.3	Karakterizacija pletiva (ispitivanje)	D.2.2	Izvješće: Fizikalno-kemijska svojstva
WP 3	Obrada protiv gorenja	T 3.1	FR obrada celuloznih mješavina	D.3.1	FR obrađena pletiva
		T 3.2	FR obrada vunениh mješavina	M.3.1	Optimalne FR modifikacije (ispunjen zahtjev LOI>26)
		T 3.3	Karakterizacija pletiva nakon FR obrade	D.3.2	Izvješće: Fizikalno-kemijska svojstva
M. 3.2	Izrada profila kvalitete inovativnih pletiva				
WP 4	Postojanost FR svojstava	T 4.1	Ispitivanje postojanosti pamučnih pletiva na pranje	M.4.1	Postojanost razvijenih pletiva
		T 4.2	Ispitivanje postojanost vunениh pletiva na pranje	D.4.1	Preporuke za održavanje funkcionalnih pletiva
WP 5	Karakterizacija površine	T 5.1	Definiranje uvjeta mjerenja	D.5.1	Standardni postupak rada s pređama i pletivima
		T 5.2	Karakterizacije pređa u mješavini	D.5.2	Korelacija između LOI i ostalih fizikalno-kemijskih svojstava
		T 5.3	Karakterizacija pletiva od mješavina		
		T 5.4	Karakterizacija FR pletiva		

5. Metode rada

Aktivnosti prikazane u tab. 1 i kontrola parametara razvijenih FR funkcionalnih pređa i pletiva će se kontrolirati primjenom konvencionalnih i naprednih metoda i aparata, koji su prikazani i tab. 2.

Tablica 2. Primijenjeni aparati u razvoju funkcionalnih FR pređa i pletiva [3]

 <p>TGA, model Pyris 1 TGA, PerkinElmer</p>	<p>Uređaj za termogravimetrijsku analizu mjeri gubitak mase uzorka tijekom zagrijavanja u određenom temperaturnom rasponu (25°C – 950°C) i određenoj atmosferi (dušik, zrak, kisik). Ovom metodom moguće je odrediti točku isparavanja, sublimacije, degradacije, odnosno dekompozicije, kao i napraviti kvantitativnu analizu uzorka. Ukoliko je uređaj spojen TG/IR sučeljem na FT-IR spektrometar moguće je analizirati i plinovite produkte nastale zagrijavanjem uzorka.</p>
 <p>LOI, Dynisco</p>	<p>Instrument za mjerenje graničnog indeksa kisika (LOI) točno određuje relativnu zapaljivost materijala mjerenjem minimalne koncentracije kisika potrebne za izgaranje. Ispitivani uzorak se pali u kontroliranoj atmosferi dušika i kisika. Cilj razvoja FR funkcionalne pređe i pletiva načinjene u od pamuka i u mješavini s FR vlaknima je postići LOI > 26%.</p>
 <p>Micro cone calorimeter, Concept</p>	<p>Mikrokalorimetar za sagorjevanje je uređaj koji kalorimetrijski mjeri tok pirolitičkog sagorjevanja uzoraka u smjesi dušika i kisika na temperaturi od 75 do 800 °C. Piroliza je proces koji opisuje degradaciju tvari uslijed sagorijevanja. MCC je uređaj koji prati ne goruću pirolitičku razgradnju tvari uz dovođenje topline i smjese plinova dušika i kisika. U tom procesu dolazi do potpune razgradnje ispitivanog polimera na plinovite produkte i pougljenjeni ostatak. Mjeri svojstva gorenja malih uzoraka na laboratorijskoj skali: stupanj otpuštanja specifične topline (W/g), toplinu sagorijevanja (J/g), temperaturu izgaranja (K).</p>
 <p>SurPASS, Anton Paar GmbH</p>	<p>SurPASS elektrokinetički analizator omogućava istraživanje elektrokinetičkih pojava na granici faza čvrsto/kapljevito pri čemu čvrste tvari mogu biti gotovo svih oblika i veličina. Kontroliran je isključivo preko PC s Microsoft Windows® softverom „VisioLab za SurPASS”, koji pomaže u podešavanju mjernih parametara. Mjerenje zeta potencijala pređa i pletiva se provodi u SurPASS uređaju u svrhu karakterizacije površine FR materijala i optimiranja uvjeta mjerenja i postavljanja standardnog postupka mjerenja, SOP. U tu svrhu se primjenjuju cilindrična (CYC) i podesiva (AGC - Adjustable Gap Cell) ćelija.</p>
 <p>ATR-IR spektrofotometar, PerkinElmer, softver Spectrum 100</p>	<p>Fizikalno kemijske promjene pamučnih materijala nakon obrade s FR sredstvima se analiziraju pomoću FTIR-a, spektrometrom s Furierovom transformacijom infracrvenog spektra. U infracrvenoj spektroskopiji infracrvene zrake prolaze kroz uzorak. Neke od zraka se apsorbiraju u uzorku, a neke kroz njega prolaze stvarajući spektar jedinstven za svaki element. Instrument se koristi za identifikaciju nepoznatih materijala, u određivanju omjera pojedinih komponenti u uzorku, kao i u određivanju njegove kvalitete i konzistentnosti.</p>

Zahvala

hrvatskim institucijama BICRO i Ministarstvu znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske, te slovenskom Ministarstvu za visoko školstvo, znanost in tehnologijo, Direktorat za tehnologijo, za financijsku potporu projektu E!5785 FLAMEBLEND, *Improvement in the flame retardant properties of cotton and wool blends*.

Literatura

- [1] Dostupan na <http://www.eurekanetwork.org/project/-/id/5785>, Pristupljeno 2012-11-20
 [2] Dostupan na <http://www.bicro.hr>, Pristupljeno 2012-11-25
 [3] Dostupan na <http://www.ts-rc.eu>, Pristupljeno 2012-11-20

SRMA NA NARODNIM NOŠNJAMA U HRVATSKOJ

METAL THREADS IN CROATIAN FOLK COSTUMES

Kristina ŠIMIĆ; Ivo SOLJAČIĆ & Tanja PUŠIĆ

Sažetak: *Provedeno je istraživanje srme tj. metalnih niti na svečanim narodnim nošnjama u Hrvatskoj. Najprije se srma koristila na liturgijskom ruhu, u Hrvatskoj najstariji primjerak datira iz 14. st. Na narodnim nošnjama srma se kao ukrasni vez pojavljuje tek u 19. i 20. st. Narodne nošnje za svečane prigode su posebno ukrašavane srmom. Različite regije u Hrvatskoj srmu su koristile na različitim dijelovima nošnje ali i u različitim količinama. Panonska ili nizinska Hrvatska je imala najbogatije i najraskošnije nošnje čime je pokazivala blagostanje i moć. Nadaleko je poznat slavonski vez među kojima je najistaknutija skupocjena tehnika zlatoveza, kojom se ukrašavala cijela nošnja.*

Abstract: *Research was performed about metal threads on the festive folk costumes in Croatia. Primarily metal threads were used on liturgical vestments, in Croatia the oldest specimen dates back from 14th st. Metal threads as decorative embroidery on the folk costumes appears in the 19th and 20th st. Folk costumes for festive occasions were decorated specially with metal threads. Different regions in Croatia used metal threads on different parts of costumes but also in varying amounts. Pannonian or lowland Croatia has had the richest and the most luxurious costumes showing her welfare and power. Slavonian embroidery is widely known among which the most precious is the gold embroidery techniques which decorates the whole costume.*

Ključne riječi: *srma, narodne nošnje, zlatovez*

Keywords: *metal threads, folk costumes, gold embroidery*

1. Uvod

Naziv srma podrazumijeva tekstilne pređe u kojima ima metalnih niti, a služi za ukras u svečanim nošnjama. Upotrebljavaju se dva osnovna oblika srme, samostalne metalne niti i pređe koje su nastale kombinacijom jedne ili dvije metalne niti s tekstilnom pređom. Kombinirana tekstilno-metalna pređa dobivala se tako da su se metalne niti, ili jedna metalna nit, spiralno omatale oko tekstilne pređe koja se tako našla u središtu kao jezgra ili srž pređe. Tekstilna pređa je najčešće od svile ili lana, a može biti od vune ili pamuka. Metalna nit se nekad sastojala od legura zlata, srebra ili bakra, a danas se najviše koristi aluminij. Njegov srebreni sjaj može zamijeniti i imitirati srebro, dok mu se posebnim postupkom može dati obojenje zlata [1].

Predmeti ukrašeni sa srmom su bili prvenstveno ručno rađeni, rjeđe su rađeni strojno ako su metalne niti utkane u tekstil. Tekstil ukrašen srmom je svečan, skupocjen i vrijedan poštovanja te nezaobilazni predmet kulturnog, društvenog i religioznog života.

Unatoč cijenjenosti srme u povijesnim i umjetničkim krugovima ipak nije izvršena sustavna studija primjene srme na tekstilu u hrvatskoj baštini. Stoga je u ovom radu načinjen prikaz nekih predmeta ukrašenih srmom studiranjem kataloga, pregledavanjem zbirki, izložbi i postava u muzejima te restauratorskim zavodima.

2. Primjena srme na narodnim nošnjama

Narodne nošnje su tradicionalna odjeća koju nosi uglavnom negradsko pučanstvo za zaštitu i ukras tijela. Ona je također i izraz osjećaja regionalne i društvene pripadnosti te povezanosti s tradicijom određenog kraja ili regije. Hrvatske se narodne nošnje odlikuju iznimnom raznolikošću, bogatstvom elemenata i detalja ovisno o regionalnim, kulturnim, geografskim i klimatskim obilježjima, te s njima vezanim načinom života i društvenim odnosima. Osnovni tipovi hrvatskih narodnih nošnji su jadranska, dinarska te panonska. Ovi različiti tipovi se u pojedinim zonama preklapaju i miješaju, a posebno jadranska i dinarska nošnja koje su prilično srodne u mnogim elementima. Potrebno je naglasiti kako je nošnja namijenjena za svakodnevnu upotrebu i radni dan bila vrlo jednostavna i gotovo bez ikakvih ukrasa. Međutim, posebnom ljepotom plijene svečane blagdanske nošnje i napose nošnje koje su se nosile samo u iznimnim svečanim prilikama poput vjenčanja, velikih blagdana i drugih svečanosti [2]. One su gotovo uvijek ukrašene srmom od koje su najsvečanije ukrašene zlatnom srmom.

Kod tehnike zlatoveza razlikuju se dvije vrste niti zlata, jedno je zlatnožute boje i nazivaju ga samo zlato ili žuto zlato. Dok je drugo srebrne boje te ga zovu bilo zlato ili belo zlato, ovisno o području. Zlatovez je najviše zastupljen u okolici Slavenskog Broda, Đakova, Vinkovaca, Vukovara i Iloka te jednim dijelom u selima u blizini Osijeka i Valpova. U zapadnoj Slavoniji bogati zlatovezi su sve rjeđi ili ih gotovo nikako ne susrećemo u tradicijskim oblikovanjima odjeće. Zamjećujemo kako je na ovom području prisutna i individualnost i različitost do prepoznatljivosti, ali ne i uniformnosti.

Postoji i još specifični oblik materijalne baštine nastao na prijelazu seoskog i urbanog izraza, a to su varoške narodne nošnje. Nalazimo ih u pučkim predgrađima starih jadranskih gradova, posebno u srednjoj Dalmaciji, ali i u manjim mjestima, u kojima se iz seoske društvene zajednice izdvajaju veleposjednici zajedno s trgovcima i obrtnicima u građanski društveni sloj [3].

2.1 Jadranska narodna nošnja

Žensku narodnu nošnju jadranskog tipa čine donja odjeća i vunena gornja odjeća. Donja se odjeća sastoji od lanene, pamučne ili konopljine platnene košulje, uskog prsluka, podsuknje i donjih hlača. Gornja se odjeća sastoji od nabrane suknje, kraćeg kaputića, rupca koji se nosi oko vrata i prekriži na prsima, pregače i oglavlja u obliku rupca. Ženska nošnja jadranskog tipa sadrži srme samo u svečanim nošnjama i to isključivo na rupcima koji imaju našiven pozlaćeni srmeni konac i metalne pulije. Uz mladenkinu nošnju ide i torbica koja također ima našiven srmeni konac i metalne pulije [4]. U sjeverno Dalmatinskom primorju pojavljuju se zalistavci kao samostalna vrsta odjevnog predmeta, tj. prsna aplikacija, te se stavljaju preko košulje. Sastoje se od raznobojnih komadića čohe ili drugih tkanina prišivenih srmenim nitima i ukrašenih srmenim trakama [5].

Muška se nošnja starijeg tipa nije sačuvala, tako da se u ovom području osjeća utjecaj građanskog kroja kao i mnogih elemenata dinarskog stila. Osnovni su dijelovi nošnje košulja i hlače, preko kojih ide vuneni pojas, a na košulju su se oblačili prsluci i kaputić. U najsvečanijim prilikama oko struka su se stavljali kožnati pojasevi koji su imali nekoliko pregrada, a služili su za spremanje raznih predmeta poput noža, vrećice za duhan ili za novac. Nosili su i crvenu kapu koja je ujedno i najstariji dio nošnje, a također je i dio dinarske nošnje [6]. Muške nošnje imaju više aplikacija sa srmom, na hlačama, prsluku i kaputiću. Također se radi o svečanoj nošnji koja ima metalni srebrni i zlatni konac, a ukras je izrađen u tehnici terzijskog veza (slika 1.). Najčešće se srma nalazi na samom prsluku, a svatovska nošnja sadrži čak dva prsluka i oba su ukrašena srmom. U Konavlima na nogama muške nošnje su dokoljenice koje su sprijeda ukrašene za zlatnom srmom te se straga vežu zlatnim kopčama.



Slika 1: Muška svečana svatovska nošnja, Dubrovačko primorje, kraj 19. st.

2.2 Dinarska narodna nošnja

Košulja zauzima važno mjesto ženske nošnje dinarskog tipa koja ovdje ima i funkciju gornje odjeće. Ljeti je uz pojas i pregaču jedina odjeća koja pokriva tijelo. Zbog svoje funkcije osnovne odjeće košulja se obilno ukrašava vezom na prsnom i vratnom dijelu, rukavima pa i donjem rubu skuta. Za zimsku odjeću toj su osnovnoj odjeći pripadala i dva sukna dodatka; duga zimska haljina s rukavima, sprijeda potpuno otvorena, te prsluk različite dužine. U starijoj se praksi za djevojačku haljinu upotrebljavalo bijelo sukno, a za haljinu udanih žena modro, čemu odgovaraju nazivi bjelača i modrina [7]. Dinarski tip ženske nošnje sadrži srmeni konac najčešće na prsluku (slika 2.). Najbogatija je mladenkina nošnja dinarskog tipa; tu nalazimo pozlaćenu srmu na košulji, srebrni i zlatni metalni konac na kaputu i prsluku, terzijskim vezom aplicirano. Vunene pregače su ponekad dodatno ukrašavane srebrnim srmenim trakama, a uži ženski pojas ima ukrašenu prednju stranu također sa srmenom trakom [4]. Crvenkape djevojaka udavača imaju obilni ukras od srmenih traka, šljokica ili kovanog novca koji je resio i momačke kape.



Slika 2: Ženski prsluk sa srmnim koncem, dinarski tip, kraj 19. st.

Muška nošnja povrh nezaobilazne platnene košulje ima sukneni prsluk kojem se prednji dijelovi preklapaju. U svečanim prilikama preko njega se navlači još jedan prsluk zvan jačerma, koji postoji i u jadranskoj narodnoj nošnji, a izrađen je od kupovne čohe, bogato ukrašene srebrnim ili pozlaćenim metalnim aplikacijama. Hlače su od valjanog sukna, obično obojene modro, a oko struka ovijen je vrlo dug dug pas [7]. Muška nošnja ima srmene trake boje zlata, najviše na svečanim prslucima, te nešto manje na kratkim kaputima.

2.3 Panonska narodna nošnja

Panonske nošnje prilično se razlikuju zbog velikog područja kojeg zauzimaju, te ovisno o dijelu Hrvatske na kojem se nalaze. Žensku, ali i mušku odjeću odlikuje pretežitost platnenih dijelova proizvedenih u vlastitom domu. Budući da su izrađivali i gornju odjeću u njihovo se ukrašavanje unosilo mnogo truda i osobne kreacije, koja je ponajviše došla do izražaja pri izvedbi tkanine te vezenih dijelova. U sjeverozapadnom dijelu središnje Hrvatske osnovna se ženska odjeća sastojala od suknje, bluze i pregače. Osnovnoj odjeći pripada i pojas od crvenkastog sukna, te prsluk, koji može biti kraći ili duži. Muška nošnja se pak sastojala od hlača, košulje i prsluka. Zanimljivo je da u ovom dijelu nije uopće pronađena primjena srme na nošnji. U području nizinske Hrvatske seljaci su bili imućniji od ostalih svojih sunarodnjaka, te su svoje blagostanje iskazivali i u odijevanju. Nošnje su imale veći broj kompleta namijenjenih posebnim prigodama, bogato ukrašeno tkanje i vez od čega se izdvaja vez zlatnom žicom. Blagdanske košulje, ženske Slavonske nošnje, su redovito bile ukrašavane bogatim zlatovezom na prsnom dijelu, ali i na rukavima. Zlatom vezenoj košulji bili su sukladni i ostali odjevni dijelovi; pregača, vratna marama i oglavlje, također ukrašavani zlatovezom (slika 3. a)). Zanimljivo je kako su na nogama nosile plišane sandale također vezene zlatom. Tako je izgledala najsvečanija ženska nošnja posebice u đakovačkom, vinkovačkom i srijemskom kraju, cijela bogato ukrašena zlatovezom.



Slika 3: a) Svečana ženska nošnja Slavonije, b) svečana muška nošnja Slavonije

U muškoj nošnji Slavonije, kao i u ženskoj, bio je prisutan bogati zlatovez, njime je bio uređen prsni dio košulje tzv. prse, nogavice platnenih hlača, te prsluk od crnog atlasa (slika 3. b). Dok je zlatnim i srebrnim gajtanima ukrašen dugački ogrtač od sukna. Tako je izgledala najsvečanija muška nošnja iz okolice Vinkovaca.

U ženskoj nošnji iz okolice Slavanskog broda ističe se pregača tkana kariranim uzorkom od tanke tamne vune i srebrne žice [8]. U Posavini je aplikacija srme pronađena samo na tzv. poculicama tj. ženskim kopicama, a u Podravini na oglavljima žena nalaze se metalni bujoni i titranke. Dok je u Baranji uočeno isključivo ukrašavanje šare tj. ženskog pojasa sa žutom ili bijelom srmom.

2.4 Varoške narodne nošnje

Naziv Varoške je nastao prema čestom lokalnom izrazu za manja gradska naselja kojima u pravilu gravitira određeni broj sela. U Varoške nošnje pripadaju svečana splitska nošnja i tzv. Alkaruša, nošnja žena iz bogatih sinjskih alkarskih obitelji. Kod svečane splitske nošnje posebno se ističe svečana marama koja je ukrašena bogatim vezom zlatnom žicom i biserjem. Nošnja „Alkaruša“ probranošću materijala i pažljivom izvedbom odudara od uobičajenih seoskih nošnji. Krojem i funkcijom svojih sastavnih dijelova i njihovim nazivima ona još zrcali tradicionalne oblike seoskih nošnji iz kojih izrasta. Skupocjeni i luksuzni materijali od kojih je u cijelosti izrađena daje joj profinjen urbani izraz europske narodne scene 19. st. Donja roba nošnje sastoji se od košulje i podsuknje. Gornji dio kompleta nošnje, plastron, od žučkastog je tila s ovratnikom bogato izvezenim zlatnom srmom i svilom te se stavlja na prsa i oko vrata, a kopča se pozlaćenim majtama. Na plastron se oblači prsluk krojen od svilenog brokata s utkanim šarenim motivima cvijeća, dok tanka vrpca od svile tijesno steže prsluk uz struk. Preko podsuknje ide suknja od tanke plisirane svile, a nju nadopunjuje svijetlo žuta prozirna pregača izvezena svilenim tankim koncem. Alkarušin struk naglašava pojas složen od dviju srmenih traka. Zadnja se oblači dolama, tj. haljetak dugih rukava izrađen od fine modre čohe. Luksuzni dojam nošnji daju bijele rukavice i trokutasta marama, prebačena oko vrata, te ukrašena srebrnom trakom, bijelim koncem i čipkom [3].

3. Zaključak

Srma se često koristi kao ukras na narodnim nošnjama, dajući tim tekstilnim predmetima posebno značenje. Za Hrvatske narodne nošnje najznačajnija je tehnika zlatoveza koja se najviše koristila u nizinskoj Hrvatskoj, a prema pisanim izvorima početak tkanja zlatnom i srebrnom žicom datira oko 1860. godine. Osnova starinskih niti zlata mogla je biti načinjena od prave svile ili od metalne žice, najčešće bakrene. U novije vrijeme tj. od 80-ih godina 20. stoljeća koristi se tzv. umjetno zlato izrađeno od aluminijskih niti koje su mnogo jeftinije i pristupačnije. Staro od novog zlata razlikuje se po težini i po sjaju.

Literatura:

- [1] Raffaelli, D.; Čunko, R. & Dragičević, M.: Istraživanja srme s tla Dalmacije u razmaku od tisuću godina, *Tekstil*, **31** (1982) 12, 827-838, ISSN 0492-5882
- [2] Soljačić, I. & Čunko, R.: Hrvatski tekstil kroz povijest, *Tekstil* **43** (1994) 11, 584-602, ISSN 0492-5882
- [3] Ivančić, S.: Varoške narodne nošnje, u *Hrvatska tradicijska kultura na razmeđu svjetova i epoha*, Zagreb, (2001), 281-287, ISBN 978-953-181-034-8
- [4] Zec, B.: „Kako ti stoji u škrinji, tako stoji i na tebi“, *Narodna nošnja Dubrovačkoga primorja iz fundusa Etnografskog muzeja*, Dubrovnik, (2011), 35-115, ISBN 978-953-7037-23-9
- [5] Jakšić, I. & Ivančić, S.: *Život na sjeveru Dalmacije, Tekstilna građa sjeverne Dalmacije iz fundusa Etnografskog muzeja Split*, Split, (2009), ISBN 978-953-6866-23-6
- [6] Lulić Štorić, J.; Oštrić O. & Vojnović Traživuk, B.: *Narodne nošnje sjeverne Dalmacije*, Zadar, (2005), ISBN 953-98882-3-9
- [7] Muraj, A.: Pučka kultura odijevanja, u *Hrvatska tradicijska kultura na razmeđu svjetova i epoha*, Zagreb, (2001), 199-243, ISBN 978-953-181-034-8
- [8] Muraj, A.: *Hrvatske narodne nošnje*, Zagreb, (2001), ISBN 953-215-066-4



ADRESE AUTORA

AUTHORS ADDRESSES

ADRESE AUTORA

AUTHORS ADDRESSES

Jadranka AKALOVIĆ, predavač
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za dizajn tekstila i odjeće
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712550
☎: +385 1 3712533
✉: jadranka.akalovic@ttf.hr

Steven COENEN
Pantarein bvba
Martelarenlaan 9
3150 Haacht, Belgium
☎: +32 476 958418
☎: +32 476 649119
✉: steven@pantarein.be

dr. sc. Maja ANDRASSY, red. prof.
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712566
☎: +385 1 3712599
✉: maja.andrassy@ttf.hr

dr. sc. Mirijana ČIRLIN, izv. prof.
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Pieorottijeva 6
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 4605025
☎: +385 1 4836083
✉: mcurlin@pbf.hr

dipl. ing. Josip ARAČIĆ, voditelj proiz.
Galeb d.d.
Punta 6
21310 Omiš, Hrvatska
☎: +385 21 434756
☎: +385 21 434710
✉: josip.aracic@galeb.hr

dr. sc. Ružica ČUNKO, red. prof.
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712523
☎: +385 1 3712599
✉: ruzica.cunko@ttf.hr

dr. sc. Sandra BISCHOF, red. prof.
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju
Savska cesta 16/9
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 4877357
☎: +385 1 4877357
✉: sbischof@ttf.hr

Piet DE LANGHE,
Pantarein bvba
Martelarenlaan 9
3150 Haacht, Belgium
☎: +32 476 958418
☎: +32 476 649119
✉: piet@pantarein.be

dipl. ing. Hermina BUŠEK
Univerza v Mariboru
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologiju
Smetanova 17
2000 Maribor, Slovenija
☎: +386 2 2294474
☎: +386 2 2527774
✉: hermina.bukse@um.si

dipl. ing. Tihana DEKANIĆ, asistent
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju
Savska cesta 16/9
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 4877366
☎: +385 1 4877355
✉: tihana.dekanic@ttf.hr

dr. sc. Polona DUBROVSKI, izv. prof.
Fakulteta za strojništvo
Oddelek za tekstilne materiale in oblikovanje
Smetanova ulica 17
2000 Maribor, Slovenija
☎: +386 2 2207942
☎: +386 2 2207990
✉: polona.dubrovski@um.si

mr. sc. Ermin HUSAK
Univerzitet u Bihaću
Tehnički fakultet Bihać
Ulica dr. Irfana Ljubijankića bb
77000 Bihać, Bosna i Hercegovina
☎: +387 37 226271
☎: +387 37 226270
✉: tfb@bih.net.ba

dr. sc. Sanja ERCEGOVIĆ RAŽIĆ, viši asistent
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712522
☎: +385 1 3712599
✉: sanja.ercegovic@tff.hr

dr. sc. Jasenka JELENČIĆ, red. prof.
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Marulićev trg 19
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 4597119
☎: +385 1 4597142
✉: jjelen@fkit.hr

Marko GERM
Strix d.o.o
Cesta dveh cesarjev 403
1260 Ljubljana-Polje, Slovenija
☎: +386 1 5466050
☎: +386 1 5466058
✉: info@strix.si

dr. sc. Edina KARABEGOVIĆ
Univerzitet u Bihaću
Tehnički fakultet Bihać
Ulica dr. Irfana Ljubijankića bb
77000 Bihać, Bosna i Hercegovina
☎: +387 37 226271
☎: +387 37 226270
✉: tfb@bih.net.ba

dr. sc. Darko GOLOB
Fakulteta za strojništvo
Oddelek za tekstilne materiale in oblikovanje
Smetanova ulica 17
2000 Maribor, Slovenija
☎: +386 2 2207910
☎: +386 2 2207990
✉: darko.golob@um.si

dr. sc. Isak KARABEGOVIĆ, red. prof.
Univerzitet u Bihaću
Tehnički fakultet Bihać
Ulica dr. Irfana Ljubijankića bb
77000 Bihać, Bosna i Hercegovina
☎: +387 37 226271
☎: +387 37 226270
✉: tfb@bih.net.ba

dr. sc. Ana Marija GRANCARIĆ, red. prof.
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju
Savska cesta 16/9
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 4877360
☎: +385 1 4877355
✉: amgranca@tff.hr

Daria KATINIĆ, studentica
Tekstilno-tehnološki fakultet
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712576
☎: +385 1 3712533
✉: daria.katinic@gmail.com

dr.sc. Ivana GUDLIN SCHWARZ, viši asistent
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za projektiranje i menadžment tekstila
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712574
☎: +385 1 3712599
✉: ivana.schwarz@tff.hr

dr. sc. Drago KATOVIĆ, red. prof.
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju
Savska cesta 16/9
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 4877352
☎: +385 1 4877352
✉: drago.katovic@tff.hr

dr.sc. Željko KNEZIĆ, predavač
Ivana Broza 44/II
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3668165
☎: +385 1 3712533
✉: 5bzknezic@gmail.com

dipl. ing. Zorana KOVAČEVIĆ, stručni suradnik
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju
Savska cesta 16/9
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 4877357
☎: +385 1 4877357
✉: zorana.kovacevic@tff.hr

dr. sc. Dragana KOPITAR, viši asistent
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za projektiranje i menadžment tekstila
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712574
☎: +385 1 3712599
✉: dragana.kopitar@tff.hr

dr. sc. Ljerka KRATOFIL KREHULA, znan. suradnik
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Marulićev trg 19
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 4597121
☎: +385 1 4597142
✉: krehula@fkit.hr

Jasmina KORENAK, BSc. Chem. Eng.
Univerza v Mariboru
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
Smetanova ulica 17
2000 Maribor, Slovenija
☎: +386 2 2294474
☎: +386 2 2527774
✉: jasmina.korenak@um.si

Nenad KUDELIC, spec. neurokirurg
☎: + 98 844498
✉: nenad.kudelic@hotmail.com

dipl. ing. Ivana KOS, znanstveni novak
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za projektiranje i menadžment tekstila
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712574
☎: +385 1 3712599
✉: ivana.kos@tff.hr

Suzana KUTNJAK-MRAVLINČIĆ, mag.ing.techn.text.
☎: +385 98 557063
✉: suzana.mravlincic@gmail.com

Ana KOVAČ, studentica
Tekstilno-tehnološki fakultet
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712500
☎: +385 1 3712599
✉: anna_kovac@net.hr

dr. sc. Thomas LUXBACHER
Anton Paar GmbH
Anton Paar Strasse 20
8054 Graz, Austria
☎: +43 31 6257257
☎: +43 31 6257257
✉: thomas.luxbacher@anton-paar.com

dr. sc. Stana KOVAČEVIĆ, red. prof.
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za projektiranje i menadžment tekstila
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712575
☎: +385 1 3712599
✉: stana.kovacevic@tff.hr

dr. sc. Mehmed MAHMIĆ
Univerzitet u Bihaću
Tehnički fakultet Bihać
Ulica dr. Irfana Ljubijankića bb
77000 Bihać, Bosna i Hercegovina
☎: +387 37 226271
☎: +387 37 226270
✉: tfb@bih.net.ba

dr. sc. Alenka MAJCEAN LE MARECHAL, red. prof.
Fakulteta za strojništvo
Oddelek za tekstilne materiale in oblikovanje
Smetanova ulica 17
2000 Maribor, Slovenija
☎: +386 2 2207910
☎: +386 2 2207990
✉: alenka.majcen@uni-mb.si

dr. sc. Irena PETRINIĆ
Univerza v Mariboru
Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
Smetanova 17
2000 Maribor, Slovenija
☎: +386 2 2294474
☎: +386 2 2527774
✉: irena.petrinic@uni-mb.si

ing. Miroslav MIKULČIĆ
Jelen professional d.o.o.
Zagrebačka 39
40000 Čakovec, Hrvatska
☎: +385 40 384888
☎: +385 40 384316
✉: mikulcicmiroslav@gmail.com

dipl. ing. Romana PETROVIČ
Beti d.d.
Tovarniška cesta 2
8330 Metlika, Slovenija
☎: +386 7 3638129
☎: +386 7 3638185
✉: romana.petrovic@beti.si

Antonio MOHENSKI, student
Tekstilno-tehnološki fakultet
Stručni studij u Varaždinu
Hallerova aleja 6
42000 Varaždin, Hrvatska
☎: +385 99 2024446
☎: +385 99 4877352
✉: mohenski@live.com

dr. sc. Vesna Marija POTOČIĆ MATKOVIĆ, docent
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za projektiranje i menadžment tekstila
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712573
☎: +385 1 3712599
✉: marija.potocic@tff.hr

dr. sc. Ivan NOVAK, docent
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za dizajn tekstila i odjeće
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712550
☎: +385 1 3712599
✉: ivan.novak@tff.hr

dr. sc. Anita PTIČEK SIROČIĆ, znan. suradnik
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Marulićev trg 19
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 4597121
☎: +385 1 4597142
✉: apticek@fkit.hr

Marijana PAVUNC, mag. ing. techn. text.
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712567
☎: +385 1 3712535
✉: m.pavunc@gmail.com

dr. sc. Tanja PUŠIĆ, red. prof.
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju
Savska cesta 16/9
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 4877354
☎: +385 1 4877355
✉: tanja.pusic@tff.hr

dr. sc. Željko PENAVALA, izv. prof.
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za projektiranje i menadžment tekstila
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712576
☎: +385 1 3712533
✉: zeljko.penava@tff.hr

dipl. ing. Mladen RAMLJAK
Regeneracija d.d.
Prilaz dr. Franje Tuđmana 15
49210 Zabok, Hrvatska
☎: +385 49 225900
☎: +385 49 225906
✉: info@regeneracija.hr

dr. sc. Dubravko ROGALE, red. prof.
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za odjevnu tehnologiju
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712540
☎: +385 1 3712599
✉: dubravko.rogale@tff.hr

dipl. ing. Kristina ŠIMIĆ, znanstveni novak
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju
Savska cesta 16/9
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 4877350
☎: +385 1 4877354
✉: kristina.bjelic@tff.hr

dipl. ing. Beti ROGINA-CAR, stručni suradnik
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za odjevnu tehnologiju
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712579
☎: +385 1 3712599
✉: beti.rogina-car@tff.hr

dr. sc. Vice ŠIMIĆ, red. prof.
Građevinski fakultet
Zavod za tehničku mehaniku
Fra Andrije Kačića-Miošića 26
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 4639426
☎: +385 1 4828049
✉: simicv@grad.hr

dr. sc. Ivana SALOPEK ČUBRIĆ, docent
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za projektiranje i menadžment tekstila
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712573
☎: +385 1 3712599
✉: ivana.salopek@tff.hr

dr. sc. Ružica ŠURINA, viši asistent
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712562
☎: +385 1 3712599
✉: ruza.surina@tff.hr

dr. sc. Zenun SKENDERI, red. prof.
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za projektiranje i menadžment tekstila
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712577
☎: +385 1 3757119
✉: zenun.skenderi@tff.hr

dr. sc. Anita TARBUK, znanstveni novak
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju
Savska cesta 16/9
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 4877358
☎: +385 1 4877354
✉: anita.tarbuk@tff.hr

dr. sc. Ivo SOLJAČIĆ, prof. emeritus
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju
Savska cesta 16/9
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 4877351
☎: +385 1 4877357
✉: ivo.soljacic@tff.hr

dr. sc. Miroslav TRATNIK, red. prof.
Agronomski fakultet
Zavod za ekonomiku poljopr. i agrarnu sociologiju
Svetošimunska 25/V
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 2393735
☎: +385 1 2393745
✉: mtratnik@agr.hr

dr. sc. Diana ŠIMIĆ, izv. prof.
Građevinski fakultet
Zavod za tehničku mehaniku
Fra Andrije Kačića-Miošića 26
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 4639426
☎: +385 1 4828049
✉: dianas@grad.hr

dr. sc. Zlatko VRLJIČAK, red. prof.
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za projektiranje i menadžment tekstila
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712578
☎: +385 1 3712599
✉: zlatko.vrljicak@tff.hr

dr. sc. Edita VUJASINOVIĆ, izv. prof.
Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila
Prilaz baruna Filipovića 28a
10000 Zagreb, Hrvatska
☎: +385 1 3712567
☎: +385 1 3712535
✉: edita.vujasinovic@ttf.hr

dr. sc. Daniela ZAVEC PAVLINIĆ, docent
Biomed d.o.o.
Tugomerjeva 2
1000 Ljubljana, Slovenia
☎: +386 31 307728
☎: +386 31
✉: dzpavlinic@gmail.com



INDEKS AUTORA

INDEX OF AUTHORS

INDEKS AUTORA

INDEX OF AUTHORS

Jadranka AKALOVIĆ, 57, 101
Maja ANDRASSY, 11
Josip ARAČIĆ, 141
Sandra BISCHOF, 3, 141
Hermína BUKŠEK, 141
Steven COENEN, 137
Mirijana ČIRLIN, 137
Ružica ČUNKO, 41
Piet DE LANGHE, 137
Tihana DEKANIĆ, 37
Polona DUBROVSKI, 63
Sanja ERCEGOVIĆ RAŽIĆ, 41
Marko GERM, 137
Darko GOLOB, 47
Ana Marija GRANCARIĆ, 47
Ivana GUDLIN SCHWARZ, 67
Ermin HUSAK, 53
Jasenska JELEŃIĆ, 7
Edina KARABEGOVIĆ, 53
Isak KARABEGOVIĆ, 53
Daria KATINIĆ, 77
Drago KATOVIĆ, 3, 91, 117
Željko KNEZIĆ, 23, 77, 81
Dragana KOPITAR, 73
Jasmina KORENAK, 137
Ivana KOS, 67
Ana KOVAČ, 29
Stana KOVAČEVIĆ, 63, 67
Zorana KOVAČEVIĆ, 3
Ljerka KRATOFIL KREHULA, 7
Nenad KUDELIĆ, 101
Suzana KUTNJAK-MRAVLINČIĆ, 101
Thomas LUXBACHER, 141
Mehmed MAHMIĆ, 53
Alenka MAJCEAN LE MARECHAL, 47
Miroslav MIKULČIĆ, 57
Antonio MOHENSKI, 101
Ivan NOVAK, 109
Marijana PAVUNC, 109
Željko PENAVALA, 23, 77, 81, 85
Irena PETRINIĆ, 137, 141
Romana PETROVIĆ, 137, 141
Vesna Marija POTOČIĆ MATKOVIĆ, 95
Anita PTIČEK SIROČIĆ, 7
Tanja PUŠIĆ, 37, 141, 145
Mladen RAMLJAK, 73
Dubravko ROGALE, 117
Betina ROGINA-CAR, 91
Ivana SALOPEK ČUBRIĆ, 95
Zenun SKENDERI, 57, 73, 95
Ivo SOLJAČIĆ, 37, 145
Diana ŠIMIĆ, 81, 85
Kristina ŠIMIĆ, 145
Vice ŠIMIĆ, 85
Ružica ŠURINA, 11
Anita TARBUK, 47
Miroslav TRATNIK, 23
Zlatko VRLJIČAK, 29

Edita VUJASINOVIĆ, 109
Daniela ZAVEC PAVLINIĆ, 17



POPIS SPONZORA

LIST OF SPONZORS

POPIS SPONZORA LIST OF SPONZORS



IVANČICA D.D.
Petra Preradovića 12, 42240 Ivanec
☎: +385 42 402222
☎: +385 42 402206
✉: marketing@ivancica.hr
<http://www.ivancica.hr>



KOTKA D.D.
Krambergerova 1, 49000 Krapina
☎: +385 49 370500
☎: +385 49 371410
✉: kotka@kotka.hr
<http://www.kotka.hr>



GALCO D.O.O.
Braće Radića 43, 42231 Mali Bukovec
☎: +385 42 379440
☎: +385 42 843600
✉: galko@galko.com
<http://www.galko.com>



JACQUARD D.O.O.
Samoborska 256, 10000 Zagreb
☎: +385 1 3498513
☎: +385 1 3498647
✉: jacquard@jacquard.hr
<http://www.jacquard.hr>



MANATEKS D.O.O.
Otokara Keršovanija 12, 42000 Varaždin
☎: +385 42 312222
☎: +385 42 312220
✉: info@manateks.hr
<http://www.manateks.hr>



NAFTALINA
Marulićeve Judite 2, 10020 Zagreb
☎: +385 1 6546039
☎: +385 1 6590172
✉: info@naftalina.hr
<http://www.naftalina.hr>



ODJEĆA d.o.o.
Ilica 33, 10000 Zagreb
☎: +385 1 4831420
☎: +385 1 4831421
✉: kontakt@odjeca.net
<http://www.odjeca.net>



ŽIVA VODA d.o.o.
Vrtni put 3, 10000 Zagreb
☎: +385 1 2455-765
☎: +385 1 5497-976
✉: info@aquaviva.hr
<http://www.Aquaviva.hr>



www.cacumen.hr
CACUMEN USLUGE d.o.o.
Jakova Gotovca 14, 10000 Zagreb
☎: +385 1 4558522
☎: +385 1 4618855
✉: cacumen@cacumen.hr
<http://www.cacumen.hr>

