

# tekstilec

7-9/2009 • vol. 52 • 149-254

ISSN 0351-3386

UDK 677 + 687 (05)



## Časopisni svet/Publishing Council

Martin Kopač, Jože Smole GZS – ZTOUPI  
Zoran Stjepanović *predsednik/president*,  
Marta Slokar ZITTS  
Barbara Simončič, Franci Sluga UL-NTE, OT  
Karin Stana Kleinschek,  
Alenka Majcen Le Marechal UM-FS, OTMO  
Miha Ješe, Mojca Šubic IRSPIN

## Glavna in odgovorna urednica/ Editor-in-chief

Diana Gregor Svetec

## Namestnica glavne in odgovorne urednice/Assistant Editor

Majda Sfiligoj Smole

## Izvršna urednica/Executive Editor

Anica Levin

## Uredništvo/Editorial board

Franci Debelak  
Veronika Vrhunc  
*IRSPIN, Slovenia*  
Vili Bukošek  
Petra Forte  
Marija Jenko  
Momir Nikolić  
Almira Sadar  
*University of Ljubljana, Slovenia*  
Darinka Fakin  
Jelka Geršak  
Tanja Kreže  
Zoran Stjepanović  
*University of Maribor, Slovenia*  
Paul Kiekens  
*Univesity of Ghent, Belgium*  
Hartmut Rödel  
*Technical Univesity of Dresden, Germany*  
Ivo Soljačić  
*University of Zagreb, Croatia*  
Ziynet Ondogan  
Oktay Pamuk  
*Ege University, Turkey*  
Stephen Westland  
*University of Leeds, UK*

**tekstilec** glasilgo slovenskih tekstilcev, podaja temeljne in aplikativne znanstvene informacije v fizikalni, kemijski in tehnološki znanosti vezani na tekstilno tehnologijo. V reviji so objavljeni znanstveni in strokovni članki, ki se nanašajo na vlakna in preiskave, kemijsko in mehansko tekstilno tehnologijo, tehnične tekstilije in njihovo uporabo, kot tudi druga področja vezana na tekstilno tehnologijo in oblikovanje, tekstilno in oblačilno industrijo (razvoj, uporaba, izdelava in predelava kemijskih in naravnih vlaken, prej in ploskih tekstilij, oblikovanje, trženje, ekologija, ergonomika, nega tekstilij, izobraževanje v tekstilstvu itd.). Od leta 2007 je revija razdeljena na dva dela, dvojezični (slovensko/angleški) del, kjer so objavljeni članki s področja znanosti in razvoja; znanstveni članki (izvirni in pregledni), kratka obvestila in strokovni članki. Drugi del, napisan samo v slovenščini, vsebuje prispevke o novostih s področja tekstilne tehnologije iz Slovenije in sveta, informacije o negi tekstilij in ekologiji, kratka obvestila vezana na slovensko in svetovno tekstilno in oblačilno industrijo ter prispevke s področja oblikovanja tekstilij in oblačil.

**tekstilec** *the magazine of Slovene textile professionals gives fundamental and applied scientific information in the physical, chemical and engineering sciences related to the textile industry. Its professional and research articles refer to fibers and testing, chemical and mechanical textile technology, technical textiles and their application, as well as to other fields associated with textile technology and design, textile and clothing industry e.g. development, application and manufacture of natural and man-made fibers, yarns and fabrics, design, marketing, ecology, ergonomics, education in textile sector, cleaning of textiles, etc. From 2007 the journal is divided in two parts, a two language part (Slovene English part), where scientific contributions are published; i.e. research articles (original scientific and review), short communications and technical articles. In the second part written in Slovene language the short articles about the textile-technology novelties from Slovenia and the world, the information of dry cleaning and washing technology from the viewpoint of textile materials and ecology, short information's about the Slovene textile and clothing industry and from the world as well as the articles on textile design are published.*

Dosegljivo na svetovnem spletu/Available online at  
[www.ntf.uni-lj.si/ot/](http://www.ntf.uni-lj.si/ot/)

Izvillečki tekstilca so pisno objavljeni v/  
*Abstracted and Indexed in*

Chemical Abstracts  
World Textile Abstracts  
EBSCO  
Ulrich's International Periodicals Directory  
COMPENDEX  
Titus Literaturschau  
TOGA Textiltechnik

# tekstilec

ISSN 0351-3386

VOLUME 52 • NUMBER 7-9 • 2009 • UDK 677 + 687 (05)

## IZVLEČKI/abstracts

**153** Izvlečki • Abstracts

## ČLANKI/papers

- 157** Obdelava tkanine poliestera/bombaž-Lycra s plazmo Ar/N<sub>2</sub> • Izvirni znanstveni članek  
*Polyester/Cotton-Lycra Fabric Treatment with Ar/N<sub>2</sub> Plasma • Original Scientific Paper*  
Danijela Klemenčič, Zoran Petrović, Nevena Puač, Marija Gorenšek
- 171** Primerjava instrumentov za merjenje fasadnih barv z uporabo treh enačb za določanje barvnih razlik • Izvirni znanstveni članek  
*Comparison of Instruments for Measuring Facade Colors Using Three Color Difference Equations • Original Scientific Paper*  
Dejana Đorđević, Špela Žebre, Sabina Bračko
- 181** Vpliv velikosti delcev srebra na baktericidno učinkovitost celuloznih vlaken • Izvirni znanstveni članek  
*Influence of Particle Size of the Silver on Bactericidal Activity of the Cellulose Fibres • Original Scientific Paper*  
Brigita Tomšič
- 195** Izdelava dvonitne preje na prstanskem predilniku • Pregledni znanstveni članek  
*Two-Ply Yarn Production on Ring Spinning Machine • Review*  
Momir Nikolić, Zenun Skenderi, Dunja Šajn Gorjanc
- 210** Izdelava prototipa tekmovalnega dresa smučarja skakalca • Strokovni članek  
*Ski-Jumper Suit Prototyping • Professional Paper*  
Barbara Štanc, Tjaša Lukač, Simona Jevšnik, Andreja Rudolf, Zoran Stjepanović

## STROKOVNI DEL/ technical notes

- 226** Deset let mreže CEEPUS SI-0007 (Srednjeevropski program za izmenjavo študentov in profesorjev) • Mednarodni projekt
- 233** Stanje in prihodnost slovenske in evropske oblačilne industrije • Tekstilna in oblačilna industrija
- 239** Ljubljana: 40. simpozij o novostih v tekstilstvu • Aktualno doma
- 241** Techtextil 2009, Frankfurt na Maini: Izmenjava novosti • Aktualno v svetu
- 245** Projekt: Kulturna identiteta • Oblikovanje

## tekstilec

### Ustanovitelj / Founded by

Zveza inženirjev in tehnikov tekstilcev Slovenije/  
*Association of Slovene Textile Engineers and Technicians*  
Gospodarska zbornica Slovenije – Združenje za tekstilno,  
oblačilno in usnjarsko predelovalno industrijo/  
*Chamber of Commerce and Industry of Slovenia – Textiles,  
Clothing and Leather Processing Association*

### Urejanje, izdajanje in sofinanciranje/

#### *Editing, publishing and financially supported by*

- Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta,  
Oddelek za tekstilstvo/*University of Ljubljana,  
Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Textiles*
- Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo/  
*University of Maribor, Faculty for Mechanical Engineering*
- Industrijski razvojni center slovenske predilne industrije/  
*Industrial development centre of Slovene spinning industry*

#### *Revija sofinancira/Journal is financially supported by*

Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije/  
*Slovenian Research Agency*

Revija Tekstilec izhaja štirikrat letno v 600  
izvodih/*Journal Tekstilec appears quarterly  
in 600 copies*

Revija je pri Ministrstvu za kulturo vpisana  
v razvid medijev pod številko 583.  
Letna naročnina za člane Društev  
inženirjev in tehnikov tekstilcev  
je vključena v članarino.

#### Letna naročnina

za posameznike je 38 €  
za študente 22 €  
za mala podjetja 90 €  
za velika podjetja 180 €  
za tujino 110 €

Cena posamezne številke je 10 €

Na podlagi Zakona o davku na dodano  
vrednost sodi revija Tekstilec med  
proizvode, od katerih se obračunava  
DDV po stopnji 8,5 %.

Transakcijski račun 01100–6030708186  
Bank Account No. SI56 01100–6030708186  
Nova Ljubljanska banka d.d.,  
Trg Republike 2, SI–1000 Ljubljana,  
Slovenija, SWIFT Code: LJBA SI 2X.

### Izdajatelj/Publisher

Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek  
za tekstilstvo / *University of Ljubljana, Faculty of Natural  
Sciences and Engineering, Department of Textiles*

### Naslov uredništva/Editorial Office Address

Uredništvo Tekstilec, Snežniška 5, p.p. 312, SI–1000 Ljubljana  
Tel./Tel.: + 386 1 200 32 00, +386 1 252 44 17  
Faks/Fax: + 386 1 200 32 70  
E–pošta/E–mail: [tekstilec@ntf.uni-lj.si](mailto:tekstilec@ntf.uni-lj.si)  
Spletni naslov/Internet page: <http://www.ntf.uni-lj.si/ot/>

Lektor za slovenščino: Milojka Mansoor, Jelka Jamnik,

za angleščino: AJE, Barbara Luštek

Oblikovanje/Design Tanja Urbanc

Prelom in priprava za tisk/DTP Barbara Blaznik

Fotografija na naslovnici/Cover Photo No. 7–9 [www.sxc.hu](http://www.sxc.hu)

Tisk/Printed by Birografika Bori d.o.o., Ljubljana

Copyright © 2009 by Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška  
fakulteta, Oddelek za tekstilstvo

Noben del revije se ne sme reproducirati brez predhodnega pisnega  
dovoljenja izdajatelja/*No part of this publication may be reproduced  
without the prior written permission of the publisher.*

### Izvirni znanstveni članek *Original Scientific Paper*

Danijela Klemenčič<sup>1</sup>, Zoran Petrović<sup>2</sup>, Nevena Puač<sup>2</sup>, Marija Gorenšek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, Snežniška 5, 1000 Ljubljana, Slovenija/University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering,

Department of Textiles, Snežniška 5, SI-1000 Ljubljana, Slovenia

<sup>2</sup> Inštitut za fiziko, Beograd, Zemun, Srbija/ Institute of Physics Belgrade, Pregrevica 118, 11080 Belgrade, Serbia

### Obdelava tkanine poliestar/bombaž-Lycra s plazmo Ar/N<sub>2</sub>

*Polyester/Cotton-Lycra Fabric Treatment with Ar/N<sub>2</sub> Plasma*

Za nanos tržnega protimikrobnega sredstva Ruco-Bac AgP (RbAg) je bila tkanina iz mešanice poliestar/bombaž-Lycra (PET/CO-Lycra) dve minuti izpostavljena nizkotlačni plazmi (26,6 Pa) z mešanico plinov Ar/N<sub>2</sub> (50 %/50 %). Koncentracija srebra na tkanini je bila določena z analizo ICP-MS. Bakterijska redukcija RbAg-impregniranih, plazemsko obdelanih in RbAg-impregniranih ter enkrat in desetkrat pranih vzorcev je bila določena na podlagi dinamične stresalne metode ASTM E 2149-01. Opravljene so bile meritve pretržne sile in raztezka ter narejeni mikroskopski posnetki morfoloških sprememb neobdelanih in plazemsko obdelanih vzorcev. Vsebnost srebra na plazemsko obdelanih in RbAg-impregniranih vzorcih je rahlo večja kot pri neobdelanih. Rezultati bakterijske redukcije kažejo, da vse RbAg-impregnirane tkanine zavirajo rast vseh štirih testnih bakterijskih vrst. Enkrat in desetkrat prani plazemsko obdelani in RbAg-impregnirani vzorci kažejo boljšo odpornost proti *Escherichia Coli* in *Staphylococcus Aureus* kot neobdelani prani vzorci. Obdelava tkanine s plazmo nima posebnih učinkov na specifično pretržno napetost in raztezek prej.

**Ključne besede:** plazma Ar/N<sub>2</sub>, Ruco-Bac AgP, srebro, protimikrobna učinkovitost, SEM

*In the research, a woven polyester/cotton-Lycra (PET/CO-Lycra) fabric was treated with low pressure Ar/N<sub>2</sub> (50%/50%) plasma for two minutes at pressure 26.6 Pa. The fabric was further on coated with the lowest prescribed concentration of Ruco-Bac AgP (RbAg) to obtain antimicrobial properties. The silver content on samples was evaluated with the ICP-MS analysis. The antimicrobial activities of RbAg-impregnated, plasma-treated RbAg-impregnated, and once and ten times washed samples were investigated according to the ASTM Designation E 2149-01. The effects on the mechanical properties and morphological changes of untreated and plasma-treated samples were studied in the research. The results show that the silver content present on plasma-treated RbAg-impregnated samples is slightly higher in comparison to the untreated samples. The results of bacterial reduction of all RbAg-impregnated fabrics*

*show growth inhibition to all four tested microorganisms. Once and ten times washed plasma-treated RbAg-impregnated samples show better resistance to *Escherichia Coli* and *Staphylococcus Aureus*, compared to the untreated, washed samples. Plasma treatment has no influence on specific stress and elongation of yarns.*

**Keywords:** Ar/N<sub>2</sub> plasma, Ruco-Bac AgP, silver, antimicrobial effectiveness, SEM

### Izvirni znanstveni članek *Original Scientific Paper*

Dejana Đorđević, Špela Žebre, Sabina Bračko

Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, Snežniška 5, 1000 Ljubljana, Slovenija/University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Textiles, Snežniška 5, SI-1000 Ljubljana, Slovenia

### Primerjava instrumentov za merjenje fasadnih barv z uporabo treh enačb za določanje barvnih razlik

*Comparison of Instruments for Measuring Facade Colors Using Three Color Difference Equations*

V raziskavi je preučevana uporabnost treh enačb za izračun barvnih razlik – CIELAB, CIE94 in CIEDE2000 – za fasadne površine, ki imajo strukturirano površino, podobno kot tekstilni izdelki. Meritve so bile izvedene z dvema spektrofotometroma z različnima merskima geometrijama, Spectraflash SF600 (Datacolor) in Eye-One (X-Rite). Ocena ujemanja fasadnega vzorca s predlogo v barvni karti je bila podana tudi na podlagi vizualne ocene s pomočjo devetstopenjske sive skale. Iz rezultatov raziskave je razvidno, da je najprimernejša enačba za izračun barvnih razlik na fasadnih površinah enačba CIEDE2000, najmanj primerna pa enačba CIELAB. Ugotovljeno je bilo, da je spektrofotometer Spectraflash SF600 (Datacolor) ustrežnejši za primerjavo barve hrapavih fasadnih površin in predloge v barvnih kartah ter da je vizualno vrednotenje barvnih razlik na podlagi sive skale dokaj zanesljivo.

**Ključne besede:** merjenje barve, barvna razlika, fasadna površina, spektrofotometer, vizualna ocena po sivi skali.

*Applicability of three color difference equations, such as CIELAB, CIE94 and CIEDE2000, for facade surfaces was investigated. Facade samples have structured surface similar to textile fabric. Measurements were made with two spectrophotometers with different measurement geometries, Spectraflash SF600 (Datacolor) and Eye – One (X – Rite). For evaluation of matching of the facade sample with the template in color chart, visual assessment based on the gray scale was also used. From the results of the research it is evident that the most suitable equation for calculating color differences of facade surfaces is the CIEDE2000, while the least appropriate proved to be the CIELAB equation. It was also determined that the spectrophotometer Spectraflash SF600 (Datacolor) is more suitable for comparing colors of rough facade sur-*

faces with the templates in the color scale and that the visual assessment based on the gray scale is pretty reliable.

**Keywords:** color measurement, color difference, facade surface, spectrophotometer, gray scale visual assessment.

### Izvorni znanstveni članek *Original Scientific Paper*

Brigita Tomšič

Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, Snežniška 5, 1000 Ljubljana, Slovenija/University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Textiles, Snežniška 5, SI-1000 Ljubljana, Slovenia

### Vpliv velikosti delcev srebra na baktericidno učinkovitost celuloznih vlaken

*Influence of Particle Size of the Silver on Bactericidal Activity of the Cellulose Fibres*

Namen raziskave je bil določiti vpliv velikosti delcev srebra in srebrih spojin v različnih tržnih produktih na njihovo baktericidno učinkovitost. Uporabljeni so bili trije tržni produkti, in sicer disperzija srebrovega klorida (sredstvo Ag-1), elementno nanosrebro v prahu (sredstvo Ag-2) in koloidno srebro (sredstvo Ag-3). Disperzija sredstva Ag-2 je bila pripravljena tik pred uporabo. Sredstva so bila nanesena na bombažno tkanino po izčrpalnem postopku. Delci srebra tako v disperziji kot tudi na apretiranih vzorcih tkanine, ki so bili preučevani z vrstično elektronsko mikroskopijo, so bili po velikosti razvrščeni na naslednji način: sredstvo Ag-1  $\approx$  sredstvo Ag-2-a  $\gg$  sredstvo Ag-3. Koncentracija srebra na vlaknih je bila določena z masno spektrometrijo z vzbujanjem v induktivno sklopljeni plazmi in je za sredstvo Ag-1 znašala 138 mg/kg, za sredstvo Ag-2 116 in 350 mg/kg ter za sredstvo Ag-3 130 mg/kg. Baktericidne lastnosti apretur so bile določene na podlagi bakterijske redukcije za bakterijsko vrsto *E. coli*. Iz rezultatov raziskave je bilo razvidno, da sta sredstva Ag-1 in Ag-3 pri podobnih koncentracijah povzročili popolno redukcijo rasti *E. coli*, sredstvo Ag-2 pa le 36 % redukcijo. Slednja se tudi po trikratnem povečanju koncentracije srebra ni povečala do te mere, da bi presegla 60 %. Iz rezultatov sledi, da na protimikrobno aktivnost srebra v preučevanih sredstvih ne vplivata le velikost delcev in njihova koncentracija, temveč tudi kemijska oblika srebra.

**Ključne besede:** bombažna tkanina, protimikrobna apretura, srebro, oblika srebra, bakterijska redukcija.

*The aim of the study was to determine the influence of the particle size of silver in different antimicrobial agents on its bactericidal activity. Three commercial products were used, a dispersion of silver chloride (agent Ag-1), an elemental nanosilver in the form of a powder (agent Ag-2) and a colloidal silver (agent Ag-3). A dispersion of the agent Ag-2 was prepared just before its use. The agents were applied on cotton fabric according to the exhaustion method. As determined by scanning electron microscop-*

*py, the size of the silver particles in dispersion as well as on the finished samples of the fabric was classified as follows: agent Ag-1  $\approx$  agent Ag-3  $\gg$  agent Ag-2. The concentration of silver on the fibres was determined by the inductively coupled plasma mass spectroscopy and amounted to 138 mg/kg for agent Ag-1, 116 and 350 mg/kg for agent Ag-2 and 130 mg/kg for agent Ag-3. The bactericidal activity of the finishes was studied by bacterial reduction for the bacteria species *Escherichia coli*. The results showed that at resembling concentrations on the fibres, agents Ag-1 and Ag-3 caused a complete reduction of growth of *Escherichia coli*, while only 36% of bacterial reduction was determined for agent Ag-2. Even after increasing the concentration of silver by three times, the bacterial reduction did not increase to such an extent to exceed 60%. Therefore, it can be concluded that the antibacterial activity of silver in the studied agents it is not influenced only by the particle size and their concentration, but also by the chemical form of silver.*

**Keywords:** cotton fabric, antimicrobial finishing, silver, silver form, bacterial reduction.

### Pregledni znanstveni članek *Review*

Momir Nikolić<sup>1</sup>, Zenun Skenderi<sup>2</sup>, Dunja Šajn Gorjanc<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, Snežniška 5, 1000 Ljubljana, Slovenija/University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Textiles, Snežniška 5, SI-1000 Ljubljana, Slovenia

<sup>2</sup> Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno tehnološki fakultet, Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb, Hrvatska/Faculty of Textile Technology, University of Zagreb, Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb, Croatia

### Izdelava dvonitne preje na prstanskem predilniku

*Two-Ply Yarn Production on Ring Spinning Machine*

V prispevku sta podani teorija in tehnologija izdelave dvonitne preje, spredene po postopku SiroSpun® na klasičnem prstanskem predilniku in po postopku EliTwist® na kompaktnem prstanskem predilniku. Opređeljene so tehnološke zmožnosti posameznih postopkov izdelave dvonitne preje na prstanskem predilniku z različno modifikacijo trivaljčnega dvojermenčnega raztezala.

Analiziran je vpliv predilnega in sukalnega trikotnika na kakovost dvonitne preje SiroSpun in EliTwist® iz različnih vrst prediva.

Za klasično sukane dvonitne preje in dvonitne preje EliTwist® različne finoče iz različnih vrst bombažnega in volnenega prediva so primerjalno raziskane strukturne, mehanskofizikalne in Uster lastnosti spredanih prej.

Ugotovili smo, da postopek predenja EliTwist® omogoča uporabo cenejše surovine za dosego enake kakovosti preje v primerjavi s klasičnim postopkom izdelave dvonitne sukanе preje.

Zaradi bolj urejene strukture in sodelovanja vseh vlaken v strukturi dvonitne preje EliTwist® postopek predenja EliTwist® omogoča izdelavo finejših prej iz enako finega prediva.

Postopek izdelave dvonitne preje EliTwist® je edini predilni postopek, ki omogoča gospodarno in kakovostno izdelavo dvonitnih prej na prstanskem predilniku tudi iz kratkovlaknatega prediva.

To je postopek, ki glede kakovostnih in gospodarnih parametrov izdatno presega vse dosedanje postopke izdelave dvonitnih SiroSpun® in klasičnih dvonitnih sukanih prej.

**Ključne besede:** predilni in sukalni trikotnik, dvonitna preja, dvonitna sukana preja, preja SiroSpun®, preja EliTwist®

*The purpose of this report is to present the theory and technology of manufacturing two-ply yarn spun with the SiroSpun® method on a standard ring spinning machine and with the EliTwist® method on a compact ring spinning machine. The technological abilities of single processes of manufacturing two-ply yarn on a ring spinning machine with different modifications of double-apron three-roll drafting system are also categorized.*

*Moreover, the impact of the spinning and twisting triangle on the quality of SiroSpun® and EliTwist® two-ply yarn made from various types of fibres was analyzed in the research.*

*For standard two-ply yarn and EliTwist® two-fold yarn of different linear densities made from various types of cotton and wool fibres, various structural, mechanical-physical and Uster properties of woven yarn were compared.*

*According to the findings, the EliTwist® method of spinning allows the use of a cheaper material to achieve the same yarn quality in comparison to the standard-making process of two-ply twisted yarn.*

*Due to a better structural order and cooperation of all fibres in the structure of EliTwist® two-ply yarn, EliTwist® spinning process allows manufacturing of finer yarn made from fibres of the same linear density.*

*The EliTwist® process for the production of two-ply yarn is the only process that also allows the economical and qualitative production of two-ply yarn on a ring spinning machine made from short staple fibres.*

*The EliTwist® process is a method which according to its quality and economical parameters surpasses all previous production methods of SiroSpun® two-ply yarn and standard two-ply twisted yarn.*

**Keywords:** spinning and twisting triangle, two-ply yarn, two-ply twisted yarn, SiroSpun® yarn, EliTwist® yarn

## Strokovni članek *Professional Paper*

Barbara Štanc<sup>1</sup>, Tjaša Lukač<sup>1</sup>, Simona Jevšnik<sup>2</sup>, Andreja Rudolf<sup>1</sup>, Zoran Stjepanovič<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Oddelek za tekstilne materiale in oblikovanje, Smetanova ulica 17, 2000 Maribor, Slovenija/*University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, Department for Textile Materials and Design, Smetanova ulica 17, 2000 Maribor, Slovenia*

<sup>2</sup> Visoka šola za dizajn v Ljubljani, samostojni visokošolski zavod, Gerbičeva 51, Ljubljana, Slovenija/*Academy of Design in Ljubljana, Gerbičeva 51, Ljubljana, Slovenia*

## Izdelava prototipa tekmovalnega dresa smučarja skakalca

### *Ski-Jumper Suit Prototyping*

Rezultati športnikov so odvisni od športne usposobljenosti in telesne pripravljenosti posameznika, kot tudi od opreme, ki jo zahteva športna disciplina. Dres smučarja skakalca je z aerodinamičnega vidika poleg smuči najpomembnejši del opreme. Obliko in velikost tekmovalnega dresa smučarja skakalca je treba prilagoditi vsakemu športniku posebej, glede na zahteve Mednarodne smučarske zveze (Fédération Internationale de Ski, FIS). Konstruiranje dresa smučarja skakalca je z inženirskega vidika zelo zahtevno, saj se pravila mednarodne smučarske zveze vsako leto spreminjajo zaradi zagotavljanja varnosti športnika med samim skokom ob sočasnem doseganju vrhunskih rezultatov. Sodobne računalniške tehnologije omogočajo hiter in natančen razvoj prototipov oblačil na podlagi povečane učinkovitosti in natančnosti pri konstruiranju krojev, pomerjanju in prilaganju oblačila na virtualnem modelu telesa. V prispevku je prikazan razvoj prototipa tekmovalnega dresa smučarja skakalca po pravilih FIS s pomočjo računalniškega sistema OptiTex. Sistem je namenjen izdelovanju prototipov 3D-tekstilnih izdelkov od konstruiranja in modeliranja krojev do virtualne simulacije videza sešitega izdelka, pri katerem so upoštevane tudi dejanske mehanske in fizikalne lastnosti tekstilije. Rezultati prikazujejo proces virtualnega oblikovanja dresa smučarja skakalca po pravilih FIS, ki je bil potem primerjan z realnim modelom. Spoznanja in rezultati izvedenega razvoja kroja z uporabo programskega paketa Optitex kažejo na hitro in zanesljivo prilagajanje dresov športnikov glede na mednarodna pravila.

**Ključne besede:** smučarski skoki, dres smučarja skakalca, FIS, konstrukcija in modeliranje, CAD sistem OptiTex, virtualna izdelava prototipa

*Excellent results do not depend solely on sportsmen's physical condition, but also on the sport suit required by a specific sports discipline. From the aerodynamic point of view, a ski-jumper suit can be, next to the jumping skis, regarded as the main part of the equipment. The jumpsuit shape and size need to be individually adapted to each ski-jumper taking into account precise re-*

quirements by FIS (Fédération Internationale de Ski). Constructing a ski-jumper suit is a demanding process, since the FIS rules change annually in order to assure ski-jumpers safe yet competitive ski jumps. Modern technologies enable rapid and precise development of prototypes of garments by ensuring higher efficiency and accuracy of the construction process. The article presents the development of the prototype of a ski-jumper suit in accordance with the FIS rules. The results demonstrate the process of virtual prototyping of a ski-jumper suit and a comparison with a real jumpsuit.

**Keywords:** ski jumps, ski-jumper suit, FIS rules, jumpsuit construction, CAD system, OptiTex, virtual prototyping

tekst

tekstilec

## Polyester/Cotton-Lycra Fabric Treatment with Ar/N<sub>2</sub> Plasma

Original Scientific Paper

Received June 2009 • Accepted August 2009

### Abstract

*In the research, a woven polyester/cotton-Lycra (PET/CO-Lycra) fabric was treated with low pressure Ar/N<sub>2</sub> (50%/50%) plasma for two minutes at pressure 26.6 Pa. The fabric was further on coated with the lowest prescribed concentration of Ruco-Bac AgP (RbAg) to obtain antimicrobial properties. The silver content on samples was evaluated with the ICP-MS analysis. The antimicrobial activities of RbAg-impregnated, plasma-treated RbAg-impregnated, and once and ten times washed samples were investigated according to the ASTM Designation E 2149-01. The effects on the mechanical properties and morphological changes of untreated and plasma-treated samples were studied in the research. The results show that the silver content present on plasma-treated RbAg-impregnated samples is slightly higher in comparison to the untreated samples. The results of bacterial reduction of all RbAg-impregnated fabrics show growth inhibition to all four tested microorganisms. Once and ten times washed plasma-treated RbAg-impregnated samples show better resistance to Escherichia Coli and Staphylococcus Aureus, compared to the untreated, washed*

---

Vodilni avtor/corresponding author:

Marija Gorenšek

tel.: +386 1 200 32 34

e-mail: marija.gorensek@ntf.uni-lj.si

---

Danijela Klemenčič<sup>1</sup>, Zoran Petrović<sup>2</sup>, Nevena Puač<sup>2</sup>,  
Marija Gorenšek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Oddelek za tekstilstvo, Naravoslovnotehniška  
fakulteta, Univerza v Ljubljani

<sup>2</sup> Inštitut za fiziko, Beograd

## Obdelava tkanine poliestra/bombaž-Lycra s plazmo Ar/N<sub>2</sub>

*Izvirni znanstveni članek*

Poslano junij 2009 • Sprejeto avgust 2009

### Izvleček

Za nanos tržnega protimikrobnega sredstva Ruco-Bac AgP (RbAg) je bila tkanina iz mešanice poliestra/bombaž-Lycra (PET/CO-Lycra) dve minuti izpostavljena nizkotlačni plazmi (26,6 Pa) z mešanico plinov Ar/N<sub>2</sub> (50 % / 50 %). Koncentracija srebra na tkanini je bila določena z analizo ICP-MS. Bakterijska redukcija RbAg-impregniranih, plazemsko obdelanih in RbAg-impregniranih ter enkrat in desetkrat pranih vzorcev je bila določena na podlagi dinamične stresalne metode ASTM E 2149-01. Opravljene so bile meritve pretržne sile in raztezka ter narejeni mikroskopski posnetki morfoloških sprememb neobdelanih in plazemsko obdelanih vzorcev. Vsebnost srebra na plazemsko obdelanih in RbAg-impregniranih vzorcih je rahlo večja kot pri neobdelanih. Rezultati bakterijske redukcije kažejo, da vse RbAg-impregnirane tkanine zavirajo rast vseh štirih testnih bakterijskih vrst. Enkrat in desetkrat prani plazemsko obdelani in RbAg-impregnirani vzorci kažejo boljšo odpornost proti *Escherichia Coli* in *Staphylococcus Aureus* kot neobdelani prani vzorci. Obdelava tkanine s plazmo nima posebnih učinkov na specifično pretržno napetost in raztezek prej.

Ključne besede: plazma Ar/N<sub>2</sub>, Ruco-Bac AgP, srebro, protimikrobna učinkovitost, SEM

### 1 Uvod

Protimikrobne tekstilije imajo širok spekter uporabe v medicini, v gospodinjstvu, pri izdelkih za šport in prosti čas, za zunanjo uporabo in kot tehnične tekstilije. Tkanina iz poliestra/bombaža-Lycra

*samples. Plasma treatment has no influence on specific stress and elongation of yarns.*

*Keywords: Ar/N<sub>2</sub> plasma, Ruco-Bac AgP, silver, antimicrobial effectiveness, SEM*

## 1 Introduction

*Antimicrobial textiles are widely used in medicine, sports and leisure, outdoor, household and technical textiles. Woven polyester/cotton-Lycra (PET/CO-Lycra) fabrics are convenient for bed linen and mattress covers.*

*The surfaces of textile materials with low adhesion properties to antimicrobial agents cannot provide good antimicrobial effectiveness. However, material surface adhesion properties can be effectively modified by different treatments. Plasma technologies can modify the surface without altering the bulk properties of a material [1, 2]. Such technologies have a strong potential to become a new, surface-engineering tool in the textile industry due to their low temperatures and dry, environment-friendly nature [2].*

*Plasma has been recently applied in the treatment of living tissues [3–5], sterilization [6, 7], treatment of materials [8, 9], etching processes for nanoelectronics and surface treatment as well as in the growth of structures for nanotechnologies [10]. When plasma is applied to organic and other materials which cannot sustain high temperatures, it is essential to use non-equilibrium, otherwise known as low-temperature or cold plasma [9]. In such a system, the energy of electrons can be controlled by an external field while maintaining the ion and gas temperatures close to the room temperature. Achieving non-equilibrium conditions is relatively easy at low pressure where breakdown voltages are the lowest, since the operation is close to the minimum of the Paschen curve [11, 12]. Under these conditions, relatively large variations in the gap or thickness of the treated material may be accommodated without any effect on plasma. On the other hand, operation at atmospheric pressure is far from the Paschen minimum and thus apart from a higher breakdown voltage; therefore, it is difficult to achieve uniform glow discharges [13]. A stable operation of*

(PET/CO-Lycra) je primerna za posteljno perilo in za prekrivala vzmetnic.

Površine tekstilnih materialov imajo navadno slabe adhezijske lastnosti do protimikrobnih sredstev in zato ne dajejo dovolj učinkovite protimikrobne zaščite. Adhezijo površin materialov lahko učinkovito spremenimo z različnimi postopki. Med te spada tudi plazemska tehnologija, s katero lahko spremenimo površino materiala brez velikih sprememb osnovnih lastnosti materialov [1, 2]. Takšne tehnologije imajo priložnost, da postanejo nove metode za površinsko spreminjanje materialov v tekstilni industriji, ker so nizkoenergijske, suhe in okolju prijazne [2].

V zadnjem času so plazmo uporabljali za obdelavo tkiv živih organizmov [3–5], za sterilizacijo [6, 7], za obdelavo materialov [8, 9] in za jedkanje materialov za nanoelektroniko ter za površinsko obdelavo za nalaganje struktur za nanotehnologijo [10]. Pri plazemski obdelavi organskih in drugih materialov, ki ne prenašajo visokih temperatur, je treba uporabiti neravnotežne, znane tudi kot nizkotemperaturne oziroma hladne plazme [9]. V teh sistemih se lahko na eni strani ohranja energija elektronov, medtem ko se ioni in temperatura plina ohranjajo blizu sobne temperature. Pri nizkem tlaku je doseganje neravnotežnih razmer relativno preprosto, ker so razelektritve minimalne glede na to, da poteka delovanje blizu minimuma Paschenove krivulje [11, 12]. Pri teh okoliščinah tudi velika odstopanja v odprtini ali debelini tretiranega materiala nimajo posebnega učinka na plazmo. Na drugi strani je delovanje plazme pri atmosferskem tlaku daleč od Paschenovega minimuma in je težko doseči enakomerne razelektritve [13]. Stabilno delovanje razelektritve v heliju in v nekaterih redkih plinih je mogoče izvesti [14], pogosto pa prevladajo drugi mehanizmi, ki lahko povzročijo poškodbe materiala zaradi iskrenja in sproščanja lokalizirane toplote. Glede na to, da nekatera področja uporabe, kot je obdelava živih celic [15], zahtevajo atmosferski tlak, obstaja relativno stabilno široko področje, ki deluje tako v zraku kot pri atmosferskem tlaku [16]. Kot večina drugih sistemov, ki vključujejo masiven tok helija, kjer pa je gradnja komor vsaj tako kompleksna kot gradnja vakuumске komore z uporabo različnih črpalk [17], je nizkotlačna plazma še vedno možnost za obdelavo materialov, kot so tekstilije in polimeri, saj so le-ti stabilni pri nizkem tlaku [18, 19].

Prednost nizkotlačne plazemske metode je v tem, da je to dobro nadzorovana in ponovljiva tehnika [2]. Cilj nekaterih plazemskih površinskih modifikacij so povečanje adhezije, izboljšava vpojnosti in navzemanje barvila [20, 21]. Površinske spremembe se s pomočjo plazemske obdelave lahko dosežejo na različne načine; uporabljeni so bili že različni plini, kot so zrak, kisik, dušik, argon in helij [2]. Pri plazemski obdelavi z zrakom, argonom, kisikom, dušikom in NH<sub>3</sub> z vključitvijo hidroksilnih (–OH), karboksilnih (–COOH), karbonilnih (>C=O) in amino (–NH<sub>2</sub>) skupin so bile dosežene izboljšave vpojnosti [1, 2, 20–32]. Prav tako so poročali o povečanju barvalnih sposobnosti vlaken po plazemski obdelavi z zrakom, kisikom, dušikom, argonom, SF<sub>6</sub> ali akrilatom [2, 23, 25–26].

glow discharges in helium and some rare gases is possible [14]; however, other mechanisms often prevail, which can cause damage to the material due to sparks, localized heating and arcs. While some applications like treating living cells [15] require atmospheric pressure, there is only one relatively stable wide-area system which operates both in air and at atmospheric pressure [16]. Like most other systems involving massive flow of helium, where the building of chambers for helium is as complex as building a vacuum chamber with differential pumping [17], low-pressure plasma is still an option for the treatment of materials such as textiles and polymers which may sustain being subjected to low pressure [18, 19].

The advantage of the low-pressure plasma method is that it is a well-controlled and reproducible technique [2]. The objectives of some plasma surface modifications are adhesion promotion, enhanced surface wettability, and enhanced dyeability [20, 21]. Surface modification with plasma treatment has been achieved in different ways, e.g. with gases such as air, oxygen, nitrogen, argon and helium [2]. An improvement of wettability with the introduction of hydroxyl (–OH), carboxyl (–COOH), carbonyl (>C=O) or amino (–NH<sub>2</sub>) groups when treated with air, oxygen, argon, nitrogen or NH<sub>3</sub> plasma was observed [1–2, 20–32]. An enhancement of fibre dyeability after the treatment with oxygen, air, nitrogen, argon, SF<sub>6</sub> or acrylate plasma was reported as well [2, 23, 25]. Adhesion intensification, which is a very important property of synthetic fibres, can be obtained by treating fibres with air, oxygen, nitrogen, argon or acrylate plasma [1–2, 28–29, 33–36]. Researchers have also proved an increase of the surface-free energy of synthetic and cellulosic fibres after plasma treatments [1–2, 28–29, 33–36].

According to the above described properties, the purpose of our research was to use low-pressure Ar/N<sub>2</sub> plasma to provide better adhesive surface properties of the PET/CO-Lycra fabric and consequently, a better application of commercial antimicrobial finishing, the activity of which depends on the action of Ag<sup>+</sup> ions. The main purpose of our research was to reduce the concentration of antimicrobial finishing in terms of the amount of silver in the padding bath, while

Povečanje adhezije kot pomembne lastnosti sintetičnih vlaken lahko dosežemo s plazemsko obdelavo vlaken z zrakom, kisikom, dušikom ali akrilatom [1, 2, 28, 29, 33–36]. Raziskovalci poročajo tudi o povečanju površinske proste energije sintetičnih in celuloznih vlaken po plazemski obdelavi [1, 2, 28, 29, 33–36].

Glede na opisane lastnosti je bil namen naše raziskave uporabiti nizkotlačno plazmo Ar/N<sub>2</sub>, s katero bi dosegli boljše adhezijske lastnosti površine tkanine PET/CO-Lycra in s tem boljši nanos komercialnega protimikrobnega sredstva, katerega aktivnost je odvisna od delovanja Ag<sup>+</sup> ionov. Glavni cilj naše raziskave je bil zmanjšati koncentracijo protimikrobnega sredstva v impregnirni kopeli, pri čemer naj bi impregniran material dosegal protimikrobne lastnosti skladno z vsebnostjo srebra.

## 2 Eksperimentalni del

### 2.1 Tkanina

V raziskavi smo uporabili tkanino PET/CO-Lycra z maso 292 g/m<sup>2</sup>, debelo 2,12 mm, z gostoto osnove 42 niti/cm (poliesterna preja, 33,3 tex), gostoto votka 13,5 niti/cm (bombažna OE preja, 33,3 tex) in 4,5 niti/cm (bombaž/Lycra core preja, 41,7 tex), proizvedeno v IBI (Kranj, Slovenija).

### 2.2 Protimikrobno apreturno sredstvo

Za raziskavo protimikrobne aktivnosti smo uporabili tržni izdelek Ruco-Bac AgP (RbAg) (izdelovalec Rudolf Chemie) [37]. Je anionsko aktivna snov, disperzija, sestavljena iz anorganskih soli in površinsko aktivnih snovi, ki izpolnjuje zahteve Öko-Tex Standarda. Uporabili smo dve različni koncentraciji sredstva, in sicer 2 g/l in 1 g/l. Izdelovalec predpisuje kot najnižjo koncentracijo za doseganje protimikrobnih lastnosti z Ruco-Bac AgP 2 g/l sredstva v impregnirni kopeli.

### 2.3 Obdelava s plazmo

Uporabljen induktivno sklopljen plazemski reaktor (CCP) za obdelavo vzorcev tkanin PET/CO-Lycra je deloval pri 13,56 MHz v popolnoma nesimetrični obliki. Namen je bil zmanjšati energijo ionov, ki padajo na osnovno elektrodo. Pri tem so poškodbe zaradi bombardiranja ionov minimalne in temperatura plina je blizu sobne temperature. Sistem smo že pred tem uporabili za obdelavo polimerov [18], konoplje [38] in netkanih tekstilij, materialov iz reciklirane volne [19], kakor tudi za obdelavo semen [39, 40], da bi izboljšali kalitev.

Nizkotemperaturna RF razelektritev pri 13,56 MHz se ustvari s pomočjo napajalnika Dressler Caesar 1010 RF v kombinaciji z omrežjem Variomatch. Za obdelavo vzorcev tkanin PET/CO-Lycra smo uporabili komoro, ki je bila narejena iz nerjavečega jekla, s premerom 370 mm in dolgo 500 mm. Osrednja elektroda s premerom 14 mm je bila napetostna elektroda, medtem ko so stene komore

still producing a treated material with the desired antimicrobial properties.

## 2 Experimental

### 2.1 Material

A woven blended PET/CO-Lycra fabric with the mass 292 g/m<sup>2</sup>, thickness 2.12 mm, warp density 42 threads/cm of polyester filaments (33.3 tex), weft density 13.5 threads/cm of cotton open-end yarn (33.3 tex) and 4.5 threads/cm of cotton/lycra core yarn (41.7 tex) obtained from IBI (Kranj, Slovenia) was used for the research.

### 2.2 Antimicrobial finishing agent

For the examination of the antimicrobial activity, Ruco-Bac AgP (RbAg) produced by Rudolf Chemie was used [37]. This commercial, anion active dispersion is composed of inorganic salts and surfactants, which fulfils the Öko-Tex Standard. Two concentrations of RbAg were used, i.e. 2 g/l and 1 g/l, the former being the lowest concentration prescribed by the producer of Ruco-Bac AgP.

### 2.3 Plasma treatment

A capacitively coupled plasma (CCP) reactor used for the treatments of PET/CO-Lycra samples was designed to operate at the frequency 13.56 MHz in a highly asymmetric mode. The idea was to reduce the energies of ions that fall on the ground electrode. Therefore, the damage caused by the ion bombardment is minimal and the gas temperature is close to the room temperature. This system was previously used for the treatment of polymers [18], hemp [38] and non-woven, recycled wool material [19] and also for the treatment of seeds [39, 40] in order to improve germination.

The low-temperature RF discharge at 13.56 MHz is generated using the Dressler Caesar 1010 RF power supply in combination with the Variomatch matching network. For the treatment of woven blended PET/CO-Lycra samples, a cylindrical chamber made of stainless steel was used. The central electrode of 14 mm in diameter represented the powered electrode, while the chamber wall represented the ground elec-

trode. Na dnu in stran od sten komore je vgrajena ravna plošča za vzorce PET/CO-Lycra. Shematski prikaz uporabljenih plazemskih enot je na sliki 1.

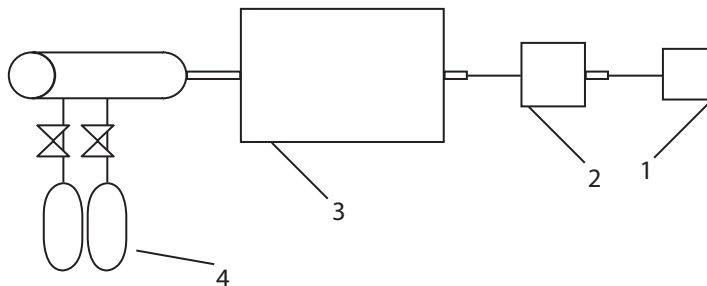


Figure 1: Schematic representation of the plasma set-up.

1 – RF power supply and matching network, 2 – home-made voltage transformer, 3 – chamber with electrodes and sample holder, 4 – Ar and N<sub>2</sub> flask.

Pri tej raziskavi uporabljena tkanina je bila obdelana v nizkotlačni plazmi pri naslednjih pogojih: Ar/N<sub>2</sub> plazma s 50 % argona in 50 % dušika, čas obdelave dve minuti, moč obdelave 100 W in tlak 26,6 Pa. Obdelava tkanine s plazmo je bila izvedena na Inštitutu za fiziko v Zemunu (Beograd, Srbija).

### 2.4 Protimikrobno apretiranje

Neobdelane in plazemsko obdelane vzorce tkanin z maso 10 g smo impregnirali z RbAg po impregnirno-sušilni metodi. Vzorce tkanin smo najprej omočili v vodi pri sobni temperaturi, oželi na dvovaljčnem fularju s 75-odstotnim ožemalnim učinkom in sušili pri 130 °C. Na naslednji stopnji smo tkanine impregnirali s protimikrobno impregnirno kopeljo, ki je bila sestavljena iz sredstva proti navzemanju nečistoč (Sevatex SRH) in protimikrobnega sredstva (RbAg) v rahlo kislem mediju (0,5 g/l očetne kisline 80 % (Fluka)) pri sobni temperaturi. Sledilo je ožemanje na dvovaljčnem fularju s 56-odstotnim ožemalnim učinkom in končnim sušenjem pri 160 °C. V preglednici 1 so podane oznake vzorcev in koncentracije

Table 1: Sample marks and agent concentrations used in the research.

| Sample  | Sevatex SRH (g/l) | Ruco-Bac AgP (g/l) |
|---------|-------------------|--------------------|
| U-2RbAg | 30                | 2                  |
| U-1RbAg | 30                | 1                  |
| P-2RbAg | 30                | 2                  |
| P-1RbAg | 30                | 1                  |

U – untreated; P – plasma-treated.

trode. At the bottom of the chamber and clear of the sidewalls, there was a flat platform where woven blended PET/CO-Lycra samples were placed. A schematic representation of the plasma set-up is shown in Figure 1.

The samples were treated with low-pressure plasma at the following conditions: Ar/N<sub>2</sub> plasma of the mixture 50% argon and 50% nitrogen for two minutes at the power 100 W and pressure 26.6 Pa. The plasma treatments of fabrics were conducted at the Institute of Physics Zemun, Belgrade, Serbia.

## 2.4 Antimicrobial finishing

The fabrics of 10 g in mass were impregnated with RbAg with the pad-dry method. In the first stage, the fabrics were wetted with water at room temperature with the wet pick-up of 75% and dried up at 130 °C. In the second stage, the fabrics were impregnated with the mixture of a soil release and hydrophilic agent (Sevatec SRH) and antimicrobial agent in slightly acidic media (0.5 g/l of 80% solution of acetic acid (Fluka)) at room temperature with the wet pick-up of 56%. Afterwards, the fabrics were dried up at 160 °C. The marks of samples and concentrations of agents used in the research are presented in Table 1. The fabrics were impregnated two months after being plasma-treated.

## 2.5 ICP-MS analysis

A quantitative analysis of silver was performed on the RbAg-impregnated samples and on the washed RbAg-impregnated samples using the ICP-MS method based on the plasma effect. The latter is formed when argon passes through the radiofrequency field in which gas particles become partly electrically discharged and emit light of characteristic wavelengths. The analysis was conducted by a certified laboratory. For each sample, three measurements were made and the Ag concentration was given as the mean value.

## 2.6 Antimicrobial effectiveness

The untreated reference sample, the RbAg-impregnated samples and the washed RbAg-impregnated samples were tested for bacterial reduction according to the ASTM Designation E 2149-01 [41]. This test method was designed for

uporabljenih sredstev v tej raziskavi. Plazemsko obdelane tkanine so bile impregnirane dva meseca po obdelavi s plazmo.

## 2.5 Analiza ICP-MS

Kvantitativna analiza srebra na RbAg-impregniranih in pranih RbAg-impregniranih vzorcih je bila določena z uporabo metode ICP-MS. Metoda temelji na učinku plazme, ki se ustvari, ko argon potuje skozi radiofrekvenčno polje, kjer delci plina dobijo delni električni naboj in oddajajo svetlobo karakterističnih valovnih dolžin. Analiza je bila opravljena v laboratoriju s certifikatom. Za vsak vzorec so bile opravljene tri meritve in koncentracija Ag je podana kot srednja vrednost treh meritev.

## 2.6 Protimikrobna učinkovitost

Bakterijska redukcija referenčnih RbAg-impregniranih in pranih RbAg-impregniranih vzorcev je bila izvedena z dinamičnim stresalnim testom po ASTM E 2149-01 [41]. Testna metoda je bila razvita za ocenitev odpornosti neizluženih protibakterijsko obdelanih vzorcev na rast mikrobov pri dinamičnih kontaktnih pogojih. Testna metoda je bila opravljena na štirih različnih bakterijah: *Staphylococcus Aureus* (ATCC 25923), *Escherichia Coli* (ATCC 25922), *Streptococcus Faecalis* (ATCC 29912) in *Pseudomonas Aeruginosa* (ATCC 27853). Analiza je bila opravljena v laboratoriju s certifikatom. Bakterijska redukcija (R) je izračunana po naslednji enačbi (enačba 1):

$$R (\%) = \frac{B - A}{B} \times 100 \quad (1)$$

kjer je A število kolonij bakterij (CFU/ml) po eni uri stresanja apretiranega vzorca in B število kolonij bakterij (CFU/ml) po enominutnem stresanju (času „0“) apretiranega vzorca [41].

## 2.7 Pralne obstojnosti

RbAg-impregnirane vzorce smo enkrat in desetkrat prali pri 60 °C v Launderometru po standardni metodi ISO 105-C03 [42]. Po vsakem pralnem ciklusu smo vzorce temeljito sprali pod tekočo vodo in jih posušili na zraku.

## 2.8 Pretržna sila in raztezek

Pretržno silo in raztezek neobdelanih in plazemsko obdelanih prej, ki smo jih prej izvlekli iz tkanine, smo merili na dinamometru Instron 6022 skladno s SIST ISO 2062:1997 [43]. Metoda je bila spremenjena tako, da je bila vpeta dolžina 100 mm. Specifična pretržna napetost je bila izračunana po naslednji enačbi (enačba 2):

$$\sigma \left( \frac{\text{cN}}{\text{dtex}} \right) = \frac{F}{T_t} \quad (2)$$

kjer je F pretržna sila (cN) in T<sub>t</sub> dolžinska masa preje (dtex).

the resistance evaluation of non-leaching antibacterial-treated specimens to the growth of microbes under dynamic contact conditions. The test method was conducted for four different bacteria, i.e. *Staphylococcus Aureus* (ATCC 25923), *Escherichia Coli* (ATCC 25922), *Streptococcus Faecalis* (ATCC 29912) and *Pseudomonas Aeruginosa* (ATCC 27853). The analysis was performed by a certified laboratory. The bacterial reduction (R) was evaluated according to Equation 1, where A is CFU per millilitre for the flask containing the treated substrate after 1 hour contact time and B is CFU per millilitre for the flask to determine A before the addition of the treated substrate (time '0') [41].

### 2.7 Wash fastness determination

RbAg-impregnated samples were subjected to a single wash cycle and ten wash cycles at 60 °C in the Launder-ometer according to the ISO 105-C03 standard [42]. At the end of each wash cycle, the washed samples were rinsed thoroughly under tap water and were allowed to dry at room temperature.

### 2.8 Tensile stress and elongation

The tensile stress of untreated and plasma-treated yarns, which were previously unraveled from the fabrics, was measured on the Instron 6022 dynamometer according to the SIST ISO 2062:1997 standard [43]. The method was modified in the gauge length, which was 100 mm. The specific breaking load was calculated with Equation 2, where F is tensile stress (cN) and Tt is linear density of a yarn (dtex).

The specific stress  $\sigma$  (cN/dtex) and elongation  $\epsilon$  (%) of yarns are the mean value of ten measurements of breaking load and elongation in warp (polyester) and weft (cotton, cotton-lycra) direction. Before the testing, the samples were conditioned as prescribed by ISO 139.

### 2.9 SEM

The microscopic evaluation of the morphological changes occurring after the plasma treatment of the PET/CO-Lycra sample was undertaken with the JEOL JSM 6060 LV scanning electron microscope. Prior to the observation, all samples were covered with carbon and an

Rezultati specifične pretržne napetosti  $\sigma$  (cN/dtex) in raztezka  $\epsilon$  (%) prej so podani kot povprečne vrednosti desetih meritev pretržne sile in raztezka v smeri osnove (poliester) in votka (bombaž, bombaž-Lycra). Pred meritvijo so bile preje klimatizirane skladno z ISO 139.

### 2.9 SEM

Morfološke spremembe po plazemski obdelavi tkanine PET/CO-Lycra smo opazovali z vrstičnim elektronskim mikroskopom JEOL JSM 6060 LV. Vzorci so bili pred opazovanjem površine neparjeni s približno 10 nm tanko plastjo ogljika in zlitino Au/Pd (90 % / 10 %). Pospeševalna napetost elektronov je bila 10 kV, delovna razdalja je bila 20 mm in velikost opazovanega področja  $32 \times 32 \mu\text{m}^2$  pri 8000-kratni povečavi.

## 3 Rezultati z razpravo

### 3.1 ICP-MS analiza

Kvantitativna analiza srebra na RbAg-impregniranih, plazemsko obdelanih RbAg-impregniranih in pranih RbAg-impregniranih vzorcih je bila določena z uporabo metode ICP-MS. Rezultati kvantitativne analize vsebnosti srebra na impregniranih vzorcih so podani v preglednici 2.

Table 2: Silver content on treated samples.

| Sample                                                     | Ag (mg/kg)    |               |               |
|------------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                                                            | W0            | W1            | W10           |
| U-2RbAg                                                    | $9.3 \pm 1.9$ | $3.1 \pm 0.6$ | $2.4 \pm 0.5$ |
| U-1RbAg                                                    | $6.2 \pm 1.2$ | $2.4 \pm 0.5$ | $1.6 \pm 0.3$ |
| P-2RbAg                                                    | $9.6 \pm 1.9$ | $4.1 \pm 0.8$ | $2.7 \pm 0.5$ |
| P-1RbAg                                                    | $6.7 \pm 1.3$ | $2.4 \pm 0.5$ | $1.6 \pm 0.3$ |
| W0 – unwashed; W1 – single-washed; W10 – ten times washed. |               |               |               |

Vzorci, impregnirani z 2 g/l RbAg, kažejo večjo vsebnost srebra v primerjavi z vzorci, ki so bili impregnirani z 1 g/l RbAg. Vsebnost srebra na plazemsko obdelanih vzorcih je za približno štiri odstotke večja kot na neobdelanih vzorcih. Takšni rezultati so bili pričakovani, saj so bili plazemsko obdelani vzorci impregnirani šele dva meseca po plazemski obdelavi. Primerjava vsebnosti srebra na blagu med plazemsko obdelanimi in neobdelanimi vzorci kaže, da se vsebnost srebra po enkratnem pranju zmanjša na približno tretjino, po desetem pranju pa na četrtno.

### 3.2 Protimikrobna učinkovitost

Protimikrobna aktivnost referenčne, plazemsko obdelanih, RbAg-impregniranih, plazemsko obdelanih in RbAg-impregniranih ter

Au/Pd (90%/10%) alloy in an about 10 nm thick layer. The electron accelerating tension was 10 kV, the working distance was 20 mm

enkrat in desetkrat pranih RbAg-impregniranih vzorcev je bila določena skladno z metodo ASTM E 2149-01. Rezultati v preglednici 3 so prikazani kot bakterijska redukcija, R (%).

Table 3: R (%) of RbAg-treated and of washed fabrics.

| Sample  | Wash cycles | Bacterial reduction (%)          |                             |                                   |                                   |
|---------|-------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|         |             | Staphylococcus aureus ATCC 25923 | Escherichia coli ATCC 25922 | Streptococcus faecalis ATCC 29912 | Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853 |
| U       | 0           | 30                               | 8                           | 1                                 | -6                                |
| U-2RbAg | 0           | 100                              | 100                         | 100                               | 88                                |
|         | 1           | — <sup>a</sup>                   | 5                           | — <sup>a</sup>                    | 2                                 |
|         | 10          | — <sup>a</sup>                   | — <sup>a</sup>              | — <sup>a</sup>                    | — <sup>a</sup>                    |
| U-1RbAg | 0           | 100                              | 100                         | 100                               | 100                               |
|         | 1           | — <sup>a</sup>                   | — <sup>a</sup>              | — <sup>a</sup>                    | 0                                 |
|         | 10          | — <sup>a</sup>                   | — <sup>a</sup>              | 4                                 | 3                                 |
| P       | 0           | — <sup>a</sup>                   | — <sup>a</sup>              | 2                                 | — <sup>a</sup>                    |
| P-2RbAg | 0           | 100                              | 98                          | 100                               | 100                               |
|         | 1           | 7                                | 51                          | 2                                 | — <sup>a</sup>                    |
|         | 10          | 43                               | 23                          | — <sup>a</sup>                    | — <sup>a</sup>                    |
| P-1RbAg | 0           | 92                               | 82                          | 100                               | 100                               |
|         | 1           | — <sup>a</sup>                   | — <sup>a</sup>              | 2                                 | — <sup>a</sup>                    |
|         | 10          | — <sup>a</sup>                   | 6                           | 1                                 | 1                                 |

<sup>a</sup> no reduction of bacteria

and the analyzed area was  $32 \times 32 \mu\text{m}^2$  in size at 8,000× magnification.

### 3 Results and discussion

#### 3.1 ICP MS analysis

The quantitative analysis of silver was performed on the RbAg-impregnated, plasma-treated RbAg-impregnated and once and ten times washed RbAg-impregnated samples using the ICP MS method. The results of the quantitative analysis of the silver content on the impregnated samples are presented in Table 2.

The samples impregnated with 2 g/l of RbAg show a higher silver content than the samples impregnated with 1 g/l of RbAg. The amount of silver on the plasma-treated samples is approximately 4% higher than on the untreated

Rezultati vseh RbAg-impregniranih vzorcev kažejo odlično odpornost proti vsem štirim testiranim bakterijam. Vsi RbAg-impregnirani vzorci kažejo več kot 60-odstotno bakterijsko redukcijo. Prvo pranje uniči protimikrobno aktivnost apreturnega sredstva. Po prvem pranju nekaj protimikrobne aktivnosti na *E. coli* ohrani le P-2RbAg vzorec (R = 51 %) in po desetih pranjih na *S. aureus* (R = 43 %).

Opazna je korelacija med koncentracijo srebra s protimikrobno aktivnostjo impregniranih vzorcev. Vsebnost srebra na vzorcu P-2RbAg je po desetem pranju  $2,7 \pm 0,5$  mg/kg, vendar pa vzorec ne doseže predpisane mejne protimikrobne aktivnosti 60 odstotkov. Na splošno rezultati pranih vzorcev kažejo boljšo redukcijo bakterij na plazemsko obdelanih in RbAg-impregniranih vzorcih (preglednica 3).

Iz rezultatov bakterijske redukcije in vsebnosti srebra vzorcev je razvidno, da je adhezija protimikrobnega sredstva na plazemsko obdelanih vzorcih boljša, predvidevamo pa lahko, da bi lahko bila odlična, če bi impregniranje z RbAg sledilo takoj po obdelavi tkanine s plazmo.

samples. Such results were expected, since the fabric surface was treated with Ar/N<sub>2</sub> plasma two months before the impregnation. If drawing a comparison between the plasma-treated and the untreated samples, the amount of silver after one wash cycle reduces to about on a third of the value and after the tenth wash cycles to about on a quarter.

### 3.2 Antimicrobial effectiveness

The antimicrobial activity of the untreated, plasma-treated, RbAg-impregnated, plasma-treated RbAg-impregnated and once and ten times washed RbAg-impregnated fabrics was determined according to the ASTM Designation E 2149-01 method [41]. The results in Table 3 are presented as bacterial reduction, i.e. R (%).

The results show excellent resistance of all RbAg-impregnated samples to the tested bacteria. All RbAg-impregnated samples show a reduction of bacteria higher than 60%. The first wash cycle destroys the antimicrobial activity of the RbAg-impregnated samples. Only the P-2RbAg sample retains some effectiveness against *E. coli* ( $R = 51\%$ ). After ten wash cycles, the P-2RbAg retains its activity to *S. aureus* ( $R = 43\%$ ). The dependence of antimicrobial activity on the concentration of silver is evident. The amount of silver on the P-2RbAg sample remains also after ten wash cycles  $2.7 \pm 0.5$  mg/kg of silver; however, the sample does not reach the prescribed antimicrobial activity of the prescribed limit of 60%. In general, the washed P-2RbAg samples display a better antimicrobial effect (Table 3).

The results of antimicrobial activity and concentration of silver on the samples show higher adhesion of the antimicrobial agent on the plasma-treated fabric. A better effect would be obtained if the impregnation with RbAg followed directly after the plasma treatment.

The influence of the silver-based commercial antimicrobial finishing applied to cotton fabric was studied by Tomšič and Simončič [44]. 3 g/l of iSys AG (CHT) and 15 g/l of iSys MTX (CHT) was applied to the fabric using the pad-dry-cure method. In comparison to our research, we achieved the same bacterial reduction on *E. coli* with a five times lower silver

Vpliv protimikrobnega tržnega sredstva prav tako na osnovi srebra, nanesenega na bombažno tkanino, sta proučevali Tomšič in Simončič [44]. Protimikrobna kopel s 3,0 g/l iSys AG (CHT) in 15,0 g/l iSys MTX (CHT) je bila nanescena na tkanino po impregnirno-sušilni metodi. V primerjavi z našo raziskavo smo s petkrat nižjo koncentracijo srebra na blagu dosegli enako bakterijsko redukcijo na *E. coli*. V obeh raziskavah se koncentracija srebra na blagu znižuje po pralnih ciklih za približno polovico, vendar pa v njihovem primeru po desetem pralnem ciklusu bakterijske redukcije niso dosegli. V naši raziskavi pa smo z uporabo najnižje predpisane koncentracije RbAg po desetem pranju dosegli 23-odstotno bakterijsko redukcijo na *E. coli*.

### 3.3 Pretržna sila in raztezek

Rezultati specifične pretržne napetosti (cN/dtex) neobdelanih in plazemsko obdelanih prej so prikazani na sliki 2.

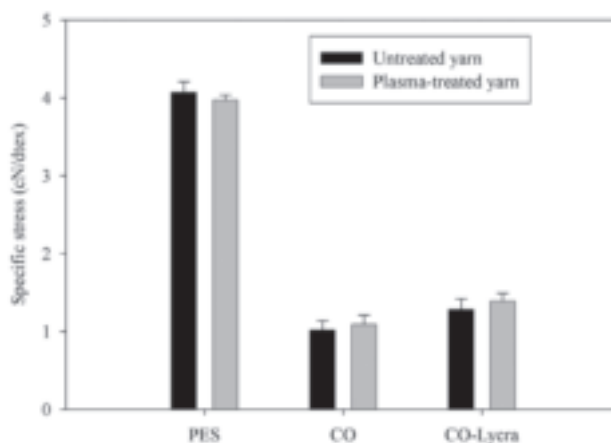


Figure 2: Specific stress (cN/dtex) of untreated and plasma-treated yarns.

Rezultati raztezka (%) neobdelanih in plazemsko obdelanih prej so prikazani na sliki 3.

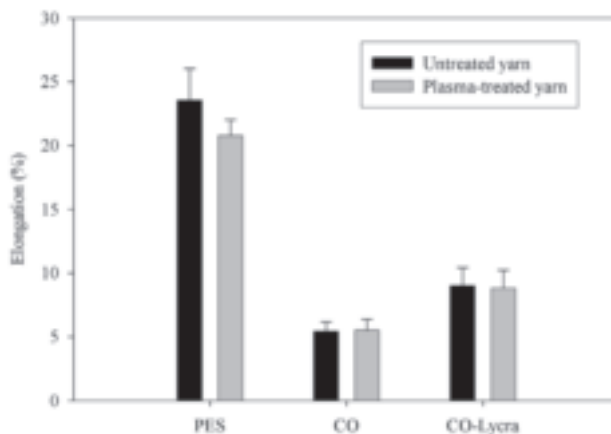


Figure 3: Elongation (%) of untreated and plasma-treated yarns.

content on the fabrics. In both researches, after the first and tenth wash cycles, the silver content on the fabrics decreased by about half the value; however, with Tomšič and Simončič, there was no bacterial reduction on the impregnated fabric after the tenth wash cycle. In our research, we achieved a 23% bacterial reduction after ten wash cycles on *E. coli* despite using a lower concentration of RbAg.

Rezultati specifične pretržne napetosti (slika 2) in raztezka (slika 3) kažejo zanemarljivo majhne razlike med neobdelanimi in plazemsko obdelanimi vzorci prej. Obdelava s plazmo zelo voluminozne tkanine PET/CO-Lycra ni vplivala na spremembo mehanskih lastnosti tkanine.

### 3.4 SEM

SEM-mikroposnetki neobdelanih in plazemsko obdelanih vzorcev so prikazani na slikah 4 in 5.

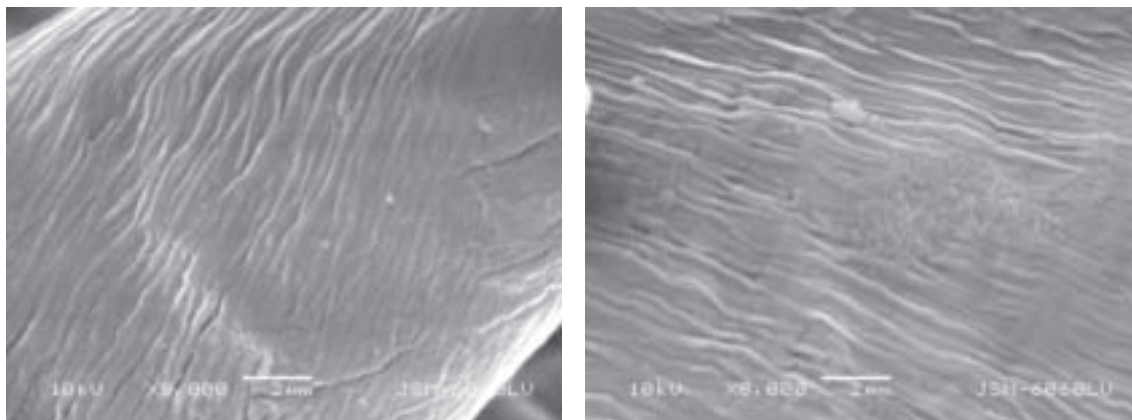


Figure 4: SEM micrographs of untreated cotton (a) and plasma-treated cotton (b).

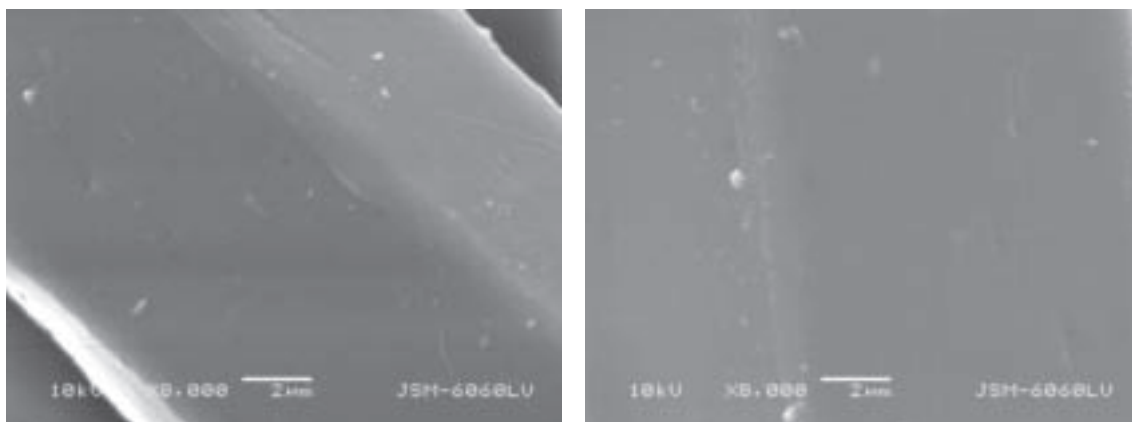


Figure 5: SEM micrographs of untreated polyester (c) and plasma-treated polyester (d).

### 3.3 Tensile stress and elongation

The results of the specific stress (cN/dtex) of the untreated and plasma-treated yarns are demonstrated in Figure 2.

The results of elongation (%) of the untreated and plasma-treated yarns are shown in Figure 3.

The results of the specific stress (cf. Figure 2) and elongation (cf. Figure 3) between the untreated and plasma-treated yarns show negligibly small

Glede na to, da je tkanina voluminozna in da je obdelava s plazmo trajala le dve minuti, SEM-mikroposnetki plazemsko obdelanih vzorcev poliestra (PET) in bombaža (CO) ne kažejo zaznavnih morfoloških razlik.

Nobenih vidnih površinskih sprememb po daljšem delovanju plazme z argonom na bombažna vlakna (do 90 minut), potrjenih s SEM-posnetki površin, niso opazili niti Jung, Ward in Benerito [30]. Hkrati pa se hidrofilnost bombažnih vlaken poveča, kar pomeni, da se površinsko odvisne lastnosti dramatično spremenijo. Prav tako je Wakida s sodelavci [32] dokazal, da obdelava PET-

differences. A two-minute low-pressure plasma treatment of a very voluminous PET/CO-Lycra fabric did not destroy the mechanical properties of the fabric.

### 3.4 SEM

The SEM images of the untreated and plasma-treated samples are shown in Figure 4 and Figure 5.

Considering that the fabric is voluminous and that the exposure time of the plasma treatment lasted only two minutes, the SEM images of both plasma-treated polyester (PET) and plasma-treated cotton (CO) fibres do not show any detectable morphological differences.

Jung, Ward and Benerito [30] established no visible surface changes after a long-time exposure of cotton fibres to argon plasma (up to 90 minutes), which was confirmed by the SEM images. At the same time, an increase in the hydrophilicity of the cotton fibres shows that the surface-dependent properties of fibres changed dramatically. Moreover, Wakida et al [32] established that no physical damage was caused to the PET fibre surface when the fibres were treated with low-temperature plasma of helium/argon or acetone/argon under atmospheric pressure for 10 to 180 seconds.

Despite the CO and PET surfaces after the plasma treatment not showing evident difference, the surface properties of both parts changed, which is evident from the results of silver content of the plasma-treated samples.

## 4 Conclusions

The purpose of this research was to provide better adhesive properties of the PET/CO-Lycra fabric to the durable hygienic finish Ruco-Bac AgP after the Ar/N<sub>2</sub> plasma treatment.

The concentrations of silver present on the RbAg-impregnated samples show that silver adsorbs better on plasma-treated samples in comparison to the untreated samples. Although the SEM analysis does not show any detectable changes of the surface morphology of the plasma-treated cotton and polyester fibres at 8,000× magnification, the plasma-treated samples do show better adhesive properties to silver. The P-2RbAg sample shows a higher silver con-

vlaken v nizkotemperaturni plazmi helij/argon ali aceton/argon pri atmosferskem tlaku v 10 do 180 sekundah fizično ne poškoduje površine vlaken.

Čeprav površini CO in PET po obdelavi ne kažeta razlik, so površinske lastnosti spremenjene, kar je razvidno iz rezultatov vsebnosti srebra na plazemsko obdelanih vzorcih.

## 4 Sklepi

Namen raziskave je bil po plazemski obdelavi tkanine PET/CO-Lycra z Ar/N<sub>2</sub> zagotoviti boljše adhezijske lastnosti do obstojnega higienskega sredstva Ruco-Bac AgP.

Koncentracije srebra na RbAg-impregniranih vzorcih kažejo, da plazemsko obdelani vzorci adsorbirajo nekoliko več srebra kot neobdelani vzorci. Čeprav analiza SEM pri 8000-kratni povečavi ne kaže opaznih površinskih sprememb, kažejo plazemsko obdelani vzorci boljše adhezijske lastnosti do srebra.

Vzorec P-2RbAg kaže večjo vsebnost srebra po prvem in tudi po desetem pranju v primerjavi z drugimi vzorci. Na podlagi rezultatov vsebnosti srebra lahko povzamemo, da kažejo plazemsko obdelani vzorci boljše bakterijsko redukcijo. Vzorec P-2RbAg ohrani po prvem pranju aktivnost na *E. coli* (R = 51 %) in po desetem pranju na *S. aureus* (R = 43 %). Ti rezultati, četudi niso odlični (R > 60 %), kažejo možnost uporabe plazme Ar/N<sub>2</sub> kot fazo predobdelave tkanine PET/CO-Lycra za dosegajočih adhezijskih lastnosti. Tkanine so bile obdelane s plazmo dva meseca pred nanosom protimikrobnega sredstva. Izkušnje kažejo, da se aktivnost površine, ki izvira iz novih funkcionalnih skupin, formiranih s plazmo, s časom zmanjšuje, seveda pa izjedkanine in s tem povečana površina in spremenjena morfologija površine vlaken ostanejo.

Raziskava je pokazala tudi, da obdelava tkanine z nizkotlačno Ar/N<sub>2</sub> plazmo ne vpliva na mehanske lastnosti tkanine.

## 5 Zahvala

Raziskavo sta finančno podprli Agencija za raziskovalno dejavnost RS v okviru programa P2-0213 in MVZT v okviru projekta Eureka E!4043 Nanosilver for multipurpose textiles.

## 6 Literatura

1. BORCIA, G., ANDERSON, C. A., BROWN, N. M. D. Surface Treatment of Natural and Synthetic Textiles Using a Dielectric Barrier Discharge. *Surface & Coatings Technology*, 2006, vol. 201 (6), p. 3074–3081.
2. *Plasma technologies for textiles*. Ed.: R. Shisoo. Woodhead publishing in Textiles, Cambridge, England, 2007.

tent after the first and the tenth wash cycle as well. It can be concluded that this behaviour is connected with the generally better bacterial reduction of the plasma-treated washed samples. The P-2RbAg sample retains after the first wash cycle some activity to *E. coli* ( $R = 51\%$ ) and after the tenth wash cycles, activity to *S. aureus* ( $R = 43\%$ ). These results, although not excellent ( $R > 60\%$ ), show the possibilities of using the Ar/N<sub>2</sub> plasma as a pre-treatment media for achieving better adhesive properties of PET/CO-Lycra fabrics. The plasma treatment of fabrics was conducted two months before the impregnation with the antimicrobial agent. Experiences show that the surface activity springing from the new functional groups, which originate in plasma application, reduces in time. Nevertheless, an increase in the surface area caused by surface etching and changed morphology remain unchanged.

The results of this research also show that the low-pressure Ar/N<sub>2</sub> (50%/50%) plasma treatment does not affect the mechanical properties of the treated material.

## 5 Acknowledgements

The research received grants from the Eureka E!4043 project and P2-0213 ARRS research programme.

3. PUAČ, N., PETROVIĆ, Z. LJ., MALOVIĆ, G., ĐORĐEVIĆ, A., ŽIVKOVIĆ, S., GIBA, Z., GRUBIŠIĆ, D. Measurements of Voltage-Current Characteristics of a Plasma Needle and Its Effect on Plant Cells. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 2006, vol. 39 (16), p. 3514–3519.
4. STOFFELS, E., FLIKWEERT, A. J., STOFFELS, W. W., KROESEN, G. M. W. Plasma-needle: a Non-destructive Atmospheric Plasma Source for Fine Surface Treatment of (Bio)materials. *Plasma Sources Science & Technology*, 2002, vol. 11 (4), p. 383–388.
5. FRIDMAN, G., FRIEDMAN, G., GUTSOL, A., SHEKHTER, A. B., VASILETS, V., FRIDMAN, A. Applied Plasma Medicine. *Plasma Process and Polymers*, 2008, vol. 5, p. 503–533.
6. KUTASI, K., PINTASSILGO, C. D., COELHO, P. J., LOUREIRO, J. Modelling of a Post-discharge Reactor Used for Plasma Sterilization. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 2006, vol. 39 (18), p. 3978–3988.
7. KUTASI, K., SAOUDI, K., PINTASSILGO, C. D., LOUREIRO, J., MOISAN, M. Modelling the Low-Pressure N<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> Plasma Afterglow to Determine the Kinetic Mechanisms Controlling the UV Emission Intensity and Its Spatial Distribution for Achieving an Efficient Sterilization Process. *Plasma Processes and Polymers*, 2008, vol. 5 (9), p. 840–852.
8. *Principles of Plasma Discharge and Materials Processing*. Ed.: M. A. Lieberman, A. J. Lichtenberg. Wiley, Hoboken, 2005.
9. *Plasma Electronics: Applications in microelectronic device fabrication*. Ed.: T. Makabe, Z. Petrović. Taylor and Francis, New York, 2006.
10. CVELBAR, U., OSTRIKOV, K. (KEN), MOZETIC, M. Reactive Oxygen Plasma-enabled Synthesis of Nanostructured CdO: Tailoring Nanostructures through Plasma-surface Interactions. *Nanotechnology*, 2008, vol. 19 (40), p. 05605.
11. RADMILOVIĆ-RADJENOVIĆ, M., PETROVIĆ, Z. LJ., MALOVIĆ, G. N., MARIČ, D., RADJENOVIĆ, B. Modelling of Low-pressure Gas Breakdown in Uniform DC Electric Field by PIC Technique with Realistic Secondary Electron Emission. *Czechoslovak Journal of Physics*, 2006, vol. 56, p. B996–B1001.
12. *Ionized gases*. Ed.: A. von Engel. Clarendon Press, Oxford, 1965.
13. BRIELS, T. M. P., KOS, J., WINANDS, G. J. J., VELDHUIZEN, E. M., EBERT, U. Positive and Negative Streamers in Ambient Air: Measuring Diameter, Velocity and Dissipated Energy. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 2008, vol. 41 (23), p. 234004–234015.
14. NERSISYAN, G., GRAHAM, W. G. Characterization of a Dielectric Barrier Discharge Operating in an Open Reactor with Flowing Helium. *Plasma Sources and Science Technology*, 2004, vol. 13, p. 582–587.
15. SLADEK, R. E. J., STOFFELS, E. Deactivation of *Escherichia Coli* by the Plasma Needle. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 2005, vol. 38 (17), p. 1716–1721.

16. ODRASKOVA, M., RAHEL, J., ZAHORANOVA, A., TINO, R., CERNAK, M. Plasma Activation of Wood Surface by Diffuse Coplanar Surface Barrier Discharge. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 2008, vol. 28, p. 203–211.
17. RADETIĆ, M., JOCIĆ, D., JOVANČIĆ, P., PETROVIĆ, Z. LJ., THOMAS, H. Recycled Wool-based Nonwoven Material for Sorption of Acid Dyes. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 2005, vol. 29, p. 82–87.
18. TOMČIK, B., POPOVIĆ, D. R., JOVANOVIĆ, I. V., PETROVIĆ, Z. LJ. Modification of Wettability of Polymer Surface by Microwave Plasma. *Journal of Polymer Research*, 2001, vol. 8, p. 259–266.
19. RADETIĆ, M., RADOJEVIĆ, D., ILIĆ, V., JOCIĆ, D., POVRENOVIĆ, D., POTKONJAK, B., PUAC, N., JOVANČIĆ, P. Removal of Metal Cations from Wastewater Using Recycled Wool-based Nonwoven Material. *Journal of Serbian Chemical Society*, 2007, 72 (6), p. 605–614.
20. PUAC, N., PETROVIĆ, Z. LJ., RADETIĆ, M., ĐORĐEVIĆ, A. Low Pressure RF Capacitively Coupled Plasma Reactor for Modification of Seeds, Polymers and Textile Fabrics. *Materials Science Forum* 494, 2005, p. 291–296.
21. SAMANTA, K. K., JASSAL, M., AGRAWAL, A. K. Improvement in Water and Oil Absorbency of Textile Substrate by Atmospheric Pressure Cold Plasma Treatment. *Surface & Coatings Technology*, 2009, vol. 203 (10–11), p. 1336–1342.
22. MORENT, R., DE GEYTER, N., LEYS, C. Surface Modification of Non-woven Textiles Using a Dielectric Barrier Discharge Operating in Air, Helium and Argon at Medium Pressure. *Textile Research Journal*, 2007, vol. 77 (7), p. 471–488.
23. COSTA, T. H. C., FEITOR, M. C., ALVES JR., C., FREIRE, P. B., DE BEZERRA, C. M. Effects of Gas Composition during Plasma Modification of Polyester Fabrics. *Journal of Materials Processing Technology*, 2006, vol. 173 (1), p. 40–43.
24. CHENG, C., LIYE, Z., ZHAN, R.-J. Surface Modification of Polymer Fibre by the New Atmospheric Pressure Cold Plasma Jet. *Surface & Coatings Technology*, 2006, vol. 200 (24), p. 6659–6665.
25. ÖKTEM, T., SEVENTEKIN, N., AYHAN, H., PIŞKIN, E. Modification on Polyester and Polyamide Fabrics by Different in Situ Plasma Polymerization Methods. *Turkish Journal of Chemistry*, 2000, vol. 24 (3), p. 275–285.
26. GORENŠEK, M., GORJANC, M., JOVANČIĆ, P., MIHAILOVIĆ, D. KOVAČ, J., BUKOŠEK, V. Functionalization of PET Fabrics by Corona and Nano silver, accepted to be published in *Textile Research Journal*.
27. MORENT, R., DE GEYTER, N., VERSCHUREN, J., DE CLERCK, K., KIEKENS, P., LEYS, C. Non-thermal Plasma Treatment of Textiles. *Surface & Coatings Technology*, 2008, vol. 202 (14), p. 3427–3449.
28. KRUMP, H., HUDEC, I., JASSO, M., DAYSS, E., LUYT, A. S.

- Physical-morphological and Chemical Changes Leading to an Increase in Adhesion between Plasma Treated Polyester Fibres and a Rubber Matrix. *Applied Surface Science*, 2006, vol. 252 (12), p. 4264–4278.
29. ŠIMOR, M., RAHEL, J., ČERNAK, M., IMAHORI, Y., ŠTEFEČKA, M., KANDO, M. Atmospheric-pressure Plasma Treatment of Polyester Nonwoven Fabrics for Electroless Plating. *Surface & Coatings Technology*, 2003, vol. 172 (1), p. 1–6.
30. JUNG, H. Z., WARD, T. L., BENERITO, R. R. Effect of Argon Cold-Plasma on Water Absorption of Cotton. *Textile Research Journal*, 1977, vol. 47 (3), p. 217–223.
31. RADETIĆ, M., JOCIĆ, D., JOVANČIĆ, P., TRAJKOVIĆ, R. The Effect of Low-Temperature Plasma Pretreatment on Wool Printing. *Textile Chemist and Colorist & American Dyestuff Reporter*, 2000, vol. 32 (4), p. 55–60.
32. WAKIDA, T., TOKINO, S., NIU, S., KAWAMURA, H. Surface Characteristics of Wool and Poly(ethylene-Terephthalate) Fabrics and Film Treated with Low-Temperature Plasma under Atmospheric Pressure. *Textile Research Journal*, 1993, vol. 63 (8), p. 433–438.
33. HEGEMANN, D., BRUNNER, H., OEHR, C. Plasma Treatment of Polymers for Surface and Adhesion Improvement. *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section b-Beam Interactions with Materials and Atoms*, 2003, vol. 208, p. 281–286.
34. KELLER, M., RITTER, A., REIMANN, P., THOMMEN, V., FISCHER, A., HEGEMANN, D. Comparative Study of Plasma-induced and Wet-chemical Cleaning of Synthetic Fibers. *Surface & Coatings Technology*, 2005, vol. 200 (1–4), p. 1045–1050.
35. OYAMA, T., YAMADA, T. Light-absorbing Wide-band AR Coatings on PET Films by Sputtering. *Vacuum*, 2000, vol. 59 (2–3), p. 479–483.
36. HUDEC, I., JASSO, M., KRUMP, H., ČERNAK, M., ILLISCH, S. The Influence of Plasma Polymerization on Adhesion of Polyester Cords to Rubber Matrix. *KGK – Kautschuk Gummi Kunststoffe*, 2008, vol. 61 (3), p. 95–97.
37. Tehnična dokumentacija Ruco-Bac AGP, Rudolf Chemie.
38. TOPALOVIĆ, T., RADETIĆ, M., JOCIĆ, D., JOVANČIĆ, P., PUAČ, N., PETROVIĆ, Z. LJ. The Influence of Low-temperature Plasma and Enzymatic Treatment on Hemp Fabric Dyeability. *Fibers & Textiles in Eastern Europe*, 2007, vol. 15 (4), p. 93–96.
39. PUAČ, N., PETROVIĆ, Z. LJ., ŽIVKOVIĆ, S., GIBA, Z., GRUBIŠIĆ, D., ĐORĐEVIĆ, A. Low Temperature Plasma Treatment of Dry Empress-tree Seeds. *Plasma Processes and Polymers (Berlin: Wiley-VCH)*, 2005, p. 193–203.
40. ŽIVKOVIĆ, S., PUAČ, N., GIBA, Z., GRUBIŠIĆ, D., PETROVIĆ, Z. LJ. The Stimulatory Effect of Non-equilibrium (Low Temperature) Air Plasma Pretreatment on Light-induced Ger-

- mination of Paulownia Tomentosa Seeds. *Seed Science and Technology*, 2004, vol. 32 (3), p. 693–701.
41. ASTM Designation E 2149-01 – *Standardna testna metoda za določanje antimikrobne aktivnosti imobiliziranih antimikrobnih sredstev pri dinamičnih kontaktnih pogojih. (Standard test method for determining the antimicrobial activity of immobilized antimicrobial agents under dynamic contact conditions).*
  42. *Textiles – Test for colour fastness – ISO 105-C03:1989 (E).*
  43. *Tekstilije – Preje z navitkov – Določanje pretržne sile in pretržnega raztezka na posameznih odsekih preje – SIST ISO 2062:1997.*
  44. TOMŠIČ, B., SIMONČIČ, B., OREL, B., ŽERJAV, M., SCHROERS, H., SIMONČIČ, A., SAMARDŽIJA, Z. Antimicrobial Activity of AgCl Embedded in a Silica Matrix on Cotton Fabric. *Carbohydrate Polymers*, 2009, 75 (4), p. 618–626.

## Comparison of Instruments for Measuring Facade Colors Using Three Color Difference Equations

Original Scientific Paper

Received June 2009 • Accepted July 2009

### Abstract

*Applicability of three color difference equations, such as CIELAB, CIE94 and CIEDE2000, for facade surfaces was investigated. Facade samples have structured surface similar to textile fabric. Measurements were made with two spectrophotometers with different measurement geometries, Spectraflash SF600 (Datacolor) and Eye – One (X – Rite). For evaluation of matching of the facade sample with the template in color chart, visual assessment based on the gray scale was also used. From the results of the research it is evident that the most suitable equation for calculating color differences of facade surfaces is the CIEDE2000, while the least appropriate proved to be the CIELAB equation. It was also determined that the spectrophotometer Spectraflash SF600 (Datacolor) is more suitable for comparing colors of rough facade surfaces with the templates in the color scale and that the visual assessment based on the gray scale is pretty reliable.*

**Keywords:** color measurement, color difference, facade surface, spectrophotometer, gray scale visual assessment.

Vodilni avtorici/corresponding authors:

**Sabina Bračko**

tel.: +386 1 200 32 38

e-mail: sabina.bracko@ntf.uni-lj.si

**Dejana Đorđević**

tel.: +386 1 200 32 65

e-mail: dejana.djordjevic@ntf.uni-lj.si

Dejana Đorđević, Špela Žebre, Sabina Bračko  
Oddelek za tekstilstvo, Naravoslovnotehniška  
fakulteta, Univerza v Ljubljani

## Primerjava instrumentov za merjenje fasadnih barv z uporabo treh enačb za določanje barvnih razlik

*Izvirni znanstveni članek*

Poslano junij 2009 • Sprejeto julij 2009

### Izvleček

V raziskavi je preučevana uporabnost treh enačb za izračun barvnih razlik – CIELAB, CIE94 in CIEDE2000 – za fasadne površine, ki imajo strukturirano površino, podobno kot tekstilni izdelki. Meritve so bile izvedene z dvema spektrofotometroma z različnima merskima geometrijama, Spectraflash SF600 (Datacolor) in Eye-One (X-Rite). Ocena ujemanja fasadnega vzorca s predlogo v barvni karti je bila podana tudi na podlagi vizualne ocene s pomočjo devetstopenjske sive skale. Iz rezultatov raziskave je razvidno, da je najprimernejša enačba za izračun barvnih razlik na fasadnih površinah enačba CIEDE2000, najmanj primerna pa enačba CIELAB. Ugotovljeno je bilo, da je spektrofotometer Spectraflash SF600 (Datacolor) ustrežnejši za primerjavo barve hrapavih fasadnih površin in predloge v barvnih kartah ter da je vizualno vrednotenje barvnih razlik na podlagi sive skale dokaj zanesljivo.

**Ključne besede:** merjenje barve, barvna razlika, fasadna površina, spektrofotometer, vizualna ocena po sivi skali.

### 1 Uvod

Barva je čutna zaznava, ki nastane v človeških možganih pod vplivom svetlobe. S tem, ko barve merimo, jih numerično ovrednotimo in omogočimo objektivno identifikacijo posamezne barve ter tako tudi kontrolo kakovosti obarvanih izdelkov [1, 2]. Za merjenje barv se uporabljajo kolorimetri ali spektrofotometri. Kolorimeter je sicer hiter in preprost za uporabo, vendar ima kar nekaj omejitev. Na voljo ima le eno vrsto osvetlitve, pogosto pa potrebu-

## 1 Introduction

*Color is a sensual perception that occurs in a human brain under the influence of light. By measuring the color it is assigned numerical values and gets objective identification, which is useful for quality control of colored products [1, 2]. Color measurements are normally performed by means of colorimeters and spectrophotometers. Colorimeter enables fast and simple measurements but also has some limitations. It uses a single light source, while to obtain standardized tristimulus values and color differences; various light sources are often required. In comparison with colorimeter, spectrophotometer is a precise instrument that measures sample reflection in the whole visible spectrum and also enables calculation of tristimulus values under different light sources and therefore the assessment of metamerism [1].*

*For measuring colors on smooth surfaces, such as prints on paper or board, instruments with a plane geometry of illumination and observation (45/0) (Figure 1a) are recommended by standards, while for rough surfaces, such as textile and knitted fabric, instruments with a spherical geometry (D/0, D/8) are recommended (Figure 1b) [1, 3, 4, 5]. A problem arises when we want to compare colors of two materials with different surface structures. In our research, colors of structured facade surfaces were compared to those of smooth templates in a color chart.*

*Final plaster is used to protect and design the facade [6]. Three typical final plasters are silicate, silicon and acrylate plaster. All of them are paste-like and suitable for scratched and groove structures. In a scratched structure the particle size can be 0.5, 1, 1.5, 2 or 3 mm, an exception is silicon plaster where particle size ranges from 1.5 to 3 mm. Final plaster color is usually chosen from the producers color chart. These plasters are water-repellent, weather-resistant, have high permeability for vapour and are easy to use.*

*Goal of our research was to determine which of the two measurement geometries in this case enables a better matching of the calculated color differences with the visual assessment of an av-*

*jemo standardizirane barvne vrednosti in barvne razlike pri različnih vrstah osvetlitve. V primerjavi s kolorimetrom je spektrofotometer natančen instrument, ki meri refleksijo vzorca po celotnem vidnem spektru in omogoča izračun standardiziranih barvnih vrednosti pod različnimi pogoji osvetlitve ter s tem zaznavo metamerizma [1].*

*Za merjenje barve na gladkih površinah, kot so na primer odtisi na papirju in kartonu, standardi predvidevajo uporabo instrumentov z ravninsko geometrijo osvetlitve in opazovanja (45/0) (slika 1a), za merjenje barve hrapavih površin, kot so tkanine in pletenine, pa sferično geometrijo (D/8, D/0) (slika 1b) [1, 3, 4, 5]. Težava nastane, kadar želimo primerjati barvi na dveh materialih z različnima površinskima strukturama. V naši raziskavi smo primerjali barve na razgibani strukturi fasadnih površin z gladkimi predlogami v barvnih kartah.*

*Zaključni omet štiti in oblikuje fasado [6]. Poznamo tri značilne zaključne omete; to so silikatni, silikonski in akrilni omet. Vsi so pastozni in primerni za praskano ter žlebičasto strukturo. Pri praskani strukturi je velikost zrn 0,5, 1, 1,5, 2 ali 3 mm, izjema je silikonski omet, pri katerem je velikost zrn od 1,5 do 3 mm. Barvo zaključnega ometa izberemo iz barvne karte proizvajalca. Značilnosti teh ometov so vodoodbojnost, vremenska odpornost, dobra prepustnost za paro in preprosta uporaba.*

*V raziskavi smo želeli ugotoviti, katera merska geometrija v takem primeru omogoča boljše ujemanje izračunanih barvnih razlik z vizualno oceno povprečnega opazovalca. V raziskavo smo zato vključili obarvane hrapave fasadne površine in njihove predloge v barvnih kartah, ki so bile natisnjene na gladkem premazanem papirju. Poleg tega smo želeli ugotoviti, katera od novejših enačb za numerično določanje barvnih razlik daje najboljše ujemanje z vizualnim zaznavanjem barvnih razlik. Barvne razlike smo izračunali z uporabo treh enačb (1–3) [2]:*

1. enačba CIELAB za izračun barvnih razlik:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (1)$$

2. enačba CIE94 za barvne razlike:

$$\Delta E_{94}^* = \left[ \left( \frac{\Delta L^*}{k_L S_L} \right)^2 + \left( \frac{\Delta C_{ab}^*}{k_C S_C} \right)^2 + \left( \frac{\Delta H_{ab}^*}{k_H S_H} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

3. enačba CIEDE2000 za barvne razlike [2, 7]:

$$\Delta E_{00} = \left[ \left( \frac{\Delta L'}{k_L S_L} \right)^2 + \left( \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \right)^2 + \left( \frac{\Delta H'}{k_H S_H} \right)^2 + RT \left( \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \right) \left( \frac{\Delta H'}{k_H S_H} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

erage observer. Consequently, both rough colored facade surfaces and their templates printed on a smooth coated paper were applied. Besides, we also wanted to find out which of the three equations for numerical evaluation of color differences offers the best correlation with the visual perception of color shifts. Three equations (1–3) for the calculation of color differences are [2]:

1. CIELAB equation (1),
2. CIE94 equation (2)
3. CIEDE2000 equation [2, 7] (3)

## 2 Experimental

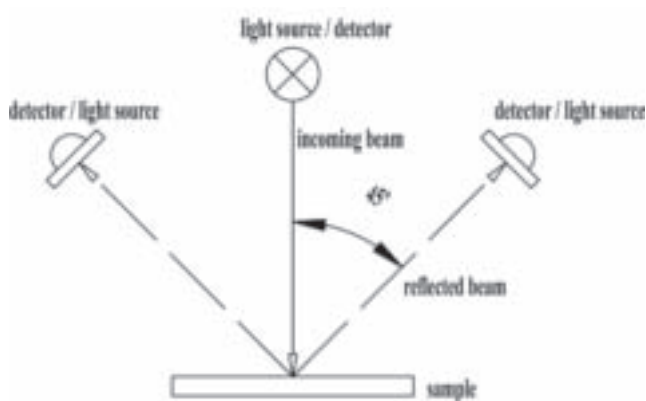
### 2.1 Selection of samples

22 facade color samples (size  $5 \times 8.5$  cm) and their 22 templates in the color chart (as standard) were used for measuring (Figure 2). Colors in the chart were represented on a smooth surface, while colored facade samples had a rough or non-uniform surface with 1.5 mm large grains. Our purpose was to include as large number of colors in the visible spectrum as possible, so the samples were selected according to their color hue (tone). In addition, two samples of each color hue with different saturation levels (most and least saturated) were selected.

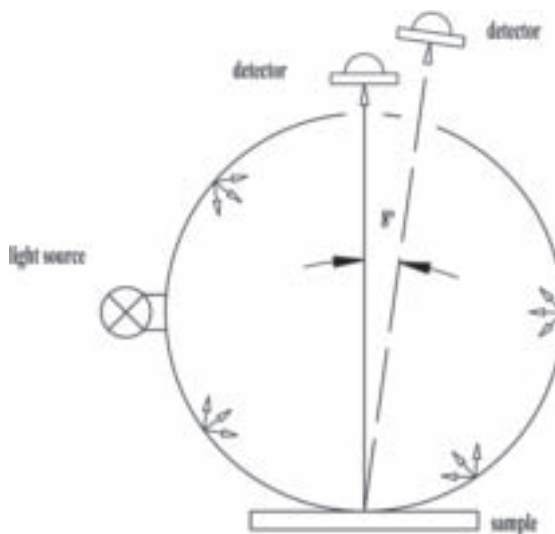
### 2.2 Measurements

Due to their different characteristics, measurements with two spectrophotometers, Eye – One (X – Rite) (designated as i1) and Spectraflash SF600 (Datacolor) (designated as SF600), were performed. SF600 that uses CIE 1964 Standard Colorimetric Observer ( $10^\circ$ ) is more appropriate for measuring colors on larger surfaces than spectrophotometer i1 where results are obtained using the CIE 1931 Standard Colorimetric Observer ( $2^\circ$ ). Spectral response of colors was measured in the range from 380 to 730 nm (with i1) and from 360 to 700 nm (with SF600). Based on these data, values  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C_{ab}^*$  and  $h_{ab}$  were then calculated.

10 measurements on each sample and 3 measurements on each standard with i1 and 7 measurements on each sample and 3 measurements on each standard with SF600 were carried out. Characteristics of both spectrophotometers are displayed in Table 1.



a) plane geometry



b) spherical geometry

Figure 1: Measuring geometry: a) plane geometry (45/0, 0/45), b) spherical geometry (D/0, 0/D, D/8 and 8/D). (Author: Jernej Dovjak)

## 2 Eksperimentalni del

### 2.1 Izbira vzorcev

Za izvedbo meritev smo uporabili 22 vzorcev fasadnih barv in 22 vzorčnih predlog v barvni karti (slika 2). Velikost vzorcev je bila  $5 \times 8,5$  cm, standard pa je bila barvna karta. Posamezne barve v barvni karti so bile predstavljene na gladki podlagi, medtem ko so bili vzorci hrapavi oziroma so imeli neravno podlago, njihova zrnatost je bila 1,5 mm. Vzorce smo izbirali glede na barvni ton, saj smo želeli zajeti čim več barv v vidnem delu spektra. Pri posameznem barvnem tonu pa smo izbrali še vzorca, ki sta se razlikovala po nasičenosti.

### 2.3 Visual assessment of color differences

For the visual evaluation, a nine-step gray scale was used [8]. Facade sample and standard were compared with the gray scale in a neutral gray surrounding in a light chamber (Gretag Macbeth) using a day light (D65) illumination. Samples were viewed at an angle of 45° with respect to the light source. Matching of color samples was assessed by 14 women and 10 men. Visual assessment was given as the mean value based on 3x evaluation of each sample and its template.

### 2.4 Use of Plug-in Color Inspector

#### 3D (v2.3)

With color analysis using an image processing program ImageJ [9] and its plug-in Color Inspector 3D (v2.3) [10] we wanted to confirm the results obtained by visual evaluation. Color charts templates and facade colors were acquired with Epson Perfection 4990 Pro scanner. Parameters for both image acquisition – scanning – and creating the scanner profile using i1reference target and programme i1Match were the same: resolution: 600 dpi, gamma: 3, bit depth: 48 bit HDR. Images were saved as 16-bit RGB tiff files. Since the plug-in requires smaller images, these were converted into 8-bit images. Each one was assigned the corresponding scanner profile. Since Color Inspector 3D requires images in sRGB color space, the scanner profile was converted into standard profile sRGB IE61966–2.1 with absolute colorimetric rendering intent where lightness axis is settled near D50. Afterwards, pictures were analyzed with the above mentioned plug-in.

## 3 Results and discussion

Results show that the smallest mean color differences are obtained when applying  $\Delta E_{00}$  equation. This was expected since this formula includes the largest number of correction parameters, such as lightness-, chroma- and hue correction terms as well as correction of ellipses orientation in blue area. Values of obtained color differences calculated with  $\Delta E_{94}^*$  are in most of the cases higher than when applying  $\Delta E_{00}$  formula and lower than when applying  $\Delta E_{ab}^*$ .

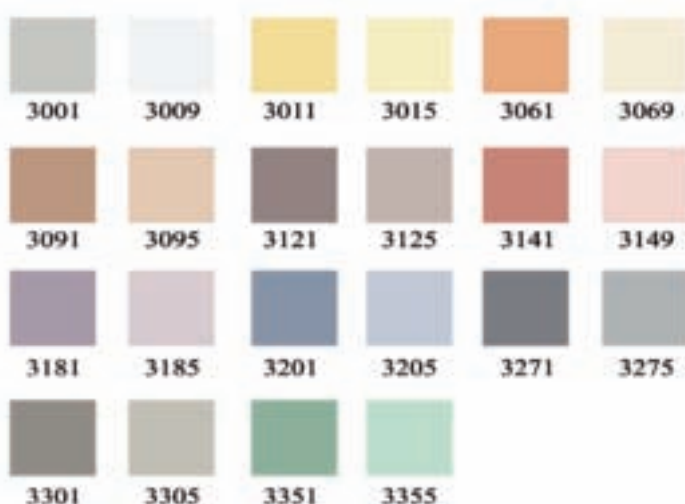


Figure 2: Color samples.

### 2.2 Meritve

Za merjenje vzorcev smo uporabili dva spektrofotometra: Eye-One (X-Rite), v nadaljevanju i1, in Spectraflash SF600 (Datacolor), v nadaljevanju SF600, in sicer zaradi njunih različnih karakteristik. Ker SF600 upošteva standardnega barvnometričnega opazovalca CIE 1964 (10°), je primernejši za merjenje barve na večjih površinah kot spektrofotometer i1, ki podaja rezultate na osnovi standardnega barvnometričnega opazovalca CIE 1931 (2°). S spektrofotometrom smo merili spektralni odziv barv v območju od 380 nm do 730 nm (i1) in od 360 do 700 nm (SF600), iz teh podatkov pa so bile izračunane vrednosti  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C_{ab}^*$  in  $h_{ab}^*$ .

Table 1: Characteristics of Eye – One (X – Rite) and Spectraflash SF600 (Datacolor) spectrophotometers.

| Type                               | Eye – One | Spectraflash SF600 |
|------------------------------------|-----------|--------------------|
| Light source                       | D50       | D65                |
| Standard observer                  | 2°        | 10°                |
| Measurement geometry               | 45/0      | D/8                |
| Spectral range (nm)                | 380–730   | 360–700            |
| Aperture (mm)                      | 4         | MAV (2r = 20)      |
| No. of layers                      | 1         | 1                  |
| No. of measurements on each sample | 10        | 7                  |
| Calibration standard               | white     | white and black    |
| Measuring steps (nm)               | 10        | 5                  |

From the measurements it was clear that higher color differences appeared in case of brighter samples. This is due to the fact that the human eye is more sensitive to changes in brighter shades of color than to darker ones. Calculations also lead to the conclusion that lower color differences were obtained when using spectrophotometer SF600. SF600 is therefore more appropriate for color measurements on facade surfaces than spectrophotometer i1; note that color differences obtained by visual evaluation were low.

When using spectrophotometer SF600, equations  $\Delta E_{ab}^*$  and  $\Delta E_{94}^*$  produce similar results, with the exception of more saturated yellow, ochre and red samples. In case of smaller color differences ( $\Delta E < 3$ ) all three equations are comparable (this is true also for the sample 3271 where  $\Delta E_{ab}^* = 4.6$ ) while for other samples  $\Delta E_{00}$  values are generally lower (Figure 3).

When using i1 and in case of smaller color differences ( $\Delta E < 3$ ), all three equations are comparable. Results obtained with equations  $\Delta E_{ab}^*$  and  $\Delta E_{94}^*$  are similar except for more saturated yellow and ochre samples, probably because these two colors have higher lightness and saturation. Almost all obtained  $\Delta E_{00}$  values are smaller; exceptions are samples 3271 and 3301, where  $\Delta E_{00}$  value is slightly higher than the  $\Delta E_{94}^*$  value (Figure 4).

Color differences based on SF600 measurements are – for all three color difference equations – virtually always smaller than those obtained with i1; exception is the gray sample 3271. Smaller color difference is also evident from the mean color difference values (Table 2). We can therefore conclude that instrument SF600 is more suitable for measuring color differences on rough facade surfaces.

According to the obtained results we can conclude that the calculated color differences exhibit a good matching with visual assessment based on gray scale. Figure 5 shows mean visual evaluation scores of 14 women and 10 men together with the calculated color differences based on measurements with SF600. Lowest average color difference was 3.3, while highest one was 4.7. Samples 3011 (more saturated) and 3271 (more saturated) received lowest average evaluation score, while samples 3125 (less

S spektrofotometrom i1 smo izvedli 10 meritev na posameznem vzorcu in 3 meritve na posameznem standardu, s spektrofotometrom SF600 pa 7 meritev na posameznem vzorcu in 3 meritve na posameznem standardu. V preglednici 1 so podane karakteristike obeh uporabljenih spektrofotometrov.

### 2.3 Vizualno vrednotenje barvnih razlik

Za vizualno oceno smo uporabili devetstopenjsko sivo skalo [8]. Vzorec in standard smo primerjali s sivo skalo v nevtralno sivi okolici v osvetljevalni komori (Gretag Macbeth) pod dnevno svetlobo (D65). Vzorci so bili postavljeni pod kotom 45° glede na svetlobni vir. Ujemanje vzorcev je ocenjevalo 14 žensk in 10 moških. Vizualno oceno smo podali kot povprečno vrednost na podlagi trikratnega ocenjevanja posameznega vzorca in njemu pripadajočega standarda.

### 2.4 Uporaba vtičnika (plug-ina) Color Inspector 3D (v2.3)

Z analizo barve vzorcev s pomočjo programa za slikovno procesiranje ImageJ [9] in njegovega vtičnika Color Inspector 3D (v2.3) [10] smo želeli podkrepiti ugotovitve, dobljene z vizualno oceno. Predloge v barvni karti in pobarvane fasade smo zajeli z optičnim čitalcem Epson Perfection 4990 Pro. Pri zajemanju smo uporabili vedno enake pogoje, tako kot pri izdelavi profila optičnega čitalca s pomočjo referenčne tablice i1 v programu i1 Match. Pogoji zajemanja slik in izdelave profila so bili: ločljivost: 600 dpi, gama: 3, bitna globina: 48 bit HDR. Slike smo shranjevali kot .tiff in dobili 16 bit RGB. Za delo z vtičnikom potrebujemo manjše slike, zato smo jih spremenili v 8 bit. Pripeli smo jim ustrezen profil optičnega čitalca. Color Inspector 3D zahteva slike v barvnem prostoru sRGB, zato je bilo treba narediti pretvorbo iz profila optičnega čitalca v standardni profil sRGB IE61966-2.1 s pomočjo absolutno kolorimetričnega upodobitvenega načina, ki gradi svetlostno os okrog D50. Nato smo slike analizirali z omenjenim vtičnikom.

## 3 Rezultati z razpravo

Rezultati so pokazali, da najnižje vrednosti povprečnih barvnih razlik dobimo pri izračunih po enačbi  $\Delta E_{00}$ . To je bilo v skladu s pričakovanji, saj ima ta formula največ korekcijskih faktorjev, kot so korekcija razlike v svetlosti, razlike v kromi, razlike v barvnem tonu in korekcija orientacije elips v modrem področju. Vrednosti, dobljene po enačbi  $\Delta E_{94}^*$ , so bile v večini primerov višje od vrednosti, izračunanih po enačbi  $\Delta E_{00}$ , in nižje od vrednosti, izračunanih po enačbi  $\Delta E_{ab}^*$ .

Na podlagi meritev smo ugotovili, da dobimo pri svetlejših vzorcih višje barvne razlike kot pri temnejših vzorcih, kar izhaja iz dejstva, da je človeško oko občutljivejše za spremembe v svetlih tonih. Na podlagi izračunov pa smo ugotovili, da pri večini vzorcev dobimo nižje vrednosti barvnih razlik, če so bile njihove vredno-

saturated) in 3301 (more saturated) received the highest one. The highest color differences were calculated with all three equations for the sample 3011 (more saturated) and the smallest ones for the samples 3121 (more saturated) and 3301 (more saturated). Using the spectrophotometer i1 the result was similar only in the case of sample 3011.

Assessment of color differences based on measurements with a spectrophotometer is more objective than a visual assessment based on gray scale, because results are more accurate, however,

sti izmerjene s spektrofotometrom SF600, iz česar sledi, da je ta spektrofotometer primernejši za merjenje fasadnih površin kot spektrofotometer i1, saj so bile barvne razlike, ocenjene vizualno, zelo majhne.

Pri merjenju s spektrofotometrom SF600 enačbi  $\Delta E_{ab}^*$  in  $\Delta E_{94}^*$  dajeta dokaj primerljive rezultate, razen pri bolj nasičenih vzorcih rumene, oker in rdeče. Pri manjših barvnih razlikah ( $\Delta E < 3$ ) so vse tri enačbe dokaj primerljive, tudi pri vzorcu 3271, ki ima  $\Delta E_{ab}^* = 4,6$ , pri drugih vzorcih pa je  $\Delta E_{00}$  manjša (slika 3).

V primeru uporabe instrumenta i1 vse tri enačbe dajo podobne rezultate pri majhnih barvnih razlikah ( $\Delta E < 3$ ). Enačbi  $\Delta E_{ab}^*$  in  $\Delta E_{94}^*$  dajeta podobne rezultate, razen v primeru bolj nasičene rumene

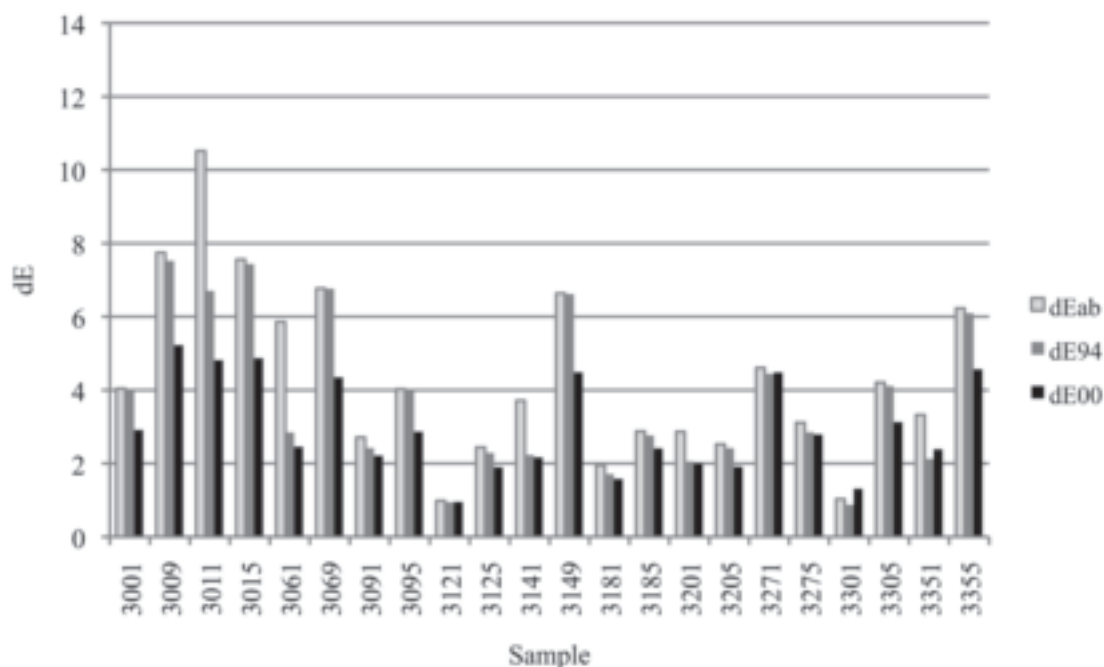


Figure 3: Color differences obtained with spectrophotometer Spectraflash SF600 (Datacolor);  $dE_{ab}-\Delta E_{ab}^*$ ,  $dE_{94}-\Delta E_{94}^*$  and  $dE_{00}-\Delta E_{00}^*$ .

visual assessment based on gray scale is cheaper and according to our results quite reliable.

By performing color analysis with the ImageJ plug-in Color Inspector 3D (v2.3) we were trying to confirm the results obtained by visual evaluation. Results show that color represented in 3D space is in accordance with visual evaluation. Figures 6-8 show the sample with the lowest visual score (3011) is much higher on the lightness axis, while two other colors with the smallest color difference (3121 in 3301) are located in the middle of the lightness axis. This finding also supports the well-known fact that a human eye is more sensitive to bright color

in oker, kar je verjetno posledica višje svetlosti in večje nasičenosti teh dveh vzorcev. Pri  $\Delta E_{00}$  skoraj v vseh primerih dobimo manjše barvne razlike, razen pri vzorcih 3271 in 3301, pri katerih je  $\Delta E_{00}$  nekoliko večja od  $\Delta E_{94}^*$  (slika 4).

Barvna razlika, izračunana po vseh treh enačbah, je pri merjenju s spektrofotometrom SF600 v vseh primerih manjša, izjema je le vzorec 3271 (siva). Manjša barvna razlika je razvidna tudi iz povprečnih vrednosti barvnih razlik (preglednica 2). Iz tega lahko sklepamo, da je instrument SF600 primernejši za določanje barvnih razlik pri hrapavih fasadnih barvah.

Izračunane barvne razlike se dobro ujemajo z vizualnimi ocenami po sivi skali. Na sliki 5 so poleg barvnih razlik, izračunanih na podlagi meritev z instrumentom SF600, prikazane povprečne ocene opazovalcev (14 žensk in 10 moških). Najnižja povprečna vizualna

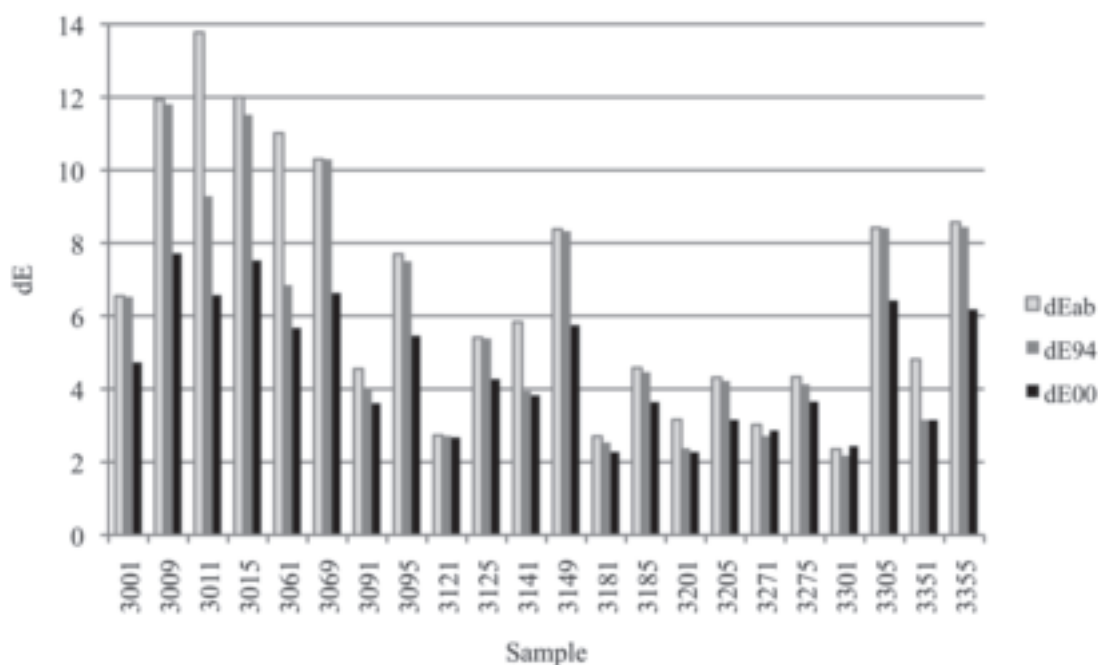


Figure 4: Color differences obtained with spectrophotometer Eye – One ( $X - Rite$ );  $dE_{ab} - \Delta E_{ab}^*$ ,  $dE_{94} - \Delta E_{94}^*$  and  $dE_{00} - \Delta E_{00}^*$ .

changes and that these are perceived more easily and faster.

#### 4 Conclusion

Research results show that the most suitable equation for color difference calculation on facade surfaces and also for matching color of facade surface with template in color chart is CIEDE2000, while the least suitable equation is CIELAB. Spectrophotometer Spectraflash SF600 (Datacolor) proved better for purposes of comparison of color on rough facade surfaces and its templates in color charts. Assessment of color differences based on measurements with a spectrophotometer is more objective than a visual assessment based on gray scale, because results are more accurate, however, visual assessment is cheaper and according to our results quite reliable. For that reason we can conclude that the color of a facade can be chosen from a color chart. More accurate and objective results require the use of an appropriate spectrophotometer. Color analysis with ImageJ plug-in Color Inspector 3D (v2.3) confirmed the results obtained by visual evaluation.

ocena je bila 3,3, najvišja pa 4,7. Vzorca 3011 (bolj nasičen) in 3271 (bolj nasičen) sta dobila najnižjo skupno oceno, vzorci 3121 (bolj nasičen), 3125 (manj nasičen) in 3301 (bolj nasičen) pa najvišjo. Za vzorec 3011 (bolj nasičen) je bila na osnovi vseh treh enačb izračunana največja barvna razlika, za vzorca 3121 (bolj nasičen) in 3301 (bolj nasičen) pa najmanjša. Meritve s spektrofotometrom il so pokazale podoben rezultat samo v primeru vzorca 3011.

Table 2: Mean color differences  $\Delta E_{ab}^*$ ,  $\Delta E_{94}^*$  and  $\Delta E_{00}^*$  calculated from measurements with spectrophotometers Eye – One ( $X - Rite$ ) and Spectraflash SF600 (Datacolor).

| Spectrophotometer | $\Delta E_{ab}^*$ | $\Delta E_{94}^*$ | $\Delta E_{00}^*$ |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Eye-One           | 6.65              | 5.93              | 4.57              |
| SF600             | 4.35              | 3.68              | 2.99              |

Vrednotenje barvnih razlik na podlagi meritev s spektrofotometrom je objektivnejše od vrednotenja na podlagi sive skale, saj so rezultati natančnejši, vendar pa je vrednotenje na podlagi sive skale cenejše, in kot kažejo naše meritve, dokaj zanesljivo.

Z analizo barve vzorcev s pomočjo vtičnika Color Inspector 3D (v2.3) smo želeli podkrepiti ugotovitve, dobljene z vizualno oceno. Prikaz barve v 3D-prostoru je pokazal ujemanje z vizualno oceno. Na slikah 6–8 vidimo, da je vzorec, ki je slabše ocenjen (3011), po svetlosti zelo visoko na svetlostni osi, medtem ko sta drugi dve prikazani barvi z najmanjšo barvno razliko (3121 in 3301) na sre-

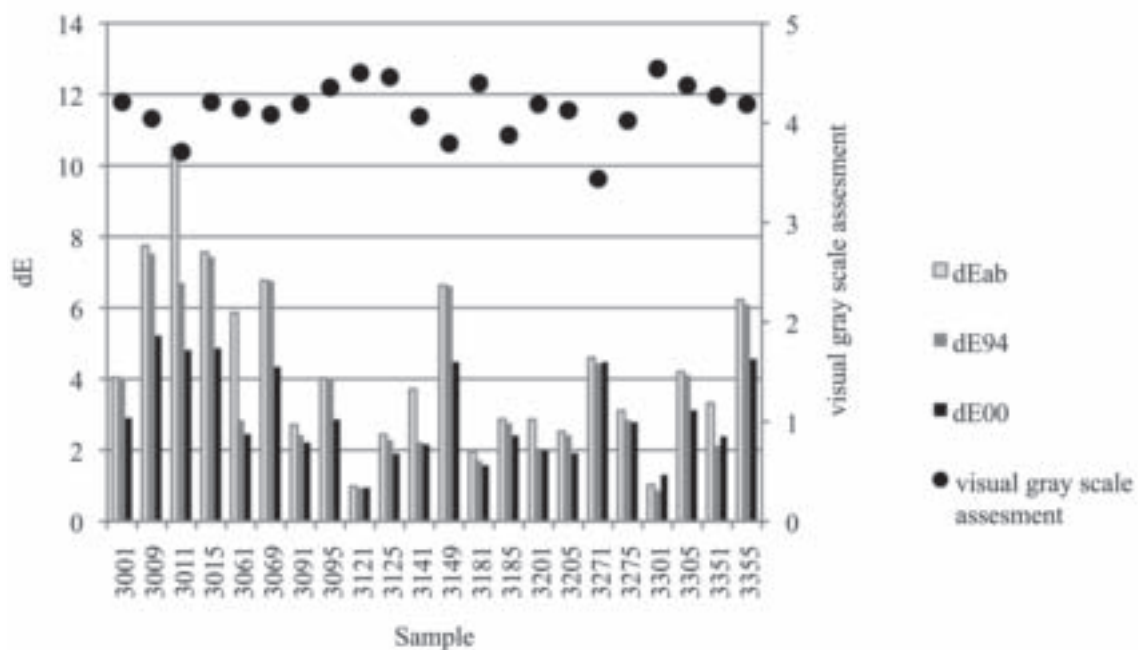


Figure 5: Matching of visual observation with color differences calculated with three equations. Measurements were performed with spectrophotometer Spectraflash SF600 (Datacolor);  $dE_{ab}$ ,  $dE_{94}$  and  $dE_{00}$ .

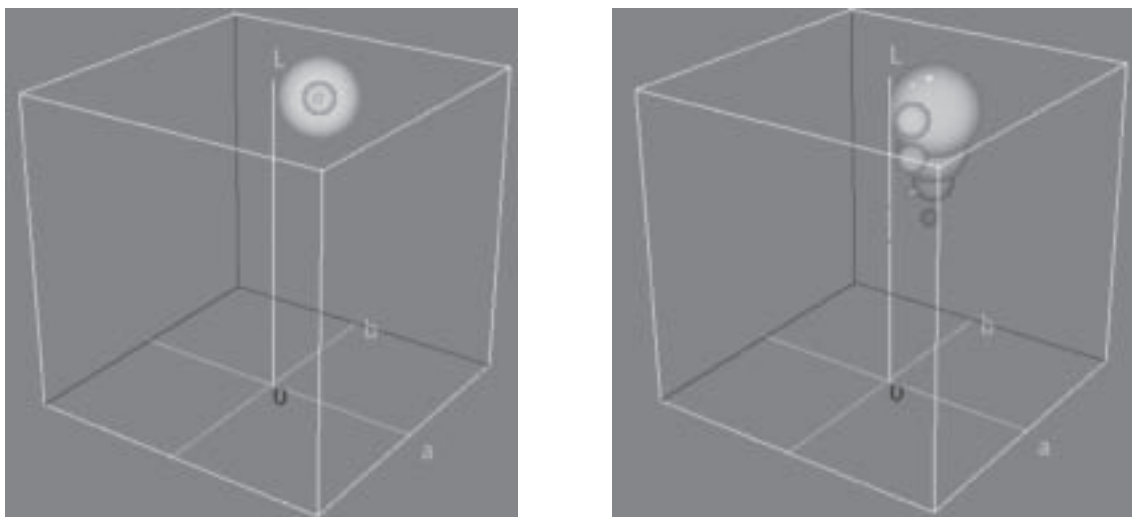


Figure 6: The color (3011) displayed in 3D color space: a) color chart, b) facade surface.

dini svetlostne osi. To je tudi dokaz, da je oko občutljivejše za spremembe v svetlih barvah in da le-te lažje oziroma hitreje zazna.

## 4 Zaključek

Iz rezultatov raziskave je razvidno, da je najprimernejša enačba za izračun barvnih razlik na fasadnih površinah ter za primerja-

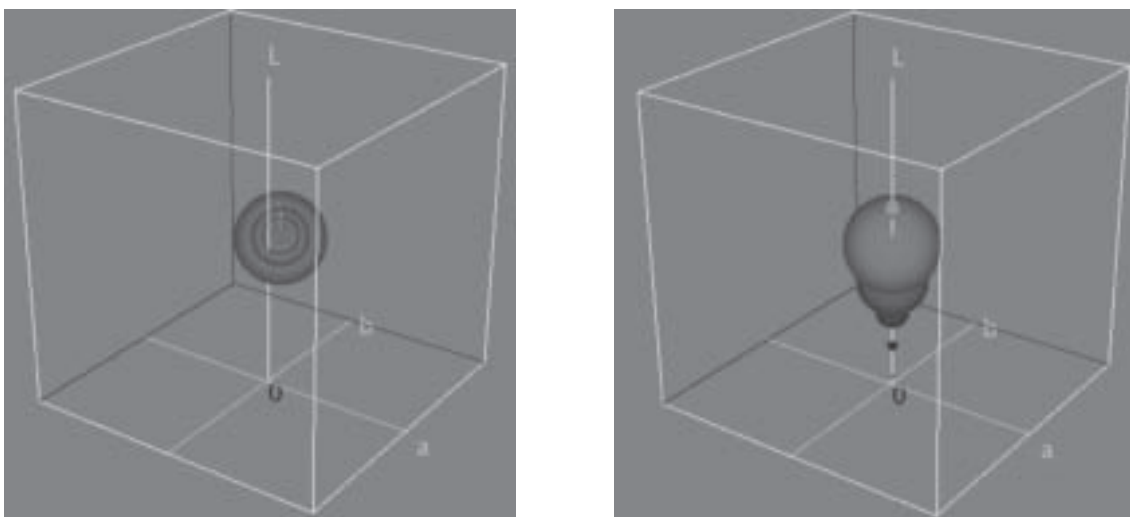


Figure 7: The color (3121) displayed in 3D color space: a) color chart, b) facade surface.

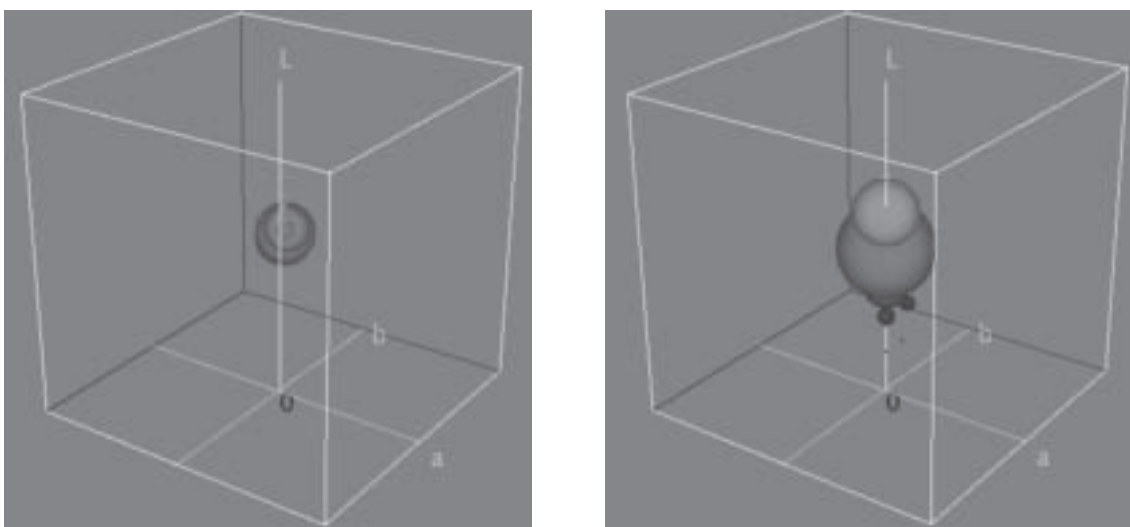


Figure 8: The color (3301) displayed in 3D color space: a) color chart, b) facade surface.

vo barve fasadnih površin in predloge v barvni karti enačba CI-EDE2000, najmanj primerna pa enačba CIELAB. Ugotovljeno je bilo, da je spektrofotometer Spectraflash SF600 (Datacolor) ustrežnejši za primerjavo barve hrapavih fasadnih površin in predloge v barvnih kartah. Vrednotenje barvnih razlik na podlagi meritev s spektrofotometrom je objektivnejše od vrednotenja na podlagi sive skale, saj so rezultati natančnejši, vendar pa je vrednotenje na podlagi sive skale cenejše, in kot kažejo naši rezultati, dokaj zanesljivo. Iz tega lahko sklepamo, da je barvo fasade mogoče izbrati s pomočjo barvne karte. Za natančnejše in objektivnejše rezultate pa je potrebna uporaba ustreznega spektrofotometra. Z analizo barve vzorcev z vtičnikom Color Inspector 3D (v2.3) smo potrdili ugotovitve, dobljene z vizualno oceno.

## 5 Literatura

1. *Color Physics for Industry*. Ed.: McDonald, R. Society of Dyers and Colorists, Bradford, 1987.
2. GOLOB, V., GOLOB, D. Teorija barvne metrike. In: *Interdisciplinarnost barve – V znanosti*. Ed.: Jeler, S. Kumar, M. Društvo koloristov Slovenije, Maribor, 2001.
3. BRAČKO, S., ĐORĐEVIĆ, D. *Merjenje barv: vaje*. Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 2009.
4. CIE. *Colorimetry*, CIE Technical Report 15 – 2004, 3<sup>rd</sup> Edition, p. 16–21.
5. *Graphic technology – Spectral measurement and colorimetric computation for graphic arts images*. ISO 13655:1996.
6. *Tehnični listi podjetja Baunit d. o. o.* Plemeniti silikonski ometi, Plemeniti akrilni ometi, Plemeniti silikatni ometi.
7. LUO, M. R., CUI, G., RIGG, B. The Development of the CIE 2000 Color Difference Formula: CIEDE2000. *Color research and application*, 2001, vol. 26, no. 5, p. 340–350.
8. Textiles – Tests for color fastness – Part A02: *Grey scale for assessing change in color*. ISO 105 – A02: 1993.
9. RASBAND, W. S. (1997–2009): ImageJ, U. S. National Institutes of Health. Web: <http://rsb.info.nih.gov/ij/> [accessed: 5. 1. 2009].
10. <http://rsb.info.nih.gov/ij/plugins/color-inspector.html> [accessed: 5. 1. 2009].

### *Influence of Particle Size of The Silver on Bactericidal Activity of the Cellulose Fibres*

Original scientific paper

Received June 2009 • Accepted August 2009

#### Abstract

*The aim of the study was to determine the influence of the particle size of silver in different antimicrobial agents on its bactericidal activity. Three commercial products were used, a dispersion of silver chloride (agent Ag-1), an elemental nanosilver in the form of a powder (agent Ag-2) and a colloidal silver (agent Ag-3). A dispersion of the agent Ag-2 was prepared just before its use. The agents were applied on cotton fabric according to the exhaustion method. As determined by scanning electron microscopy, the size of the silver particles in dispersion as well as on the finished samples of the fabric was classified as follows: agent Ag-1  $\approx$  agent Ag-3  $\gg$  agent Ag-2. The concentration of silver on the fibres was determined by the inductively coupled plasma mass spectroscopy and amounted to 138 mg/kg for agent Ag-1, 116 and 350 mg/kg for agent Ag-2 and 130 mg/kg for agent Ag-3. The bactericidal activity of the finishes was studied by bacterial reduction for the bacteria species *Escherichia coli*. The results showed that at resembling concentrations on the fibres, agents Ag-1 and Ag-3 caused a complete reduction of growth of *Escherichia coli*,*

---

Vodilni avtor/corresponding author:

Brigita Tomšič

tel.: +386 1 200 32 32

e-mail: brigita.tomsic@ntf.uni-lj.si

---

Brigita Tomšič

Oddelek za tekstilstvo, Naravoslovnotehniška fakulteta,  
Univerza v Ljubljani

## Vpliv velikosti delcev srebra na baktericidno učinkovitost celuloznih vlaken

### *Izvirni znanstveni članek*

Poslano junij 2009 • Sprejeto avgust 2009

#### Izvleček

Namen raziskave je bil določiti vpliv velikosti delcev srebra in srebrovih spojin v različnih tržnih produktih na njihovo baktericidno učinkovitost. Uporabljeni so bili trije tržni produkti, in sicer disperzija srebrovega klorida (sredstvo Ag-1), elementno nanosrebro v prahu (sredstvo Ag-2) in koloidno srebro (sredstvo Ag-3). Disperzija sredstva Ag-2 je bila pripravljena tik pred uporabo. Sredstva so bila nanesena na bombažno tkanino po izčrpalnem postopku. Delci srebra tako v disperziji kot tudi na apretiranih vzorcih tkanine, ki so bili preučevani z vrstično elektronsko mikroskopijo, so bili po velikosti razvrščeni na naslednji način: sredstvo Ag-1  $\approx$  sredstvo Ag-2-a  $\gg$  sredstvo Ag-3. Koncentracija srebra na vlaknih je bila določena z masno spektrometrijo z vzbujanjem v induktivno sklopljeni plazmi in je za sredstvo Ag-1 znašala 138 mg/kg, za sredstvo Ag-2 116 in 350 mg/kg ter za sredstvo Ag-3 130 mg/kg. Baktericidne lastnosti apretur so bile določene na podlagi bakterijske redukcije za bakterijsko vrsto *E. coli*. Iz rezultatov raziskave je bilo razvidno, da sta sredstvi Ag-1 in Ag-3 pri podobnih koncentracijah povzročili popolno redukcijo rasti *E. coli*, sredstvo Ag-2 pa le 36 % redukcijo. Slednja se tudi po trikratnem povečanju koncentracije srebra ni povečala do te mere, da bi preseгла 60 %. Iz rezultatov sledi, da na protimikrobno aktivnost srebra v preučevanih sredstvih ne vplivata le velikost delcev in njihova koncentracija, temveč tudi kemijska oblika srebra.

**Ključne besede:** bombažna tkanina, protimikrobna apretura, srebro, oblika srebra, bakterijska redukcija.

while only 36% of bacterial reduction was determined for agent Ag-2. Even after increasing the concentration of silver by three times, the bacterial reduction did not increase to such an extent to exceed 60%. Therefore, it can be concluded that the antibacterial activity of silver in the studied agents it is not influenced only by the particle size and their concentration, but also by the chemical form of silver.

**Keywords:** cotton fabric, antimicrobial finishing, silver, silver form, bacterial reduction.

## 1 Introduction

Heavy metals take an important place among antimicrobial agents. Namely, due to their inorganic nature, the probability of microorganisms to develop a resistance to such substances is unlikely [1]. Among heavy metals, silver is the most represented and studied, even though copper, zinc and cobalt are antimicrobially active as well [2–13]. Silver acts biocidally on many different microorganisms, such as Gram-positive and Gram-negative bacteria, fungi, protozoa and certain viruses. Due to a broad spectrum of antimicrobial activity, biologic compatibility and low toxicity, silver is being used in many economic fields and is also highly valued in the production of textiles with antimicrobial properties [14–38].

Silver can be found in many different forms on the market, mostly as hardly soluble salts, such as AgCl and AgNO<sub>3</sub>, as elemental nanosilver with different particle dimensions or as colloidal silver. While commercially available products of silver salts and colloidal silver are stable dispersions or colloidal solutions, elemental silver, which exists in the form of a powder, needs to be preliminary dispersed in water. Products differ among each other in particle size and in the concentration of silver which directly influences their antimicrobial activity.

It can be seen from literature that silver ions, Ag<sup>+</sup>, as well as silver nanoparticles Ag NPs, act antimicrobially [3, 4, 10, 13, 21, 22, 26, 30, 39–41]. Namely, the Ag<sup>+</sup> ions are being released by the dissociation of the silver salt in water, such as (Equation 1), or by the oxidation of particles of elemental silver in the presence of water and

## 1 Uvod

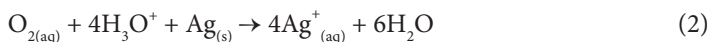
Med protimikrobnimi sredstvi zavzemajo težke kovine pomembno mesto, saj je zaradi njihove anorganske narave verjetnost prilagoditve mikroorganizmov nanje majhna [1]. Čeprav so protimikrobno aktivni baker, cink in kobalt, je med težkimi kovinami daleč najširše zastopano in preučevano srebro [2–13]. Srebro deluje biocidno na mnoge mikroorganizme, kot so grampozitivne in gramnegativne bakterije, glive, protozoji ter nekateri virusi. Zaradi širokega spektra delovanja, biološke kompatibilnosti in majhne toksičnosti za ljudi [14] sega uporaba srebra na različna gospodarska področja, pri čemer se je zelo uveljavilo tudi pri izdelavi tekstilij s protimikrobnimi lastnostmi [14–38].

Na tržišču je srebro kot protimikrobno sredstvo v različnih oblikah, največkrat kot težko topna sol, na primer AgCl in AgNO<sub>3</sub>, kot elementno nanosrebro različnih dimenzij ali kot koloidno srebro. Medtem ko so tržni produkti srebrovih soli in koloidnega srebra stabilne disperzije oziroma koloidne raztopine, je potrebno elementno srebro, ki je v prahu, predhodno dispergirati v vodi. Produkti se med seboj razlikujejo v velikosti delcev in koncentraciji srebra, kar neposredno vpliva na njihovo protimikrobno učinkovitost.

Iz literaturnih virov je razvidno, da protimikrobno delujejo tako srebrovi kationi, Ag<sup>+</sup>, kot nanodelci srebra, Ag NPs [3, 4, 10, 13, 21, 22, 26, 30, 39–41]. Ag<sup>+</sup> se sproščajo pri disociaciji srebrove soli, raztopljene v vodi, na primer:



ali pri oksidaciji delcev elementnega srebra v prisotnosti vode in kisika, kot prikazuje naslednja reakcija [40, 41]:



Ag NPs so v vodi netopni delci s premerom, manjšim od 100 nm. Pridobivajo se z raztapljanjem srebrovih soli (največkrat AgNO<sub>3</sub>) in naknadno redukcijo srebrovih ionov z ustreznim reducentom, pri čemer poteče reakcija [3, 4, 21, 22, 26, 30]:



Na tak način nastane koloidno srebro, ki je v vodi v obliki stabilne disperzije oziroma koloidne raztopine.

Mehanizmi protimikrobne aktivnosti Ag<sup>+</sup> in Ag NPs, ki so predstavljeni v literaturnih virih, se med seboj le malo razlikujejo. Viri namreč razlagajo, da lahko Ag<sup>+</sup> in Ag NPs tvorijo privlačne interakcije z negativno nabito celično membrano bakterij, zaradi majhnosti delcev oziroma kationov pa prodrejo tudi v notranjost celice, kjer se vežejo na tiolne skupine encimov in nukleinske kisline [3, 6, 10, 13, 39, 42]. Vezanje srebra na mikroorganizem vpliva tako na

oxygen, as it is shown in the next reaction [40, 41] (Equation 2).

*In water Ag NPs are insoluble particles with a diameter smaller than 100 nm. They are acquired by dissolving the silver salts (most often  $\text{AgNO}_3$ ) and the subsequent reduction of silver ions by the proper reducing agent following this reaction [3, 4, 21, 22, 26, 30] (Equation 3).*

*In this way the colloidal silver, which is found in water in the form of a stable dispersion or a colloidal solution, is formed.*

*Only a small difference can be perceived in the mechanisms of the antimicrobial activity of the  $\text{Ag}^+$  and Ag NPs in literary sources. Namely, both  $\text{Ag}^+$  as well as Ag NPs can form attractive interactions with negatively charged membranes of bacteria. Moreover, due to the small size of the particles or cations, they can also penetrate inside the cell where they bond with thiol groups of enzymes or nucleic acid [3, 6, 10, 13, 39, 42]. The bonding of silver on microorganism influences the structure and the permeability of the cell membrane, as well as its normal metabolic and reproduction activity, which eventually cause microorganism's death. From the results of previous studies, it can be seen that Ag NPs are generally more antimicrobially active compared to  $\text{Ag}^+$  [43]. The activity of Ag NPs is directly influenced by the morphology of the particles. Hence, smaller particles have larger specific surface area by which they can form interactions and are therefore more antimicrobially active compared to greater Ag NPs with a smaller specific surface area [41, 42, 44, 45]. If the particles are small enough, not only, can they form interactions with the surface of the cell membrane, but they can also penetrate inside the cell, where they oxidise to  $\text{Ag}^+$  in the presence of oxidant agents, which additionally contributes to their bactericidal activity [42, 46].*

*The diverse choice of commercial antimicrobial products based on silver compounds and especially the lack of data comparing their antimicrobial activities in the literature encouraged us to study the influence of particle size and concentration of silver on textile fibres on its bactericidal activity. In the research, three commercial products in comparable concentrations were included, these are a dispersion of  $\text{AgCl}$ ,*

strukturo in prepustnost membrane, ki obdaja celico mikroba, kot tudi na normalne metabolične in reprodukcijske aktivnosti celice mikroba, kar povzroči njeno uničenje. Iz rezultatov dosedanjih raziskav lahko razberemo, da so Ag NPs na splošno protimikrobno učinkovitejši kot  $\text{Ag}^+$  [43]. Njihova aktivnost je neposredno odvisna od morfologije delcev. Manjši Ag NPs imajo večjo specifično površino, s katero lahko tvorijo interakcije, in so zato protimikrobno učinkovitejši kot večji Ag NPs [41, 42, 44, 45]. Če so delci dovolj majhni, ne tvorijo le interakcij s površino celične membrane mikroorganizma, temveč celo prehajajo v notranjost celice [42]. V notranjosti celice se lahko v prisotnosti oksidantov oksidirajo v  $\text{Ag}^+$ , kar dodatno prispeva k njihovemu bakteriocidnemu delovanju [42, 46].

Raznolikost izbire tržnih produktov protimikrobnih sredstev na podlagi srebrovih spojin in elementnega srebra ter predvsem pomanjkanje literaturnih podatkov o primerjavi njihovih protimikrobnih učinkovitosti sta nas spodbudila, da smo v raziskavi preučili vpliv velikosti delcev in koncentracije srebra na tekstilnih vlaknih na njegovo bakteriocidno učinkovitost. V raziskavo smo vključili tri tržne produkte v primerljivih koncentracijah, in sicer disperzijo  $\text{AgCl}$ , nanosrebro v prahu velikosti delcev 30 nm in koloidno srebro.

## 2 Eksperimentalni del

### 2.1 Tkanina in apreturna sredstva

V raziskavi smo uporabili 100 % bombažno tkanino v vezavi platno s ploščinsko maso  $164 \text{ g/m}^2$ , gostoto osnove 28 niti/cm in gostoto votka 24 niti/cm. Tkanina je bila predhodno beljena s  $\text{H}_2\text{O}_2$ , mercerizirana v raztopini  $\text{NaOH}$  in nevtralizirana z razredčeno  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

Med protimikrobnimi sredstvi smo izbrali tržni produkt iSys Ag (BEZEMA, Švica), ki je disperzija srebrovega klorida in se nanaša v kombinaciji z organsko-anorganskim zamreževalom iSys MTX istega proizvajalca (sredstvo Ag-1), Silver Nano Powder NP-30 (Ames Goldsmith Corporation), ki je elementno srebro v prahu s povprečno velikostjo delcev 30 nm (sredstvo Ag-2), in Ionosil (Ion Silver, Švedska), ki je koloidno srebro s povprečno velikostjo delcev manj kot 10 nm (sredstvo Ag-3). Sredstvo Ag-1 smo pripravili v koncentraciji 3 g/l iSys Ag in 15 g/l iSys MTX na tak način, da smo tržna produkta ustrezno razredčili z vodo. Disperzijo sredstva Ag-2 smo pripravili v dveh koncentracijah, in sicer 20 (sredstvo Ag-2-a) in 100 mg/l (sredstvo Ag-2-b) produkta Silver Nano Powder NP-30 ob dodatku 2 g/l dispergirnega sredstva Setamol WS (BASF, Nemčija), ki je kondenzacijski produkt naftalen sulfonata s formaldehidom. Da bi bila disperzija čim stabilnejša, smo jo pred uporabo 10 minut obdelovali v ultrazvočni kadički pri frekvenci 50 kHz in temperaturi  $25^\circ\text{C}$ . Sredstvo Ag-3 smo uporabili koncentrirano in ga predhodno nismo redčili z vodo.

nanosilver in the form of powder with particle size of 30 nm and colloidal silver.

## 2 Experimental

### 2.1 Fabric and finishing agents

Plain-weave 100% cotton fabric with a mass of 164 g/m<sup>2</sup>, warp density of 28 yarns/cm and weft density of 24 yarns/cm was used in the experiments. In a pre-treatment process the fabric was bleached and mercerised.

Among antimicrobial agents, commercial products iSys Ag (BEZEMA, Switzerland), which is a dispersion of silver chloride and is applied in a combination with inorganic-organic binder iSys MTX (BEZEMA, Switzerland) (agent Ag-1), Silver nano Powder NP-30 (Ames Goldsmith Corporation), which is an elemental silver in the form of powder with average particle size of 30 nm (agent Ag-2) and Ionosil (Ion Silver, Sweden), which is a colloidal silver with average particle size smaller than 10 nm (Agent Ag-3), were chosen. Agent Ag-1 was prepared by making a proper water dilution of a mixture composed of 3g/l of iSys Ag and 15 g/l of iSys MTX. A dispersion of agent Ag-2 was prepared by using two concentrations, i. e. 20 (agent Ag-2-a) and 100 mg/l (agent Ag-2-b) of Silver Nano Powder NP-30 with the addition of 2 g/l of dispersing agent Setamol WS (BASF, Germany), which is a condensation product of naphthalen sulphonate and formaldehyde. In order to obtain a dispersion with silver particles as small as possible, the latter was treated with an ultra sound for 10 minutes at a frequency of 50 Hz and a temperature of 25 °C. An agent Ag-3 was used as supplied.

### 2.2 Application of finishing agents on Si-waffer and cotton fabric

Silicon (Si) wafers were coated with dispersions of agents Ag-1, Ag-2 and Ag-3 according to the deep-coating technique. Afterwards, the Si-wafers were air dried and heat treated for 5 minutes at 150 °C.

The finishing of cotton fabric with the agents Ag-1, Ag-2 and Ag-3 of proper concentration were carried out by the exhaustion method in a Launder-ometer for 30 minutes in a liquid ratio of 1:50 at a temperature of 25 °C. Afterwards,

### 2.2 Nanos apreturnih sredstev na silicijevo ploščico in bombažno tkanino

Silicijeve (Si) ploščice smo potopili v disperzije sredstev Ag-1, Ag-2-a in Ag-3, jih počasi izvlekli, posušili in segrevali 5 minut pri 150 °C v sušilniku.

Apretiranje bombažne tkanine s sredstvi Ag-1, Ag-2 in Ag-3 ustreznih koncentracij smo izvedli po izčrpalnem postopku v Launder-ometru 30 minut v kopelnem razmerju 1 : 50 pri temperaturi 25 °C. Po impregniranju smo vzorce oželi na dvovaljčnem fularju s 100 % ožemalnim učinkom in jih posušili v razpenjalnem sušilniku pri temperaturi 120 °C. Vzorec, apretiran z disperzijo srebrovega klorida, smo naknadno še kondenzirali 1 minuto pri temperaturi 150 °C. Pri tej temperaturi je prišlo do zamreženja organsko-anorganskega zamreževala.

### 2.3 Metode preiskav

#### Vrstična elektronska mikroskopija (SEM)

Morfološke lastnosti apreturnih filmov sredstev Ag-1, Ag-2 in Ag-3 na Si-ploščici in bombažni tkanini smo določili z uporabo vrstičnega elektronskega mikroskopa JEOL JSM 5800. Da bi preprečili nabijanje električno neprevodnih delov vzorca, smo na površino vzorca nanесли tanko plast ogljika (približno 20 nm). Analizo smo izvedli z uporabo energije elektronov 10 keV, gostoto toka elektronov 200 do 500 pA in nagibom vzorca 35°. Topografijo površine vzorca in plast na prelomu vzorca smo opazovali tako s sekundarnimi (SE) kot tudi povratno sipanimi primarnimi elektroni (BSE). Sliko, ki je nastala z BSE-elektroni, smo uporabili za razlikovanje nanosenih apreturnih delcev od bombažnih vlaken in drugih nečistoč.

#### Masna spektroskopija z induktivno sklopljeno plazmo (ICP-MS)

Koncentracijo srebra na apretiranih vzorcih tkanine smo določili z ICP-MS na spektrofotometru Perkin Elmer SCIEX Elan DRC. Vzorec velikosti 0,5 g smo pripravili v mikrovalovnem sistemu Milestone s kislinsko dekompozicijo s 60 % HNO<sub>3</sub> in 30 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

#### Bakterijska redukcija

Bakterijsko redukcijo vzorcev tkanine, apretiranih s sredstvi Ag-1, Ag-2 in Ag-3, smo izvedli za bakterijsko vrsto *Escherichia coli* (ATCC 25922) po standardni metodi AATCC 100-1999. Vzorec tkanine smo prenesli v erlenmajerico, ga prelili s suspenzijo bakterij določene koncentracije in inkubirali pri temperaturi 37 °C 24 ur. Po inkubaciji smo vzorec prelili s 100 ml sterilne destilirane vode, 1 minuto intenzivno stresali in suspenzijo ustrezno razredčili. Razredčino smo razmazali na agar plošče in inkubirali 24 ur pri 37 °C. Po inkubaciji smo prešteli bakterijske kolonije in izračunali bakterijsko redukcijo, R, iz naslednje enačbe:

$$R = \frac{B - A}{B} \times 100 [\%] \quad (4)$$

the samples were wrung by a wet-pick-up of  $80 \pm 1\%$  and dried at  $120^\circ\text{C}$ . The sample finished by a dispersion of silver chloride was subsequently cured at  $150^\circ\text{C}$  for 1 minute in order to achieve the crosslinking of the inorganic-organic binder.

### 2.3 Analysis and measurements

#### Scanning electron microscopy (SEM)

The morphology of the finishing films of agents Ag-1, Ag-2 and Ag-3 on Si wafer and cotton fabric was determined by the JEOL JSM 5800 scanning electron microscope. The samples were coated with  $\approx 20\text{-nm}$ -thick carbon layer to ensure sufficient electrical conductivity and to avoid charging effects. Analyses were performed using a  $10\text{-keV}$  electron beam, 200 to 500 pA

A je število bakterijskih kolonij v suspenziji po 24 urah stika suspenzije z vzorcem apretirane tkanine in B število bakterij v suspenziji po 24 urah stika suspenzije z neapretirano tkanino. Za zadovoljivo protimikrobno delovanje sredstva mora vrednost  $R$  preseči 60 %. Za vsak vzorec tkanine smo opravili dve ponovitvi.

## 3 Rezultati z razpravo

Na sliki 1 sta prikazana SEM-posnetka apretiranih filmov sredstev iSys Ag in Ag-2-a na Si-ploščicah. Na njih je jasno vidna prisotnost kristalov AgCl v sredstvu Ag-1 (slika 1A) kot tudi manjših in večjih aglomeratov nanodelcev srebra v primeru sredstva Ag-2 (slika 2B). Ker pri sredstvu Ag-3 na Si-ploščici nismo mogli opaziti nobenih sledi srebra, smo iz tega sklepali, da je bil nanos delcev koloidnega srebra na Si-ploščico premajhen, da bi delce lahko opazili pod mikroskopom.

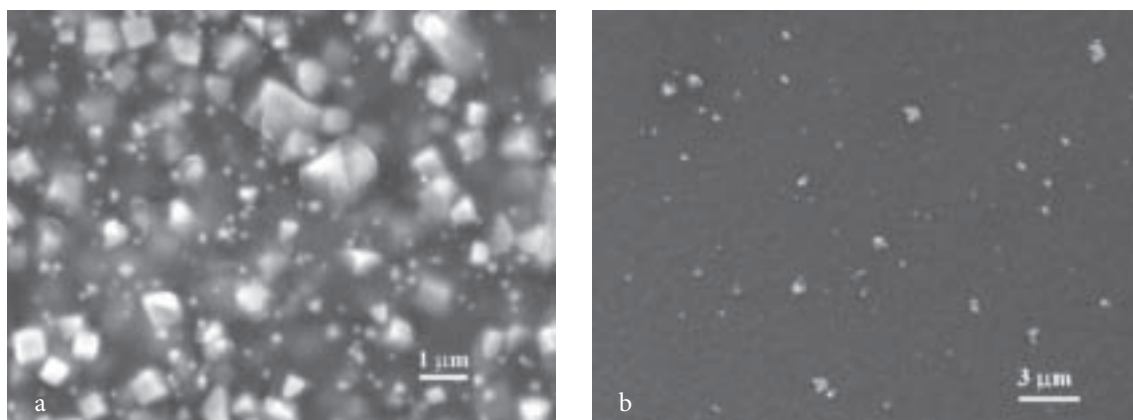


Figure 1: SEM images of Ag-1 (A) and Ag-2-a (B) films on the Si-wafers.

beam current and X-ray spectra acquisition under a  $35^\circ$  take-off angle. SEM micrographs were recorded using both secondary electron (SE) and backscattered electron (BSE) imaging modes. BSE compositional (Z-contrast) imaging was applied to emphasize and expose the difference between the added particles and the cotton fibre-matrix.

#### Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)

The concentration of silver on finished cotton samples was determined by ICP-MS on a Perkin Elmer SCIEX Elan DRC spectrophotometer. A sample of 0.5 g was prepared in the Milestone microwave system with an acid decomposition using 60%  $\text{HNO}_3$  and 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

SEM-posnetki so razkrili prisotnost srebra tudi na celuloznih vlaknih (slika 2). V primeru sredstva Ag-1 so bili delci kristalov AgCl krogelne oblike in velikosti od 100 do 500 nm ter tudi večji (slika 2A). Za sredstvo Ag-2-a smo tako kot na Si-ploščici tudi na vlaknih poleg manjših delcev velikosti od 100 do 300 nm zasledili večje skupke, ki so v nekaterih primerih dosegli celo velikosti od 1 do 5  $\mu\text{m}$  (slika 2B). Slednji so nastali kljub uporabi dispergirnega sredstva in obdelovanju impregnirne kopeli z ultrazvokom. Na slikah 2A in 2B lahko vidimo, da je porazdelitev srebrovih delcev po vlaknih dokaj neenakomerna, še posebej v primeru disperzije nanosrebra v prahu, in to kljub temu, da smo disperziji nanесли po izčrpalnem postopku, ki v primerjavi z impregnirnim postopkom omogoča boljše kroženje impregnirne kopeli okrog bombažne tkanine in s tem doseglo enakomernejšega nanosa. Sredstvo Ag-3 se je po vlaknih razporedilo veliko enakomerneje (slika 2C) kot sredstvi Ag-1 in Ag-2. Tudi velikost delcev je bila veliko manjša in je le v redkih primerih presegla 20 nm. Na podlagi SEM-posnetkov

### Reduction of bacteria

The antibacterial activity of the samples treated by the finishing agents Ag-1, Ag-2 and Ag-3 was determined according to the AATCC 100-1999 standard method, for bacterium *Escherichia coli* (ATCC 25922). A sample of the finished cotton was put into the Erlenmeyer flask and inoculated with a nutrient broth culture containing a certain amount of bacteria and incubated at 37 °C for 24 hours. After incubation, the bacteria were eluted from the swatches by shaking them in 100 ml of neutralizing solution for 1 minute. After making serial dilutions, the suspensions were plated on nutrient agar and incubated at 37 °C for 24 hours. Afterwards, the number of bacteria forming units (CFU) was counted, and the reduction of bacteria,  $R$ , was calculated from (Equation 4), where  $A$  is the CFU recovered from the inoculated finished cotton sample swatch in the jar incubated over the desired contact period (24 hours), and  $B$  is the CFU recovered from the inoculated unfinished cotton sample swatch in the jar incubated over the desired contact period (24 hours). In order to achieve satisfying antimicrobial activity the value  $R$  must exceed 60%. For each finished cotton fabric, two treatments were performed.

### 3 Results and discussion

In figure 1, SEM images of coating films of agents iSys Ag and Ag-2 on Si-wafers are shown. In the case of agent Ag-1, the presence of AgCl crystals is clearly seen (figure 1A), while in the case of agent Ag-2 smaller and larger agglomerates of silver nanoparticles were observed (figure 1B). In the case of agent Ag-3 no trace of silver was noticed on the Si-wafer. Therefore, it was inferred that the application of particles of colloidal silver on Si-wafer was too small to be seen by a microscope. Namely, according to the manufacturer's declaration, the concentration of silver in the colloidal solution was only 10 mg/kg.

SEM images revealed the presence of silver on cellulose fibres as well (figure 2). In the case of agent Ag-1 the particles of AgCl crystals were spherical in shape with the size ranging from 100 to 500 nm (figure 2A). Larger agglomerates

smo lahko brez večjih napak velikosti delcev srebra na apretiranih tkaninah razvrstili na naslednji način: sredstvo Ag-1  $\approx$  sredstvo Ag-2-a >> sredstvo Ag-3.

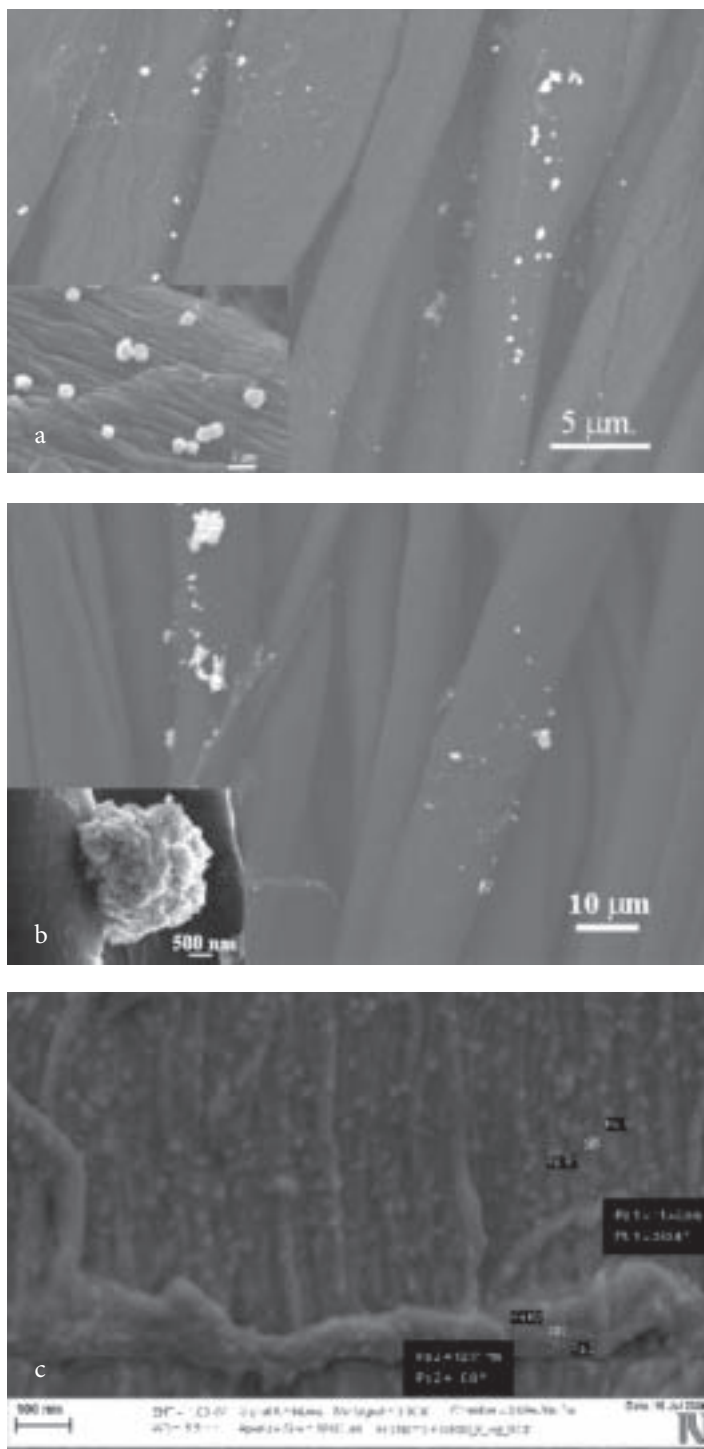


Figure 2: SEM images of a cotton fabric finished by agents Ag-1 (A), Ag-2-a (B) and Ag-3 (C).

ranging from 1 to 5  $\mu\text{m}$  were observed for agent Ag-2 on Si-wafer as well as on cotton fibres beside smaller particles ranging from 100 to 300 nm (figure 2B). They were formed despite the use of dispersing agent and treatment of finishing bath by ultrasound. From figures 2A and 2B it can be also seen that the distribution of silver particles on textile fibres was rather non-uniform, which especially holds for dispersion of nanosilver in the form of a powder and it occurred even though an exhausting method of application was used in both cases. Namely, compared to the impregnation, the exhausting method enables better circulation of finishing bath around the cotton fabric which reflects in achieving a more uniform application. On the other hand, compared to the agents Ag-1 and Ag-2, the application of the agent Ag-3 was more uniform. In this case the size of the particles was also much smaller and it rarely exceeded 20 nm. Therefore, based on SEM images, the particle size of the silver on the finished fabrics can be classified as follows: agent Ag-1  $\approx$  agent Ag-2  $\gg$  agent Ag-3.

The concentration of silver on the finished cotton samples, which was determined by ICP-MS analysis, reached 138 mg/kg for agent Ag-1, 116 mg/kg for agent Ag-2-a and 130 mg/kg for agent Ag-3. In spite of the similar concentration of silver on the fibres, the results of antimicrobial activity of the studied agents varied among each other surprisingly. While agents Ag-1 and Ag-3 caused perfect 99–100% growth reduction of bacteria *E. coli*, the bacterial reduction of the sample finished by agent Ag-2 was only 36% (figures 3 and 4). Even after increasing the concentration of agent Ag-2-a on the fibres by three times (this was obtained by the use of agent Ag-2-b where the concentration of silver on the fibres was 350 mg/kg), the bacterial reduction did not change essentially and did not exceed the limit value for achieving satisfactory antimicrobial activity, i.e. 60% (figure 3). These results show that agent Ag-1 was far more antimicrobially active compared to agent Ag-2, even though comparable particle size of the silver was determined on the fibres by SEM analysis. Hence, it can be seen that in this case neither the size nor the concentration of the particles of silver have influenced their antimicrobial activity.

Z analizo ICP-MS apretiranih vzorcev tkanine smo določili koncentracijo srebra na celuloznih vlaknih, ki je znašala 138 mg/kg za sredstvo Ag-1, 116 mg/kg za sredstvo Ag-2-a in 130 mg/kg za sredstvo Ag-3. Kljub podobnim koncentracijam srebra na vlaknih so se rezultati protimikrobne učinkovitosti sredstev med seboj presenetljivo razlikovali. Medtem ko smo z uporabo sredstev Ag-1 in Ag-3 dobili odlično 99–100 % redukcijo rasti bakterije *E. coli*, pa je bila bakterijska redukcija vzorca, apretiranega s sredstvom Ag-2-a, le 36 % (sliki 3 in 4). Tudi po trikratnem zvišanju koncentracije tega sredstva na vlaknih, ki smo ga dosegli z uporabo sredstva Ag-2-b, ko je koncentracija znašala 350 mg/kg, se bakterijska redukcija ni bistveno povečala, saj je dosegla le vrednost 60 % (slika 3), ki predstavlja mejno vrednost za zadovoljivo protimikrobno zaščito. Iz teh rezultatov je razvidno, da je sredstvo Ag-1 protimikrobno veliko aktivnejše kot Ag-2, in to kljub temu, da smo za obe sredstvi s SEM-analizo določili primerljive velikosti delcev na vlaknih. Iz tega sledi, da v tem primeru niti velikost delcev niti koncentracija srebra nista tisti, ki bi odločilno vplivali na protimikrobno učinkovitost sredstev.

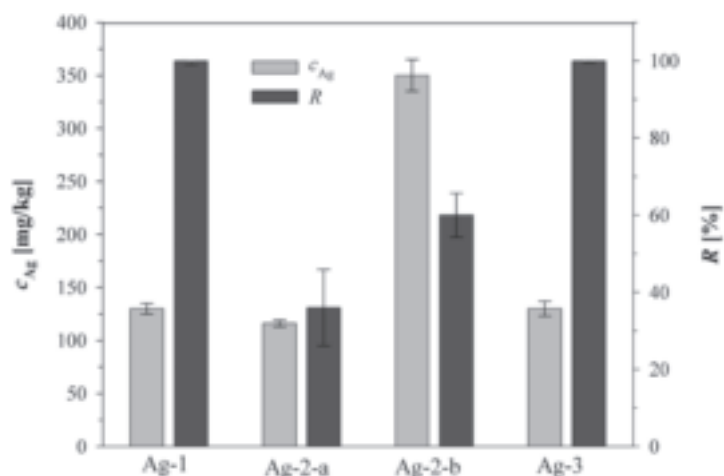


Figure 3: The concentration,  $c$ , of silver on the samples treated by the studied agents and the bacterial reduction,  $R$ , determined according to the AATCC 100-1999 Standard method for bacterium *Escherichia coli*.

Razlike v bakterični aktivnosti sredstev Ag-1 in Ag-2 smo lahko smiselno razložili na podlagi razlik v njuni kemijski strukturi. Sredstvo Ag-1 je disperzija soli AgCl, sredstvo Ag-2 pa je disperzija elementnega srebra,  $\text{Ag}^0$ . Medtem ko je za protimikrobno učinkovitost sredstva Ag-1 odločilna koncentracija  $\text{Ag}^+$ , ki se sprostijo s površine kristalov soli v prisotnosti vode (reakcija 1), je protimikrobna učinkovitost sredstva Ag-2 povezana tako z biocidnim delovanjem Ag NPs kot tudi s sproščanjem  $\text{Ag}^+$  s površine elementnega srebra v reakciji oksidacije, ki poteče v prisotnosti vode in kisika (reakcija 2). Vendar pa so rezultati SEM-analize pokaza-

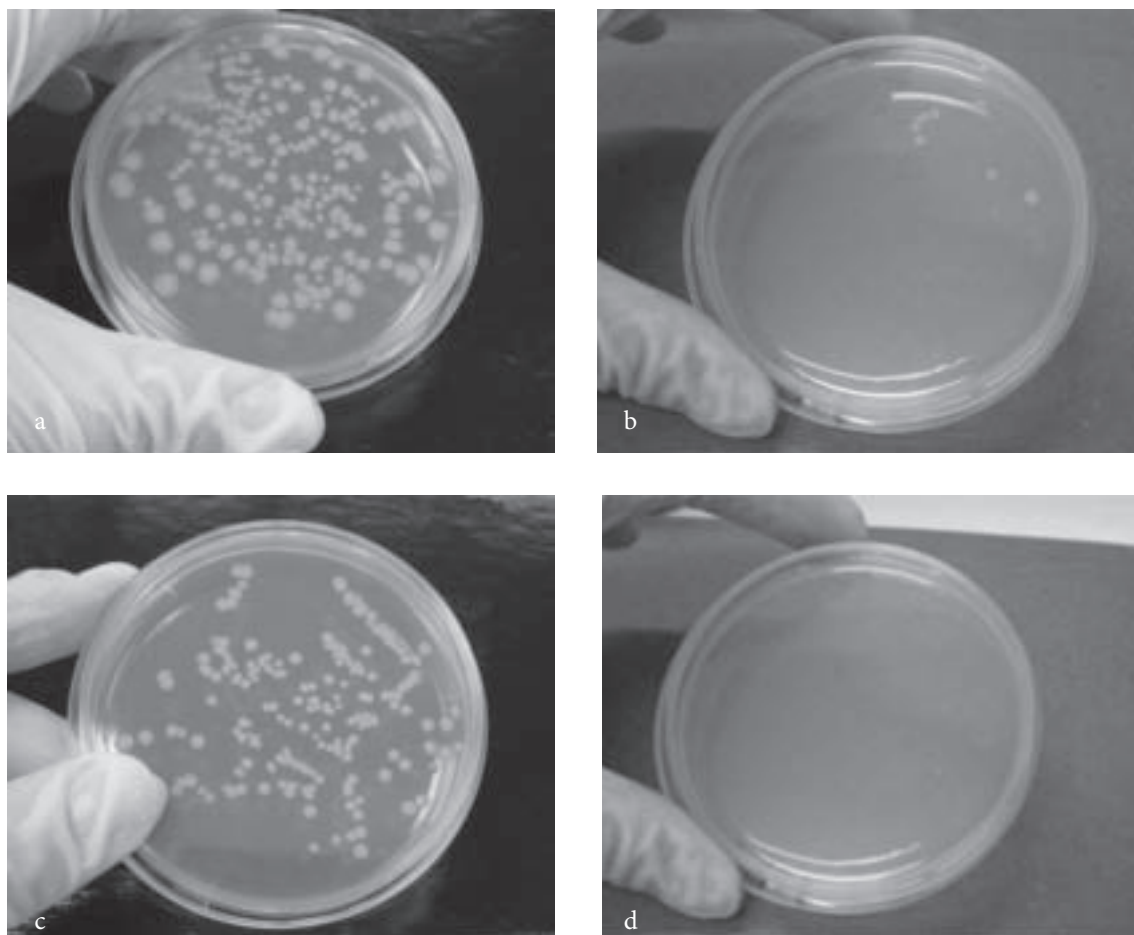


Figure 4: The number of colony forming units of bacterium *Escherichia coli* after 24-hours of incubation determined according to the AATCC 100-1999 Standard method. Samples: A – unfinished, B – agent Ag-1, C – agent Ag-2-a, D – agent Ag-3.

Differences in bactericidal activity of agents Ag-1 and Ag-2 were reasonably explained based on their dissimilar chemical form. Namely, agent Ag-1 was a dispersion of AgCl salt, while agent Ag-2 was a dispersion of elemental silver, Ag<sup>0</sup>. Therefore, for the antimicrobial activity of agent Ag-1, the concentration of Ag<sup>+</sup> released from the surface of the crystal in the presence of water (reaction 1) is important, while the antimicrobial activity of agent Ag-2 is influenced by the biocidal activity of Ag NPs, as well as by releasing Ag<sup>+</sup> from the surface of elemental silver, which occurs in the reaction of oxidation in the presence of water and oxygen (reaction 2). However, the results of SEM analysis showed that when in dispersion or on the fibres, silver particles in agent Ag-2 strongly ag-

li, da so delci srebra v sredstvu Ag-2 tako v disperziji kot na vlaknih močno agregirali in da je bila velikost skupkov na vlaknih veliko večja od 30 nm, kot je bila deklarirana velikost delcev srebra v prahu. Tako veliki skupki Ag NPs prav gotovo ne morejo delovati protimikrobno, saj so rezultati dosedanjih raziskav [42, 44] pokazali, da se z naraščajočo velikostjo delcev protimikrobna aktivnost Ag NPs močno zmanjšuje in da lahko le Ag NPs s premerom, manjšim od 10 nm, tvorijo neposredne interakcije z bakterijami. V primeru sredstva Ag-2 je torej njegovo protimikrobno delovanje na vlaknih odvisno predvsem od sproščanja Ag<sup>+</sup> z njihove površine. Ker je bilo ugotovljeno, da je koncentracija sproščenih Ag<sup>+</sup>, ki nastanejo v reakciji oksidacije, odvisna od specifične površine delcev [13, 39, 41], le-ta pa je obratno sorazmerna z velikostjo Ag NPs, je tvorba skupkov Ag NPs najverjetneje vzrok za slabo protimikrobno učinkovitost sredstva Ag-2. Zaradi majhne specifične površine skupkov Ag NPs je bila namreč koncentracija Ag<sup>+</sup> tako nizka, da ni dosegla kritične koncentracije inhibicije. To potrjuje-

glomerated, so their size was far larger than 30 nm as was the declared size of the silver particles in powder. Such large agglomerates surely cannot act antimicrobially. Namely, the results of previous studies [42, 44] have shown that by increasing the particle size, the antimicrobial activity of Ag NPs strongly decreases and that only Ag NPs with a diameter smaller than 10 nm can form interaction with the bacteria. Therefore, the antimicrobial activity of agent Ag-2 depends paramountly on releasing  $\text{Ag}^+$  from its surface. Because it was found out that the concentration of released  $\text{Ag}^+$  formed in the reaction of oxidation depends on the specific surface area of the particles [13, 39, 41], which is inversely proportioned with the size of Ag NPs, most likely the formation of agglomerates is the main reason for a weak antimicrobial activity of agent Ag-2. Due to a low specific surface area of the Ag NPs agglomerates, the concentration of  $\text{Ag}^+$  was too low to reach the critical inhibitory concentration. This was confirmed by the results of the bacterial reduction, where even after increasing the concentration of elemental silver by three times, no significant increase of antimicrobial activity was obtained. At this point, it also has to be stressed out that the concentration of silver on the fibres was so high that it visually influenced the decrease of the whiteness index of the fabric [32]. In relation to this, even with a further increase of the concentration of Ag-2, no additional increase of its antimicrobial activity would be achieved. Namely, due to Van der Waals interaction among the Ag NPs their average aggregation number would increase, reflecting in a decrease of their specific surface area as well as in a decrease in the concentration of the released  $\text{Ag}^+$ . Therefore, when using elemental silver in form of powder, the preparation of stable dispersion in which aggregation of Ag NPs would not occur is more important than increasing the concentration of such agents. Concerning this, the choice of a proper dispersing agent is very important. In our research Setamol WS was used, since, according to the literature, the sodium salts of naphthalene sulfonate formaldehyde condensate enables the preparation of the most stable dispersion of silver nanoparticles in comparison to sodium dodecyl sul-

fo rezultati bakterijske redukcije, saj tudi po trikratnem povečanju koncentracije elementnega srebra na vlaknih nismo dosegli bistvenega povečanja protimikrobne aktivnosti. Pri tem je treba poudariti, da je bila koncentracija srebra na vlaknih tako visoka (350 mg/kg), da je vidno vplivala na zmanjšanje beline tkanine [32]. Glede na to tudi z nadaljnjim povečevanjem koncentracije sredstva Ag-2 ne bi dosegli povečanja protimikrobne učinkovitosti sredstva Ag-2, saj bi se s tem zaradi delovanja Van der Waalsovih sil med delci Ag NPs povečevalo njihovo povprečno agregacijsko število in posledično bi se zniževali specifična površina delcev ter koncentracija sproščenih  $\text{Ag}^+$ . Zato je pri uporabi elementnega srebra v prahu pomembnejša kot povečanje njegove koncentracije priprava stabilne disperzije, v kateri Ag NPs ne bi bili agregirani. Pri tem je izredno pomembna izbira ustreznega dispergirnega sredstva. V naši raziskavi smo se odločili za Setamol WS, saj smo iz literaturnih virov ugotovili, da v primerjavi z natrijevim dodecilsulfatom, sredstvom Tween 20 in cetiltrimetilamonijevim bromidom omogočajo dispergirna sredstva, ki so kondenzacijski produkt naftalen sulfonata s formaldehidom, pripravo najstabilnejše disperzije srebrovih nonodelcev [47]. Obstaja pa verjetnost, da Setamol WS z negativnim nabojem v raztopini kljub temu ni primerno dispergirno sredstvo, saj lahko zaradi prisotnosti  $\text{Ag}^+$  na površini delcev elementnega srebra dodatno prispeva k tvorbi večjih skupkov. Glede na to ostaja priprava stabilnih disperzij Ag NPs še vedno pereč in nerešen problem.

Protimikrobna aktivnost sredstva Ag-3 je bila povsem primerljiva s protimikrobno aktivnostjo sredstva Ag-1 in veliko boljše kot pri sredstvu Ag-2 (sliki 3 in 4). Ti rezultati so potrdili že znano ugotovitev [13, 14, 40], da je biocidna aktivnost Ag NPs neposredno odvisna od njihove specifične površine, ki je obratno sorazmerna z velikostjo delcev. Ker je bila v primeru sredstva Ag-3 velikost Ag NPs veliko manjša (v povprečju 20 nm) kot pri sredstvu Ag-2, je bila njihova specifična površina veliko večja, kar je po pričakovanju močno povečalo biocidno aktivnost koloidnega srebra v primerjavi z elementnim nanosrebrom v prahu. Ker pa smo v primeru sredstva Ag-3 uporabili tržni produkt koloidnega srebra, ne moremo z gotovostjo trditi, da so v koloidni raztopini prisotni le Ag NPs, dobljeni z redukcijo srebrove soli (reakcija 3). Koloidno srebro se namreč lahko proizvaja tudi z elektrolizo, pri čemer so v koloidni raztopini prisotni tudi  $\text{Ag}^+$ . Ker je postopek izvedbe elektrolize veliko bolj preprost in cenejši od postopka redukcije srebrove soli, lahko iz tega sklepamo, da so v tržnem produktu uporabljenega koloidnega srebra prisotni tako Ag NPs kot  $\text{Ag}^+$  v določenem koncentracijskem razmerju. To, ali so pri protimikrobnem delovanju aktivnejši in učinkovitejši prvi ali drugi, pa iz rezultatov raziskave ne moremo sklepati. Odlična protimikrobna aktivnost sredstva Ag-3 nakazuje, da Ag NPs in  $\text{Ag}^+$  na vlaknih delujejo sinergistično.

phate, Tween 20 and cetyltrimethylammonium bromide [47]. Nevertheless, due to the negative charge in the solution, Setamol WS is probably not a suitable dispersing agent. Namely, in the presence of  $\text{Ag}^+$  on the surface of the particles of the elemental nanosilver Setamol WS can additionally contribute to the formation of larger agglomerates. Regarding this, the preparation of stable dispersions of Ag NPs still remains an urgent and unsolved problem.

The antimicrobial activity of agent Ag-3 was completely comparable with agent Ag-1 and much better than with agent Ag-2 (figures 3 and 4). These results confirmed the already known finding [13, 14, 40] that the biocidal activity of Ag NPs directly depends on their specific surface area which is inversely proportioned to the size of the particles. Because in the case of agent Ag-3 the size of Ag NPs was much smaller ( $\approx 20$  nm) compared to agent Ag-2, their specific surface area was larger, which expectedly strongly increased the biocidal activity of the colloidal silver compared to the elemental silver in the form of powder. Since in the case of agent Ag-3 commercial product was used, it can not be guaranteed that only Ag NPs, formed by the reduction of silver salt, (reaction 3) were present in the colloidal solution. Hence, colloidal silver can be produced by electrolysis as well, where  $\text{Ag}^+$  ions are also present in the colloidal solution. Because the procedure of electrolysis is simpler and low-priced compared to the procedure of reduction of silver salt, it can be inferred that in the commercial product of colloidal silver which was used in our experiment, Ag NPs as well as  $\text{Ag}^+$  were present at a certain concentration ratio. From the results of our study it cannot be concluded whether the former or the latter are more antimicrobially effective, but a great bacterial reduction clearly shows that Ag NPs and  $\text{Ag}^+$  act on fibres synergistically.

## 4 Conclusions

In the study the bactericidal activity of three commercial products based on silver compounds applied on cellulose fibres in comparable concentration was studied. The size of silver chloride and elemental silver particles was

## 4 Zaključki

V raziskavi je bila preučevana baktericidna učinkovitost treh tržnih produktov, ki vsebujejo srebro v različnih kemijskih oblikah, na celuloznih vlaknih v primerljivih koncentracijah. Velikosti delcev srebrovega klorida in elementnega srebra na vlaknih so bile v povprečju od 100 do 500 nm in veliko večje od delcev koloidnega srebra, katerih velikost ni presegala 20 nm. Bakterijska redukcija je bila odlična 99 do 100 % v primeru srebrovega klorida in koloidnega srebra, za nanosrebro v prahu pa je znašala le 36 % in je tudi pri trikratnem povišanju koncentracije dosegla le vrednost 60 %, kar ni zadovoljivo. Iz teh rezultatov smo sklepali, da protimikrobna aktivnost preučevanih produktov ni bila odvisna le od koncentracije in velikosti delcev, temveč tudi od kemijske oblike srebra. V primeru srebrovega klorida so baktericidno delovali  $\text{Ag}^+$ , ki so se v prisotnosti vode sproščali s površine kristalov soli  $\text{AgCl}$ . Tudi v primeru nanosrebra v prahu je bilo protimikrobno delovanje omejeno le na sproščanje  $\text{Ag}^+$ , saj so nanodelci srebra na vlaknih agregirali v tako velike skupke, da protimikrobno delovanje Ag NPs ni bilo opaženo. Boljše baktericidno delovanje bi verjetno opazili le, če bi bila njihova velikost manjša od 10 nm. Za sproščanje  $\text{Ag}^+$  s površine elementnega srebra je v reakciji oksidacije potrebna velika specifična površina delcev, da bi lahko koncentracija sproščenih  $\text{Ag}^+$  dosegla kritično koncentracijo inhibicije. Drugače kot pri elementnem srebru so v primeru koloidnega srebra zaradi izredno majhnih velikosti delcev lahko protimikrobno delovali tako  $\text{Ag}^+$  kot Ag NPs, kar se je izrazilo v odlični protimikrobni učinkovitosti produkta.

## Zahvala

Avtorica se zahvaljuje doc. dr. Franciju Kovaču s Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani in izr. prof. dr. Barbari Simončič z Naravoslovnotehniške fakultete Univerze v Ljubljani za konstruktivno diskusijo. Za SEM-posnetke se zahvaljuje dr. Ivanu Jermanu in red. prof. dr. Borisu Orlu s Kemijskega inštituta, Ljubljana, ter dr. Zoranu Samardžiji z Inštituta Jožef Stefan. Raziskava je bila opravljena v sklopu programa P2-0213 Tekstilije in ekologija, ki ga financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, in mednarodnega projekta Eureka E!4043 Nanovision.

## 5 Literatura

1. CLEMENT, J. L., JARRETT, P. S. Antibacterial silver. *Metal-Based Drugs*, vol. 1 (5–6), p. 467–482.
2. KUSNETSOV, J., IVANAINEN, E., NELOMAA, N., ZACHEUS, O., MARTIKAINEN, P. Copper and silver ions more ef-

ranged from 100 to 500 nm and was far larger than the size of colloidal silver particles which did not exceed 20 nm. Bacterial reduction obtained by silver chloride and by colloidal silver was excellent, 99 to 100%, while in the case of nanosilver in the form of powder only 36% of bacterial reduction was obtained. Even after increasing the concentration of the latter by three times, the bacterial reduction reached the value of 60% only, which is unsatisfying. From these results, it was concluded, that antimicrobial activity of the studied agents did not depend only on the concentration and particle size, but also on the chemical form of silver. Namely, in the case of silver chloride,  $\text{Ag}^+$  which were released in the presence of water from the crystal of  $\text{AgCl}$  salt acted bactericidally. In the case of nanosilver in the form of powder antibacterial activity was also limited to the release of  $\text{Ag}^+$ , since nanoparticles of silver aggregated on the fibres to such an extent that they could not act antibacterially. Hence, silver nanoparticles can act bactericidally only if their size is smaller than 10 nm. Because large specific surface area of the particles is needed in order to release the  $\text{Ag}^+$  in the reaction of oxidation, the specific surface area of the silver aggregates was too small, so the concentration of released  $\text{Ag}^+$  did not reach the critical inhibitory concentration. Contrary to elemental silver, in colloidal silver  $\text{Ag}^+$  as well as silver nanoparticles acted antimicrobially, since the particle size was very small. This reflected in an excellent antimicrobial activity of the product.

### Acknowledgements

The author wishes to thank Assistant Professor Dr. Franci Kovač from the Faculty of Chemistry and Chemical Technology, University of Ljubljana and Associate Professor Dr. Barbara Simončič from the Faculty of Natural Sciences and Engineering, University of Ljubljana for constructive discussion. For SEM images the author wishes to thank Dr. Ivan Jerman and Professor Dr. Boris Orel from the National Institute of Chemistry, Ljubljana and Dr. Zoran Samardžija from the Institute Jožef Stefan, Ljubljana. This work was done in the frame of the Programme P2-0213 Textile and Ecology,

- fective against legionellae than against mycobacteria in a hospital warm water system. *Water Research*, 2001, vol. 35 (17), p. 4217–4225.
3. SONDI, I., SALOPEK-SONDI, B. Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on *E. Coli* as a model for Gram-negative bacteria. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2004, vol. 275, p. 177–182.
4. LEE, D., COHEN, R. E., RUBNER, M. F. Antibacterial properties of nanoparticle loaded multilayers and formation of magnetically directed antibacterial microparticles. *Langmuir*, 2005, vol. 21, p. 9651–9659.
5. ORTIZ-IBARRA, H., CASILLAS, N., SOTO, V., BARCENA-SOTO, M., TORRES-VITELA, R., DE LA CRUZ, W., GOMEZ-SALAZAR, S. Surface characterization of electrodeposited silver on activated carbon for bactericidal purposes. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2007, vol. 314, p. 562–571.
6. MATSUMURA, Y., YOSHIKATA, K., KUNISAKI, S., TSUCHIDO, T. Mode of bactericidal action of silver zeolite and its comparison with that of silver nitrate. *Applied Environmental Microbiology*, 2003, vol. 69 (7), p. 4278–4281.
7. SINHA, A., SHARMA, B. H. Preparation of silver powder through glycerol process. *Bulletin of Materials Science*, 2005, vol. 28, p. 213–217.
8. WANG, J. X., WEN, L. X., WANG, Z. H., CHEN, J. F. Immobilization of silver on hollow silica nanospheres and nanotubes and their antimicrobial effects. *Materials Chemistry and Physics*, 2006, vol. 96, p. 90–97.
9. LI, Z., LEE, D., SHENG, X., COHEN, R. E., RUBNER, M. F. Two-level antibacterial coating with both release-killing and contact killing capabilities. *Langmuir*, 2006, vol. 22, p. 9820–9823.
10. AKKOPRU, B., DURUCAN, C. Preparation and microstructure of sol-gel derived silver-doped silica. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 2007, vol. 43, p. 227–236.
11. KIM, Y. H., LEE, D. K., CHA, H. G., KIM, C. W., KANG, Y. S. Synthesis and characterization of antibacterial  $\text{Ag-SiO}_2$  nanocomposite. *Journal of Physical Chemistry C*, 2007, vol. 111 (9), p. 3629–3635.
12. YEO, S. Y., LEE, H. J., JEONG, S. H. Preparation of nanocomposite fibers for permanent antibacterial effect. *Journal of Materials Science*, 2003, vol. 38, p. 2143–2147.
13. MONTEIRO, D. R., GROUP, L. F., TAKAMIYA, A. S., RUVOLLO-FILHO, A. C., de CAMARGO, E. R., BARROS BARBOSA, D. The growing importance of materials that prevent microbial adhesion: antimicrobial affect of medical devices containing silver. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 2009, vol. 34, p. 103–110.
14. LEE, H. J., JEONG, S. H. Bacteriostasis of nanosized colloidal silver on polyester nonwovens. *Textile Research Journal*, 2004, vol. 74, p. 442–447.

financed by the Slovenian Research Agency and the international project Eureka E!4043 Nanovision.

15. MAHLTIG, B., FIEDLER, D., BÖTTCHER, H. Antimicrobial sol-gel coatings. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 2004, vol. 32, p. 219–222.
16. EL OLA, S. M. A., KOTTEK, R., KING, M., KIM, J. H., MONTICELLO, R., REEVE, J. A. Studies on poly(trimethylene terephthalate) filaments containing silver. *Journal of Biomaterials Science-Polymer Edition*, 2004, vol. 15 (12), p. 1545–1559.
17. PARKIH, V. D., FINK, T., RAJASEKHARAN, K., SACHINVALA, N. D., SAWHNEY, A. P. S., CALAMARI, T. A., PARKIH, A. D. Antimicrobial silver/sodium carboxymethyl cotton dressings for burn wounds. *Textile Research Journal*, 2005, vol. 75, p. 134–138.
18. MAHLTIG, B., HAUF, H., BÖTTCHER, H. Functionalisation of textiles by inorganic sol-gel coatings. *Journal of Materials Chemistry*, 2005, vol. 15, p. 4385–4398.
19. HAUF, H., THRON, A., FIEDLER, D., MAHLTIG, B., BÖTTCHER, H. Biocidal nanosol coatings. *Surface Coatings International Part B: Coatings Transactions*, 2005, vol. 88, p. 55–60.
20. TARIMALA, S., KOTHARI, N., ABIDI, N., HEQUET, E., FRALIC, J., DAI, L. D. New approach to antibacterial treatment of cotton fabric with silver nanoparticle-doped silica using sol-gel process. *Journal of Applied Polymer Science*, 2006, vol. 101, p. 2938–2943.
21. DUBAS, S. T., KUMLANGDUDSANA, P., POTIYRAJ, P. Layer-by-layer deposition of antimicrobial silver nanoparticles on textile fibres. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 2006, vol. 289, p. 105–109.
22. SON, W. K., YOUNG, J. H., PARK, W. H. Antimicrobial cellulose acetate nanofibers containing silver nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 2006, vol. 65, p. 430–434.
23. KULPINSKI, P. Bioactive cellulose fibres with silver nanoparticles. *e-Polymers*, 2007, art. no. 068.
24. GORENŠEK, M., RECELJ, P. Nanosilver functionalized cotton fabric. *Textile Research Journal*, 2007, vol. 77, p. 138–141.
25. JIANG, S., NEWTON, E., YUEN, C. W. M., KAN, C. W. Application of chemical silver plating on polyester and cotton blended fabric. *Textile Research Journal*, 2007, vol. 77, p. 85–91.
26. LEE, H. Y., PARK, H. K., LEE, Y. M., KIM, K., PARK S. B. A practical procedure for producing silver nanocoated fabric and its antibacterial evaluation for biomedical applications. *Chemical Communications*, 2007, vol. 28, p. 2959–2961.
27. JUNG, W. K., KIM, S. H., KOO, H. C., SHIN, S., KIM, J. M., PARK, Y. K., HWANG, S. Y., YANG, H., PARK, Y. H. Antifungal activity of the silver ion against contaminated fabric. *Mycoses*, 2007, vol. 50, p. 265–269.
28. THOMAS, V., YALLAPU, M. M., SREEDHAR, B., BAIJPAI, S. K. A versatile strategy to fabricate hydrogel-silver nanocomposites and investigation of their antimicrobial activity. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2007, vol. 315, p. 389–395.

29. XING, Y., YANG, X., DAI, J. Antimicrobial finishing of cotton textile based on water glass by sol-gel method. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 2007, vol. 43, p. 187–192.
30. ANEERUNG, T., TOKURA, S., RUJIRAVANIT, R. Impregnation of silver nanoparticles into bacterial cellulose for antimicrobial wound dressing. *Carbohydrate Polymers*, 2008, vol. 72, p. 43–51.
31. TOMŠIČ, B., SIMONČIČ, B., OREL, B., ČERNE, L., FORTE TAVČER, P., ZORKO, M., JERMAN, I., VILČNIK, A., KOVAČ, J. Sol-gel coating of cellulose fibres with antimicrobial and repellent properties. *Journal of sol-gel science and technology*, 2008, vol. 47 (1), p. 44–57.
32. TOMŠIČ, B., SIMONČIČ, B., CVIJIN, D., OREL, B., ZORKO, M., SIMONČIČ, A. Elementary nano sized silver as antibacterial agent on cotton fabric. *Tekstilec*, 2008, letn. 51 (7/9), p. 199–215.
33. GORENŠEK, M., RECELJ, P. Reactive dyes and nano silver on PA6 micro knitted goods. *Textile Research Journal*, 2009, vol. 79 (2), p. 138–146.
34. O'HANLON, S. J., ENRIGHT M. C. A novel bactericidal fabric coating with potent *in vitro* activity against meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *International Journal of Antimicrobial Agents*, 2009, vol. 33, p. 427–431.
35. CHUN, D. T. W., FOULK, J. A., McALISTER III, D. D. Testing for antibacterial properties of cotton/flax denim. *International Crops and Products*, 2009, vol. 29, p. 371–376.
36. MAHLTIG, B., GUTMANN, E., MEYER, D. C., REIBOLD, M., BUND, A., BÖTTCHER, H. Thermal preparation and stabilization of crystalline silver particles in SiO<sub>2</sub> based coating solutions. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 2009, vol. 49, p. 202–208.
37. MAHLTIG, B., GUTMANN, E., REIBOLD, M., MEYER, D. C., BÖTTCHER, H. Synthesis of Ag and Ag/SiO<sub>2</sub> sols by solvothermal method and their bactericidal activity. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, DOI 10.1007/s10971-009-1972-8.
38. TOMŠIČ, B., SIMONČIČ, B., OREL, B., ŽERJAV, M., SCHROERS, H., SIMONČIČ, A., SAMARDŽIJA, Z. Antimicrobial activity of AgCl embedded into a silica matrix on cotton fabric. *Carbohydrate Polymers*, 2009, vol. 75, p. 618–626.
39. SHARMA, V. K., YNGARD, R. A., LIN, Y. Silver nanoparticles: Green synthesis and their antimicrobial activities. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2009, vol. 145, p. 83–96.
40. HOSKINS, J. S., KARANFIL, T., SERKIZ, S. M. Removal and sequestration of iodide using silver-impregnated activated carbon. *Environmental Science and Technology*, 2002, vol. 36, p. 784–789.
41. DAMM, C., MÜNSTEDT, H., RÖSCH, A. The antimicrobial efficacy of polyamide 6/silver-nano- and microcomposites. *Materials Chemistry and Physics*, 2008, vol. 108, p. 61–66.

42. MORONES, R. J., ELECHIGUERRA, J. L., CAMACHO, A., HOLT, K., KOURI, J. B., RAMÍREZ, J. T., YACMAN, M. J. The bactericidal effect of silver nanoparticles. *Nanotechnology*, 2005, vol. 16, p. 2346–2353.
43. LOK, C.-N., HO, C.-M., CHEN, R., HE, Q.-Y., YU, W.-Y., SUN, H., TAM, P. K.-H., CHIU, J.-F., in CHE, C.-M. Proteomic analysis of the mode of antibacterial action of silver nanoparticles. *Journal of Proteome Research*, 2006, vol. 5, 916–924.
44. KVÍTEK, L., PANÁČEK, A., SOUKUPOVÁ, J., KOLÁŘ, M., VEČEŘOVÁ, R., PRUCEK, R., HOLECOVÁ, M., ZBOŘIL, R. Effect of Surfactants and Polymers on Stability and Antibacterial Activity of Silver Nanoparticles (NPs). *Journal of Physical Chemistry C*, 2008, vol. 112 (15), p. 5825–5834.
45. PANÁČEK, A., KVÍTEK, L., PRUCEK, R., KOLÁŘ, M., VEČEŘOVÁ, R., PIZÚROVA, N., SHARMA, V. K., NEVĚČNA, T., ZBOŘIL, R. Silver Colloid Nanoparticles: Synthesis, Characterization, and Their Antibacterial Activity. *Journal of Physical Chemistry B*, 2006, vol. 110 (33), p. 16248–16253.
46. FENG, Q. L., WU J., CHEN, G. Q., CUI, F. Z., KIM, T. N., KIM, J. O. A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Journal of Biomedical Materials Research*, 2000, vol. 52 (4), p. 662–668.
47. SONDI, I., GOIA, D. V., MATIJEVIĆ, E. Preparation of highly concentrated stable dispersions of uniform silver nanoparticles. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2003, vol. 260, p. 75–81.

## Two-Ply Yarn Production on Ring Spinning Machine

Review

Received May 2009 • Accepted August 2009

### Abstract

*The purpose of this report is to present the theory and technology of manufacturing two-ply yarn spun with the SiroSpun® method on a standard ring spinning machine and with the EliTwist® method on a compact ring spinning machine. The technological abilities of single processes of manufacturing two-ply yarn on a ring spinning machine with different modifications of double-apron three-roll drafting system are also categorized.*

*Moreover, the impact of the spinning and twisting triangle on the quality of SiroSpun® and EliTwist® two-ply yarn made from various types of fibres was analyzed in the research.*

*For standard two-ply yarn and EliTwist® two-fold yarn of different linear densities made from various types of cotton and wool fibres, various structural, mechanical-physical and Uster properties of woven yarn were compared.*

*According to the findings, the EliTwist® method of spinning allows the use of a cheaper material to achieve the same yarn quality in comparison to the standard-making process of two-ply twisted yarn.*

---

Vodilni avtor/corresponding author:

Momir Nikolić

tel.: +386 1 200 32 20

e-mail: momir.nikolic@ntf.uni-lj.si

---

Momir Nikolić<sup>1</sup>, Zenun Skenderi<sup>2</sup>, Dunja Šajn Gorjanc<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Oddelek za tekstilstvo, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani

<sup>2</sup> Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

## Izdelava dvonitne preje na prstanskem predilniku

### Pregledni znanstveni članek

Poslano maj 2009 • Sprejeto avgust 2009

### Izvlaček

V prispevku sta podani teorija in tehnologija izdelave dvonitne preje, spredene po postopku SiroSpun® na klasičnem prstanskem predilniku in po postopku EliTwist® na kompaktnem prstanskem predilniku. Opredeljene so tehnološke zmožnosti posameznih postopkov izdelave dvonitne preje na prstanskem predilniku z različno modifikacijo trivaljčnega dvojermenčnega raztezala.

Analiziran je vpliv predilnega in sukalnega trikotnika na kakovost dvonitne preje SiroSpun in EliTwist® iz različnih vrst prediva.

Za klasično sukane dvonitne preje in dvonitne preje EliTwist® različne finoče iz različnih vrst bombažnega in volnenega prediva so primerjalno raziskane strukturne, mehanskofizikalne in Uster lastnosti spredenih prej.

Ugotovili smo, da postopek predenja EliTwist® omogoča uporabo cenejše surovine za doseg enake kakovosti preje v primerjavi s klasičnim postopkom izdelave dvonitne sukane preje.

Zaradi bolj urejene strukture in sodelovanja vseh vlaken v strukturi dvonitne preje EliTwist® postopek predenja EliTwist® omogoča izdelavo finejših prej iz enako finega prediva.

Postopek izdelave dvonitne preje EliTwist® je edini predilni postopek, ki omogoča gospodarno in kakovostno izdelavo dvonitnih prej na prstanskem predilniku tudi iz kratkovlaknatega prediva.

To je postopek, ki glede kakovostnih in gospodarnih parametrov izdatno presega vse dosedanje postopke izdelave dvonitnih SiroSpun® in klasičnih dvonitnih sukanih prej.

**Ključne besede:** predilni in sukalni trikotnik, dvonitna preja, dvonitna sukana preja, preja SiroSpun®, preja EliTwist®

*Due to a better structural order and cooperation of all fibres in the structure of EliTwist® two-ply yarn, EliTwist® spinning process allows manufacturing of finer yarn made from fibres of the same linear density.*

*The EliTwist® process for the production of two-ply yarn is the only process that also allows the economical and qualitative production of two-ply yarn on a ring spinning machine made from short staple fibres.*

*The EliTwist® process is a method which according to its quality and economical parameters surpasses all previous production methods of SiroSpun® two-ply yarn and standard two-ply twisted yarn.*

**Keywords:** spinning and twisting triangle, two-ply yarn, two-ply twisted yarn, SiroSpun® yarn, EliTwist® yarn

## 1 Introduction

*An economical production of numerous flat textiles would be impossible without two-ply and twisted yarns. The doubling and twisting of two single yarns into two-ply and twisted yarn enables an increase in breaking tension and breaking elongation, work of rupture, improves the evenness and reduces the hairiness of line textile products [1–10]. Moreover, two-ply or twisted yarns of the same linear density in comparison to single yarns are characterized by better properties during the production process, which enables better productivity and production of textiles of higher quality.*

*The current level of technological development enables the production of two-ply and twisted yarn on:*

- a ring or double twisting machine or
- directly on a ring spinning machine.

## 2 Two-ply yarn production on ring spinning machine

*To produce two-ply yarn on a ring spinning machine, two parallel roving strands need to be combined at a relatively large distance in the twisting point after passing the front roller pair of the drafting system. The speciality of such a procedure lies in the twisting direction, which*

## 1 Uvod

Brez dvonitnih ali dvonitnih sukanih prej bi bila gospodarna proizvodnja številnih ploskih tekstilij nemogoča. Združevanje in sukanje dveh enojnih predivnih prej v dvonitno ali dvonitno sukano prejo omogoča povečanje pretržne trdnosti, pretržnega raztezka in pretržnega dela, izboljša enakomernost in zmanjša kosmatost linijskih tekstilij [1–10]. Dvonitne ali dvonitne sukane preje enake finoce v primerjavi z enojnimi predivnimi prejami imajo tudi boljše predelovalne lastnosti, kar v nadaljnjem tehnološkem procesu omogoča večjo produktivnost in izdelavo kakovostnejših tekstilij. Na sedanji stopnji tehnološkega razvoja je mogoče dvonitne in dvonitne sukane izdelovati na:

- prstanskem ali dvovijnem (DD) sukalniku in
- direktno na prstanskem predilniku.

*Table 1: Production of twisted and two-ply yarn on ring twisting and spinning machine*

| Production of twisted and two-ply yarn on: |                                                    |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Ring twisting machine                      | Ring spinning machine                              |
| Production of single yarn                  | Simultaneous production of single and two-ply yarn |
| Winding and cleaning of single yarn        | Winding and cleaning of two-ply yarn               |
| Doubling of single yarns                   | –                                                  |
| Twisting of double yarns                   | –                                                  |
| Singeing of twisted yarn                   | Less hairiness – singeing unnecessary              |

## 2 Izdelava dvonitne preje na prstanskem predilniku

Da lahko izdelamo dvonitno prejo na prstanskem predilniku, morata biti dva vzporedno stanjšana stenja na dokaj veliki razdalji združena v točki sukanja potem, ko zapustita točko vpetja med odvajalnimi valjčki raztezala. Posebnost takega postopka izdelave dvonitne preje je, da je smer vitja v obeh stanjšanih stenjih – enojnih prejah enaka kot pri dvonitni preji.

S primernimi preureditvami raztezala na prstanskem predilniku je mogoče izdelovati:

- dvonitne preje SiroSpun® na klasičnem prstanskem predilniku [1–14] in
- dvonitne preje EliTwist® na kompaktnem prstanskem predilniku [4–11].

is the same in both thinned roving strands (i.e. single yarns) and in the produced two-ply yarn. With appropriate rearrangements of the drafting system on a ring spinning machine, it is possible to produce:

SiroSpun® two-ply yarn on a conventional ring spinning machine [1–14] and

EliTwist® two-ply yarn on a compact ring spinning machine [4–11].

### 2.1 Two-ply yarn production on conventional ring spinning machine

The SiroSpun® process is a classic procedure of two-ply yarn production on a ring spinning machine, which enables abolition of the technological phase of doubling and twisting single yarns into two-ply yarn on a ring or double twisting machine (cf. Figure 1).

In one drafting field, two roving strands are conducting and extending for each spindle. Each of the thinned roving strands at the exit of front rollers of the drafting system gets a twist from the ring-traveller-spindle mechanism. At the same time, both thinned and twisted roving strands are combined and twisted in the twisting triangle. In consequence, the SiroSpun® two-ply yarn is formed directly.

The fork guide in the SiroSpun® production process of two-ply yarn is located after the combining point of single yarns into two-ply yarn, enabling two-ply yarn running in the middle of the fork guide opening when both roving strands are in the twisting triangle. If a break appears in one of the roving strands, the position of the other moves onto the edge of the fork and consequently turns the fork guide around in the opposite direction and interrupts the twisting process.

In the SiroSpun® production process, the fork guide enables in a mechanical way the controlling of both roving strands in the twisting triangle and prevents winding of just one strand onto the bobbin.

With the SiroSpun® production process of two-ply yarn, the twisting from the twisting triangle is moved to both of the thinned roving strands (i.e. single yarns), forming two sides of the twisting triangle.

Apart from the twisting triangle, each of the thinned roving frames at the exit of the front

### 2.1 Izdelava dvonitne preje na klasičnem prstanskem predilniku

Postopek SiroSpun® je klasični postopek izdelave dvonitne preje na prstanskem predilniku, ki omogoča odpravo tehnološke faze združevanja enojnih prej in sukanje le-teh v dvonitno prejo na prstanskem ali dvovijnem sukalniku (slika 1).

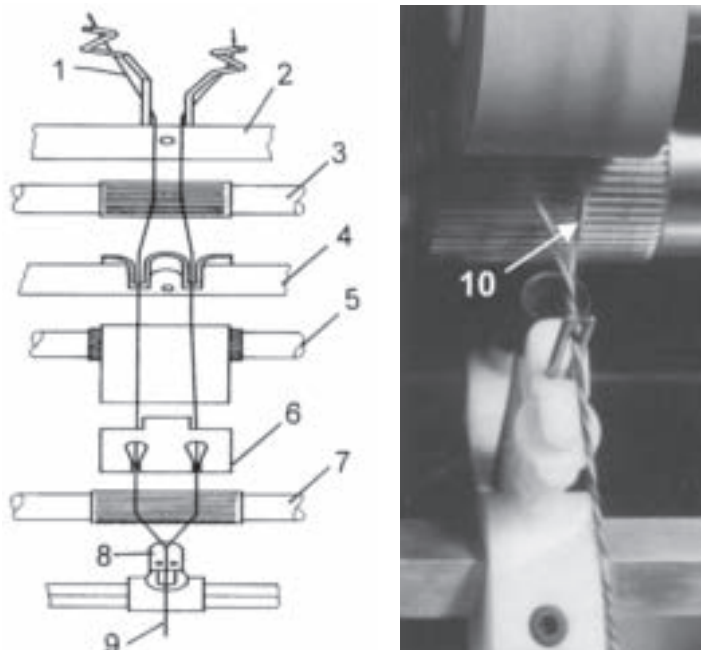


Figure 1: SiroSpun® process for production of two-ply yarn on ring spinning machine [11–14]

1, 4, 6 – roving strand guide; 2 – assented lever; 3, 5, 7 – rear, apron, front drafting roller; 8 – fork guide of two-ply yarn; 9 – two-ply yarn; 10 – twisting triangle

V enem raztezalnem polju za vsako vreteno se ločeno dovajata in raztezata po dva stenja. Vsak izmed stanjšanih stenjev za odvajalnimi valjčki raztezala dobi od mehanizma prstan – tekač – vreteno vitje, s tem da se sočasno oba stanjšana in vita stenja – enojni preji v sukalnem trikotniku vijeta tudi druga okrog druge. Tako se neposredno na prstanskem predilniku tvori dvonitna preja SiroSpun®. Viličasto vodilo pri postopku SiroSpun®, ki se nahaja za točko združitve enojnih prej v dvonitno prejo, je zasnovano tako, da tedaj, ko sta oba stenja v sukalnem trikotniku, dvonitna preja teče po sredini odprtine viličastega vodila. Če se kateri od stenjev pretrga, se lega preostale niti preseli na svoj rob vilic, ki v obliki škarij zavrti viličasto vodilo in prekine tudi preostali stenj.

Viličasto vodilo pri postopku SiroSpun® na mehanski način spremlja potek obeh niti v sukalnem trikotniku in tako onemogoča, da bi se na cevko navijala samo ena nit. Pri postopku SiroSpun® se vitje iz sukalnega trikotnika prenese v oba stanjšana stenja – enojni preji, ki tvorita stranici sukalnega trikotnika.

roller of the drafting system also forms two long spinning triangles, which are the result of lower twisting and high longitudinal stress in both thinned roving strands (cf. Figure 2).

The twist given to two-ply yarn with the ring-traveller-spindle mechanism is with an approximately 80% share transferred to both sides of the triangle consisting of two thinned roving strands (i.e. single yarns). Due to the long distance between the roving strands in the drafting system, the length of both sides of the triangle is long as well.

The lengths of the thinned twisted roving strands in the twisting triangle are much longer than the staple length of fibres in yarn, which causes a large number of protruding fibres not being spun into the spinning triangle, but sucked into the pneumafil device in form of technological waste.

Figure 3 presents the longitudinal geometry of two-ply yarn made on a ring twisting machine and directly on a ring spinning machine with the SiroSpun® process of spinning.

The protruding fibres from single yarns are wound around two-ply yarn during the twisting into two-ply yarn due to less intensive twisting in both sides of the spinning triangle. The structure of SiroSpun® yarn is between the structure of single and two-ply twisted yarn.

Due to the specific structure of SiroSpun® two-ply yarn, it is impossible to untwist the yarn on a torsionmeter to single components.

The SiroSpun® production process of two-ply yarn is rarely used in cotton spinning mills for the production of two-ply yarn from short staple

Poleg sukalnega trikotnika vsak izmed stanjšanih stenjev tik ob odvajalnem valju raztezala tvorita še dolga predilna trikotnika, ki ju povzročata nižja stopnja vitja in visoka osna napetost v krakih stanjšanih stenjev (slika 2).

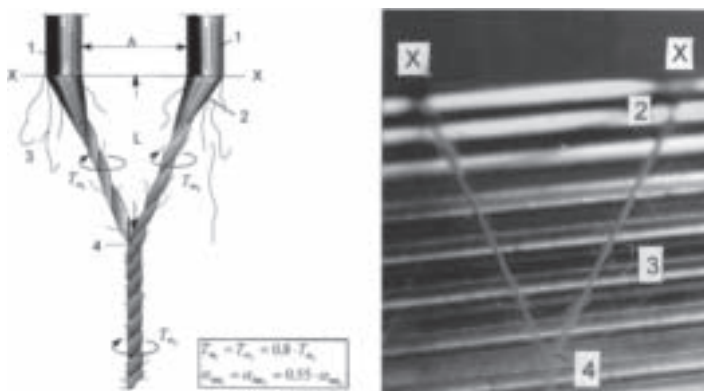


Figure 2: Spinning and twisting triangles at the SiroSpun® spinning process [10]

1 – roving strand; 2 – spinning triangle; 3 – protruding fibres; 4 – twisting triangle; A, L – width, length of the twisting triangle;  $T_{m1,2}$  – twist of single yarns;  $T_{ms}$  – twist of two-ply yarn

Vitje, ki ga dvonitni preji posreduje mehanizem prstan – tekač – vreteno, se s približno 80-odstotnim deležem prenaša tudi na kraka trikotnika, ki ga tvorita posamična stanjšana stenja – enojni preji. Zaradi velike razdalje med stenjema v raztezalni strani predilnega trikotnika, ki ju tvorita stanjšana stenja, dolgi.

Stanjšani in viti stenji v sukalnem trikotniku so veliko daljši, kot je štapelna dolžina predelovalnih vlaken. To povzroča, da se v predilnih trikotnikih veliko štrlečih vlaken ne zaprede v prejo, temveč se v obliki tehnoloških odpadkov odsesa v napravo pneumafil.

Vzdolžni videz dvonitne preje, izdelane na prstanskem sukalniku in direktno na prstanskem predilniku po postopku pređenja SiroSpun®, kaže slika 3.

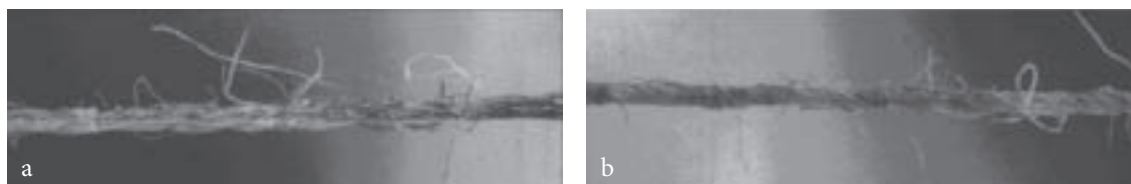


Figure 3: Longitudinal geometry of two-ply yarn produced on twisting machine (a) and spinning machine (b) with SiroSpun® process [10]

yarn. However, it is successfully and economically used in wool spinning mills for the production of two-ply yarn from long staple yarn.

Zaradi manj intenzivnega vitja v predilnih trikotnikih posameznih krakov enojnih prej pri postopku SiroSpun® se štrleča vlakna iz krakov enojnih prej med ovijanjem v dvonitno prejo ovijajo tudi okrog dvonitne preje in dajo strukturo dvonitne preje, ki je med strukturo enojne predivne in dvonitne sukane preje.

## 2.1 Two-ply yarn production on compact spinning machine

*With suitable modifications and rearrangements of the double-apron three-roll drafting system on a compact spinning machine, the industrial production of two-ply yarn with the EliTwist® production process (cf. Figure 4) has been possible since 2003.*

*The patented EliTwist® device for two-ply yarn production on a spinning machine enables production of two-ply yarn with a reduced twisting triangle and minimized spinning triangle.*

*A compacting device for compacting thinned roving strands, which is located at the exit of the double-apron three-roll drafting system, enables a drastic distance reduction between both roving strands at the EliTwist® production process.*

*During the compacting, both components get closer and reach the minimum distance by means of two V-shaped suction slots in the condensing zone (cf. Figure 5).*

*The two thinned roving strands form minimized spinning triangles after leaving the condensing zone at the exit of the front rollers of the drafting system. In consequence, the twist which moves in the thinned roving strands does not need to overcome any resistance and reaches with ease the nip point of the thinned roving strands. The former is located between the weighting roller and lattice apron of the compacting device. Consequently, both thinned roving strands can be moved very close to each other and the twisting point has a very small distance from the nip point of the front roller pair. In short-staple spinning, this distance is only 4–5 mm, depending on spinning tension [4–14].*

*The EliTwist® production process enables the production of two-ply yarn with a novel structure combining all the advantages of compacting and doubling with single and two-ply yarn formation.*

*The surface and appearance of EliTwist® two-ply yarn are comparable to a single compact yarn. The EliTwist® two-ply yarn has a more closed and less hairy structure. The EliTwist® two-ply yarn has an identical twist in single and two-ply yarn, which causes at EliTwist® two-ply yarn a higher snarling tendency.*

Zaradi specifične strukture dvonitne preje SiroSpun® ne moremo popolnoma odvititi na torziometru in med seboj ločiti enojnih komponent.

Postopek SiroSpun® se bolj poredko uporablja v bombažarskih predilnicah pri izdelavi dvonitnih prej iz kratkovlaknatega prediva. Po postopku predenja SiroSpun® se uspešno, gospodarno in kakovostno proizvajajo dvonitne preje samo v volnarskih predilnicah iz dolgovlaknatega prediva.

## 2.2 Izdelava dvonitne preje na kompaktnem prstanskem predilniku

S primernimi modifikacijami in preureditvami trivaljnega dvojermenčnega raztezala na kompaktnem prstanskem predilniku je od leta 2003 mogoča industrijska proizvodnja dvonitnih prej tudi po postopku predenja EliTwist® (slika 4).

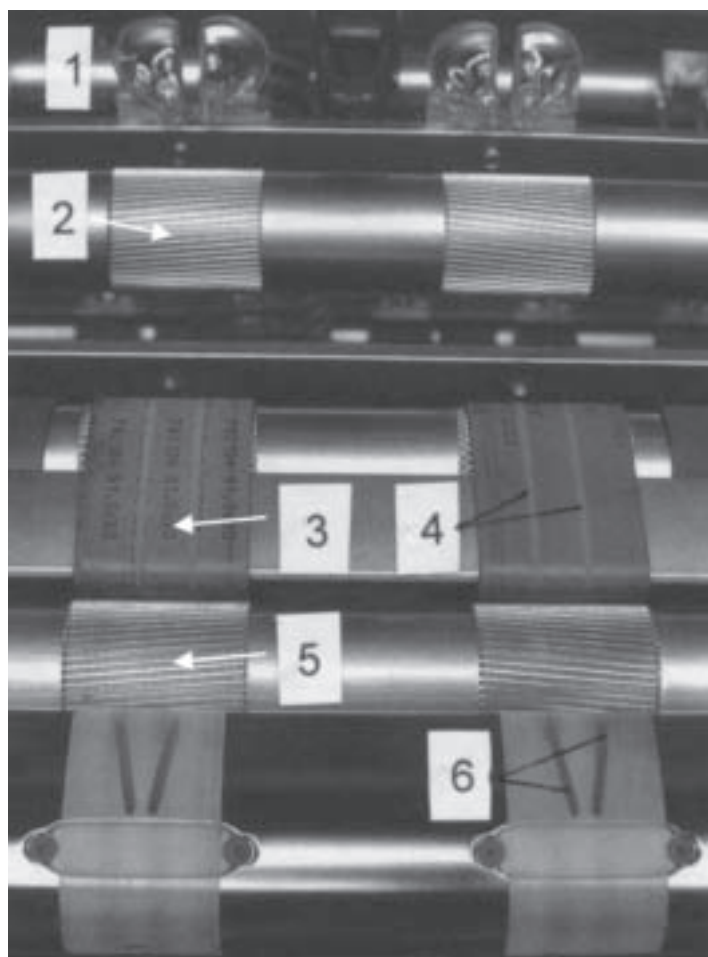


Figure 4: EliTwist® production process of two-ply yarn on compact spinning machine [10]

1 – roving strand guide; 2, 3, 5 – rear, apron, front roller; 4 – two separate roving strands; 6 – two suction slots under the compacting apron

For the industrial practice, the EliTwist® production process offers a great advantage over other conventional spin-twisting methods, since no detection devices are required for the twisting triangle if both roving strands are present.

If either of the roving strands incorporated in the two-ply yarn structure breaks, the other strand breaks automatically due to a too small twist, which consequently interrupts the two-ply yarn production.

Minimizing the distance between the roving strands in the twisting point before twisting two-ply yarn and indirectly to each leg of the thinned roving strands enables the formation of the twisting triangle with the minimal length of both sides from the thinned roving strands, which is much lower than the length of the staple of fibres. As a result, a large number of fibres are spun in the two-ply yarn structure, which leads to a lower fibre loss in the pneuma-fil device compared to the SiroSpun® production process. [4–10]

The economical production of two-ply yarn on a ring spinning machine in cotton mills was achieved as late as with the invention of the EliTwist® production process.

The fibre arrangement in the EliTwist® two-ply yarn structure and in the classic twisted two-ply yarn with an identical twist direction as in single yarn is demonstrated in Figure 6.

Due to a better orientation of fibres in the EliTwist® two-ply yarn structure (cf. Figure 6), which are parallel to the ply axis, better substance strength of fibres in the yarn structure is ensured. Furthermore, the EliTwist® two-ply yarn has a round cross section area and less hairiness in comparison to the classically twisted yarn of identical linear density. None of the today known spinning processes can compare with the substance strength of fibres in the yarn structure achieved with the EliTwist® two-ply yarn production.

Due to its special properties, the EliTwist® two-ply yarn is particularly suitable for being processed on highly productive air-jet weaving machines as warp and weft yarn [4–10].

From the point of view of spinning, the EliTwist® two-ply yarn production process presents the biggest progress among the spinning and twisting production processes known today.

Patentirana naprava za izdelavo dvonitne preje EliTwist® na prstanskem predilniku omogoča izdelavo dvonitne preje z reduciranim sukalnim in minimiziranim predilnim trikotnikom.

Drastično zmanjšanje razdalje med stenjema pri postopku EliTwist® omogoča naprava za zgoščevanje stanjšanih stenjev, ki je nameščena pri izhodu trivaljčnega dvojermenčnega raztezala.

Med zgoščevanjem se oba stanjšana stenja zblížata in dosežeta minimalno razdaljo s pomočjo dveh sesalnih rež v obliki črke V, ki sta v coni zgoščevanja (slika 5).

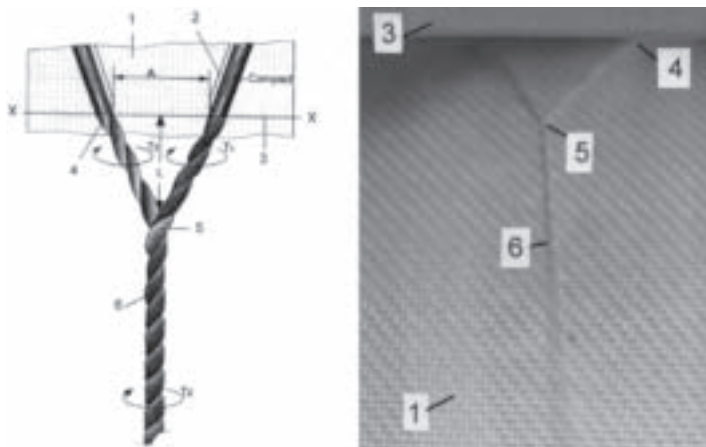


Figure 5: Minimized spinning and twisting triangle formation with EliTwist® production process [10]

1 – lattice apron; 2 – compacting channel; 3 – nip point of thinned roving strands; 4 – minimized spinning triangle; 5 – combining point of thinned roving strands in the twisting triangle; 6 – two-ply yarn; A, L – width, length of twisting triangle;  $T_{1,2}$  – twist of single yarn;  $T_z$  – twist of two-ply yarn

Stanjšana stenja potem, ko zapustita cono zgoščevanja, za odvajalnim valjem raztezala oblikujeta minimalna predilna trikotnika. Zato vitju, ki se prenaša v stanjšanih stenjih, ni treba premagovati kakršnega koli upora in z lahkoto prispe do točke vpetja stanjšanih stenjev, ki je med obtežilnim valjem in sitastim jermenčkom zgoščevalne naprave. Posledično lahko stanjšana stenja zelo približamo v točki vpetja, zato se tudi dolžina sukalnega trikotnika zelo skrajša. Razdalja točke združevanja stanjšanih stenjev od točke vpetja pri predelavi kratkovlaknatega prediva je od 4 do 5 mm [4–14].

Postopek EliTwist® omogoča izdelavo dvonitne preje z novo strukturo, v kateri so združene vse prednosti, ki jih omogočata zgoščevanje in združevanje pri nastajanju enojne in dvonitne preje.

Površina in videz dvonitne preje EliTwist® sta primerljiva z enojno kompaktno prejo. Dvonitna preja EliTwist® ima bolj zaprto in manj kosmato površino. Dvonitna preja EliTwist® ima isto smer vitja v enojni in v dvonitni preji, kar pri dvonitni preji EliTwist® povzroča večjo nagnjenost h krotovičenju.

*The EliTwist® two-ply yarn production process enables the maximum use of substance strength of fibres in yarn structure and a stable course of the spinning process [4–14].*

*Figure 7 shows the longitudinal geometry of two-ply yarn produced on a ring spinning machine with the EliTwist® production process and of two-ply twisted yarn produced on a twisting machine.*

### 3 Comparing the properties of classically twisted and EliTwist® two-ply yarns

*The spinning of two-ply and twisted two-ply yarns of different linear densities was conducted in the practicum of the company Suessen. A comparative spinning of two-ply and two-ply twisted yarns was realized for:*

- *two-ply compact twisted yarn and EliTwist® two-ply yarn of linear densities  $10 \text{ tex} \times 2$  and  $7.4 \text{ tex} \times 2$  from long staple cotton fibres,*
- *classic two-ply twisted yarn and EliTwist® two-ply yarn of linear density  $7.4 \text{ tex} \times 2$  from middle staple cotton fibres, and*
- *classic two-ply twisted yarn and EliTwist® two-ply yarn of linear densities  $13 \text{ tex} \times 2$  and  $10 \text{ tex} \times 2$  from wool fibres with finenesses  $19.5$  and  $18.5 \mu\text{m}$  [3–12].*

*The technological parameters and researched values of different quality parameters of analysed yarns are listed in Tables 2–4.*

*A comparison of reduced breaking tension with regard to twist intensity between EliTwist® two-ply yarn, compact and classic single yarn of identical linear densities is projected on the histogram in Figure 8.*

### 4 Discussion

*On the basis of the researched and compared properties between the EliTwist® two-ply yarns and classically twisted two-ply yarns of identical linear densities from different types and qualities of production fibres (cf. Tables 2, 3 and 4), the following findings and recognitions were acquired:*

- *Breaking tension of EliTwist® two-ply yarn of linear densities  $10 \text{ tex} \times 2$  and  $7.4 \text{ tex} \times 2$  from long staple cotton fibres is by 7.9% and 20.6% higher than the breaking tension of*

Pri izdelavi dvonitne preje za industrijsko prakso ima postopek EliTwist® veliko prednost pred drugimi postopki, ker za sukalnim trikotnikom niso potrebna nikakršna zaznamovala za prisotnost obeh stenjev v dvonitni preji. Če se pretrga kateri izmed stenjev, ki tvorita dvonitno prejo, se tudi drugi stenski zaradi premajhnega vitja samodejno pretrga in prekine izdelavo dvonitne preje.

Zmanjšanje razmika med stenjema v točki vpetja pred posredovanjem vitja dvonitni preji in posredno posameznim krakom stanjšanih stenjev omogoča tvorbo sukalnega trikotnika z minimalno dolžino stranic, ki jih tvorita stanjšana stena, ki sta veliko krajša od štapla predelovalnih vlaken. To omogoča boljše zasidranje in zapredanje velike večine vlaken v strukturo dvonitne preje in zmanjšanje tehnoloških odpadkov v napravi pnevmafil v primerjavi z izdelavo dvonitne preje po postopku SiroSpun®. [4–10]

Šele z iznajdbo postopka EliTwist® je dosežena gospodarna proizvodnja dvonitne preje na prstanskem predilniku tudi v bombažarskih predilnicah.

Razporeditev vlaken v strukturi dvonitne preje EliTwist® in klasične dvonitne sukane preje z enako smerjo sukanja, kot je smer vitja v enojnih prejah, kaže slika 6.

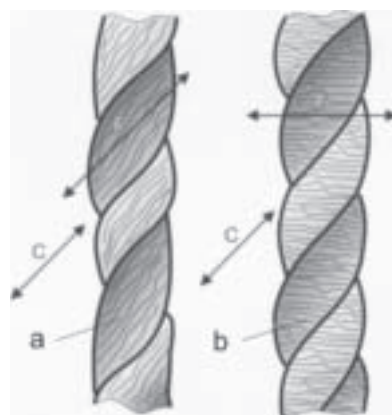


Figure 6: Influence of the production process of two-ply and twisted yarn on fibre orientation in two-ply yarn structure [10]

*C – twist direction; F – orientation of fibres in single yarns; a – two-ply yarn produced on ring spinning machine; b – twisted yarn produced on twisting machine*

Zaradi boljše vzdolžne orientacije vlaken v strukturi dvonitne preje EliTwist® (glej sliko 6) ima le-ta boljši izkoristek substančne trdnosti vlaken v strukturi preje, bolj okrogel prerez in manjšo kosmatost kot klasična dvonitna sukana preja enake finoče.

Izkoristka substančne trdnosti vlaken, ki ga lahko dosežemo s postopkom EliTwist®, se ne da primerjati z nobenim od postopkov predenja, ki so trenutno na voljo.

Zaradi svojih posebnih lastnosti je dvonitna preja EliTwist® zelo primerna kot osnova in vtek za proizvodnjo tkanin na visokozmogljivih statvah z zračnim curkom [4–10].

two-ply twisted yarn of the same linear density. The finer the EliTwist® two-ply yarn, the higher is the breaking tension of yarn due to the fibre compactness in the yarn structure. The linear density of classic two-ply yarn does not have a significant influence on the breaking tension changes.

- Breaking tension of EliTwist® two-ply yarn of linear density  $7.4 \text{ tex} \times 2$  from middle sta-

Gledano iz predilnega zornega kota je postopek EliTwist® največji napredek med dosedanjimi postopki predenja in sukanja z vrtjem do danes.

Postopek EliTwist® omogoča največji izkoristek substančne trdnosti vlaken v strukturi preje in najstabilnejši potek predilnega procesa [4–14].

Vzdolžni videz dvonitne preje, izdelane na prstanskem predilniku po postopku EliTwist®, in dvonitne sukanne preje, izdelane na sukalniku, kaže slika 7.

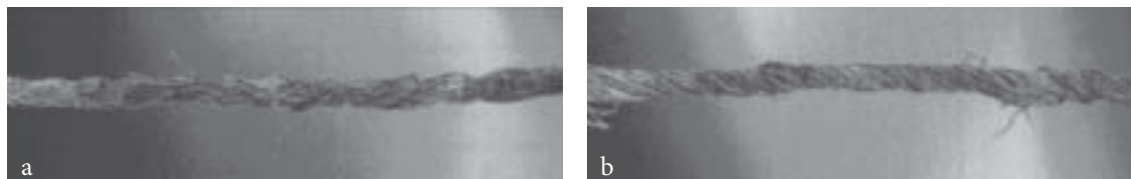


Figure 7: Longitudinal geometry of two-ply twisted yarn produced on twisting machine (a) and two-ply yarn produced with EliTwist® production process on ring spinning machine (b) [10]

ple cotton fibres is by 19.7% higher than the breaking tension of two-ply twisted yarn of the same linear density. The reason lies in a higher compactness degree and better clinging among fibres, as well as in the orientation of the majority of fibres into the direction of ply axis of EliTwist® two-ply yarn (cf. Figure 6).

- EliTwist® two-ply yarn of linear density  $7.4 \text{ tex} \times 2$  from long staple cotton fibres has by 15.3% higher breaking tension than yarn from middle staple cotton fibres of the same linear density. The classically twisted two-ply yarn of linear density  $7.4 \text{ tex} \times 2$  from long staple cotton fibres has by 14.3% higher breaking tension than yarn from middle staple cotton fibres of the same linear density. The reason is in the longer length of fibres, which have a close contact to each other in the ply axis direction and consequently, a

### 3 Primerjava lastnosti klasično sukanih prej z dvonitnimi prejami EliTwist®

Primerjalno predenje različnih finoč dvonitnih in dvonitnih sukanih prej je bilo izvedeno v praktikumu družbe Suessen. Primerjalno predenje dvonitnih in dvonitnih sukanih prej je bilo izvedeno za:

- dvonitno kompaktno sukanjo prejo in dvonitno prejo EliTwist® finoče  $10 \text{ tex} \times 2$  in  $7,4 \text{ tex} \times 2$  iz dolgovlaknatega bombažnega prediva,
- klasično sukanjo dvonitno prejo in dvonitno prejo EliTwist® finoče  $7,4 \text{ tex} \times 2$  iz srednjevlaknatega bombažnega prediva in
- klasično sukanjo dvonitno prejo in dvonitno prejo EliTwist® finoče  $13 \text{ tex} \times 2$  in  $10 \text{ tex} \times 2$  iz volnenega prediva finoče 19,5 in 18,5  $\mu\text{m}$  [3–12].

Nastavljeni tehnološki parametri in preiskane vrednosti različnih kakovostnih parametrov za zgoraj spredene preje so podane v preglednicah, ki sledijo.

Table 2: Quality parameters of classically twisted and EliTwist® two-ply yarn from long staple cotton fibres

| Quality parameters                       | Yarn linear density $10 \text{ tex} \times 2$ |           | Yarn linear density $7.4 \text{ tex} \times 2$ |           |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------|-----------|
|                                          | Classically twisted                           | EliTwist® | Classically twisted                            | EliTwist® |
| Breaking tension ( $\text{cNtex}^{-1}$ ) | 22.8                                          | 24.6      | 22.3                                           | 26.9      |
| Breaking elongation (%)                  | 5.2                                           | 6.3       | 4.7                                            | 5.8       |
| Uster evenness – CV (%)                  | 10.62                                         | 9.76      | 11.62                                          | 11.00     |
| Thin places on $10^3 \text{ m}$          | 0                                             | 0         | 0                                              | 0         |

Table 2: Continuation from previous page.

| Quality parameters                | Yarn linear density 10 tex × 2 |           | Yarn linear density 7.4 tex × 2 |           |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|
|                                   | Classically twisted            | EliTwist® | Classically twisted             | EliTwist® |
| Thick places on 10 <sup>3</sup> m | 3                              | 2         | 8                               | 8         |
| Neps on 10 <sup>3</sup> m         | 11                             | 14        | 22                              | 20        |
| Uster hairiness – H               | 4.9                            | 2.8       | 4.7                             | 2.7       |

Table 3: Quality parameters of classically twisted and EliTwist® two-ply yarn of linear density 7.4 tex × 2 from middle staple cotton fibres

| Quality parameters                                  | Type of twisted yarn |           |
|-----------------------------------------------------|----------------------|-----------|
|                                                     | Classically twisted  | EliTwist® |
| Breaking tension (cNtex <sup>-1</sup> )             | 19.5                 | 23.34     |
| Breaking elongation (%)                             | 4.04                 | 4.44      |
| Uster evenness – CV (%)                             | 11.12                | 10.66     |
| Thin and thick places and neps on 10 <sup>3</sup> m | 15                   | 19        |
| Uster hairiness – H                                 | 5.70                 | 4.02      |
| Yarn diameter (mm)                                  | 0.220                | 0.191     |
| Compactness – yarn density (gcm <sup>-3</sup> )     | 0.39                 | 0.51      |
| Round cross section area degree                     | 0.73                 | 0.81      |

Table 4: Quality parameters of classically twisted and EliTwist® two-ply yarn of linear density 13 tex × 2 and 10 tex × 2 from wool yarn of finenesses 19.5 and 18.5 µm

| Technological and quality parameters    | Type of yarn        |            | Type of yarn        |            |
|-----------------------------------------|---------------------|------------|---------------------|------------|
|                                         | Classically twisted | EliTwist®  | Classically twisted | EliTwist®  |
| Fineness of wool fibres (µm)            | 19.5                | 19.5       | 18.5                | 18.5       |
| Linear density of yarn (tex)            | 13 tex × 2          | 13 tex × 2 | 10 tex × 2          | 10 tex × 2 |
| Breaking tension (cNtex <sup>-1</sup> ) | 6.68                | 7.37       | 6.68                | 7.25       |
| Breaking elongation (%)                 | 20.40               | 16.50      | 18.50               | 15.60      |
| Uster evenness – CV (%)                 | 16.25               | 15.22      | 19.20               | 17.30      |
| Thin places on 10 <sup>3</sup> m        | 70                  | 42         | 220                 | 96         |
| Thick places on 10 <sup>3</sup> m       | 20                  | 10         | 66                  | 20         |
| Neps on 10 <sup>3</sup> m               | 7                   | 4          | 12                  | 8          |
| Zweigle hairiness – S3                  | 450                 | 220        | 420                 | 125        |

Table 4: Continuation from previous page.

| Technological and quality parameters                | Type of yarn        |           | Type of yarn        |           |
|-----------------------------------------------------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|
|                                                     | Classically twisted | EliTwist® | Classically twisted | EliTwist® |
| Rotation frequency of spindle ( $\text{min}^{-1}$ ) | 8,000               | 10,500    | 7,500               | 10,000    |
| Ring diameter (mm)                                  | 55                  | 55        | 55                  | 55        |
| No of yarn breaks on $10^3$ spindle hours           | 40                  | 15        | 40                  | 10        |

higher contact area and friction among fibres in the yarn structure.

- Breaking tension of EliTwist® two-ply yarn of linear density  $13 \text{ tex} \times 2$  from wool fibres of fineness  $19.5 \mu\text{m}$  is by about 10.3% higher than the breaking tension of two-ply twisted yarn of the same linear density. The breaking tension of EliTwist® two-ply yarn of linear density  $10 \text{ tex} \times 2$  from wool fibres of fineness  $18.5 \mu\text{m}$  is by 8.5% higher than the breaking tension of two-ply twisted yarn of the same linear density. With finer EliTwist® two-ply yarn from wool fibres, lower efficiency of substance strength of fibres is achieved, which is contrary to the lawfulness valid for two-ply yarn from cotton fibres. At the production of classic two-ply twisted yarn, the linear density of yarn and fibres does not have a significant influence on the change in breaking tension of yarn.
- Breaking elongation of EliTwist® two-ply yarn of linear densities  $10 \text{ tex} \times 2$  and  $7.4 \text{ tex} \times 2$  from long staple cotton fibres is by 21.2% and 23.4% higher than the breaking elongation of two-ply twisted yarns of the same linear density. With finer EliTwist® two-ply yarn and classically twisted yarn, the breaking elongation of yarn is consequently lower.
- Breaking elongation of EliTwist® two-ply yarn of linear density  $7.4 \text{ tex} \times 2$  from middle staple cotton fibres is by 9.9% higher than the breaking elongation of two-ply twisted yarn of the same linear density.
- EliTwist® two-ply yarn of linear density  $7.4 \text{ tex} \times 2$  from long staple cotton fibres has by 31.8% higher breaking elongation than the yarn from middle staple cotton fibres of the same linear density. The classically twisted two-ply yarn of linear density  $7.4 \text{ tex} \times 2$  from long staple cotton fibres has by 16.4%

Primerjavo reducirane pretržne napetosti glede na intenzivnost vijta med dvonitno prejo EliTwist®, kompaktno in klasično enojno prejo enakih finoč kaže histogram na sliki 8.

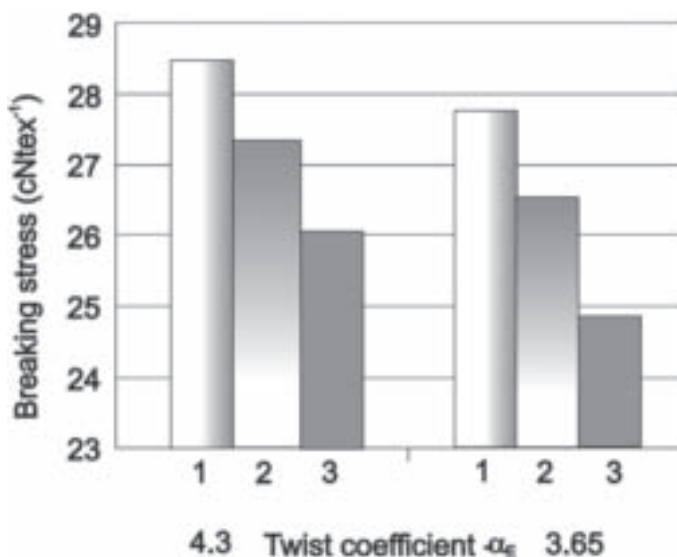


Figure 8: The influence of twist coefficient on breaking tension of two-ply and single yarns [10]

1 – EliTwist® two-ply yarn  $13 \text{ tex} \times 2$ ; 2 – single compact yarn 26 tex; 3 – classic single yarn 26 tex

## 4 Razprava o rezultatih

Na podlagi preiskanih in primerjanih lastnosti med dvonitnimi prejami EliTwist® in klasičnimi dvonitnimi sukanimi prejami enakih finoč iz različnih vrst in kakovosti predelovalnega prediva (glej preglednice 2, 3 in 4) smo prišli do naslednjih ugotovitev in spoznanj:

- Pretržna napetost dvonitne preje EliTwist® finoče  $10 \text{ tex} \times 2$  in  $7.4 \text{ tex} \times 2$  iz dolgovlaknatega bombažnega prediva je za 7,9 odstotka in 20,6 odstotka večja od pretržne napetosti sukane dvonitne preje enake finoče. Čim finejša je dvonitna preja EliTwist®, tem večja je pretržna napetost preje zaradi boljšega kompaktiranja (zgostitve) vlaken v strukturi preje. Pri izdelavi klasič-

higher breaking elongation than yarn from middle staple cotton fibres of the same linear density.

- Breaking elongation of EliTwist® two-ply yarn of linear density 13 tex  $\times$  2 from wool fibres of fineness 19,5  $\mu\text{m}$  is by 19,1% lower than the breaking elongation of two-ply twisted yarn of the same linear density. With EliTwist® two-ply yarn of linear density 10 tex  $\times$  2 from wool fibres of fineness 18,5  $\mu\text{m}$ , the breaking elongation is lower by 15,7% than the breaking elongation of two-ply twisted yarn of the same linear density. The breaking elongations are lower with EliTwist® two-ply yarns from wool fibres with finer yarns.
- Uster evenness of EliTwist® two-ply yarns from long and middle staple cotton fibres, if compared to classic two-ply twisted yarn from the same fibres and the same linear densities, is very similar, which means that the process of compacting at the production of EliTwist® two-ply yarn does not significantly improve yarn evenness. The reason for the identical evenness values of compared yarns lies in the similar construction of double-apron three-roll drafting system, which has an important influence on yarn evenness.
- Uster evenness of EliTwist® two-ply yarns from wool fibres is better than with the classic two-ply twisted yarns of the same linear density.
- The number of thin and thick places and the number of neps on 10<sup>3</sup> m of yarn at EliTwist® two-ply yarn and classic two-ply twisted yarn from middle and long staple cotton fibres is very similar, which leads to the conclusion that the process of compacting does not significantly influence the number of thin, thick places and neps on 10<sup>3</sup> m of yarn.
- The number of thin and thick places and the number of neps on 10<sup>3</sup> m of yarn at EliTwist® two-ply yarn from wool fibres of finenesses 19,5 and 18,5  $\mu\text{m}$  is clearly lower, compared to classic two-ply twisted yarns, which means that the process of compacting at the EliTwist® two-ply yarn production from wool fibres does have an important influence on the number of thin, thick places and neps on 10<sup>3</sup> m of yarn.
- Uster hairiness - H at EliTwist® two-ply yarn from long and middle staple cotton fibres is

no sukane dvonitne preje finoča preje nima izrazitega vpliva na spremembo pretržne napetosti preje.

- Pretržna napetost dvonitne preje EliTwist® finoče 7,4 tex  $\times$  2 iz srednjevlaknatega bombažnega prediva je za 19,7 odstotka večja od pretržne napetosti sukane dvonitne preje enake finoče. Vzrok so večja stopnja kompaktiranja, boljše oprijemanje med vlakni in orientacija večine vlaken v smeri osi dvonitne preje EliTwist® (glej sliko 6).
- Dvonitna preja EliTwist® finoče 7,4 tex  $\times$  2 iz dolgovlaknatega bombažnega prediva ima za 15,3 odstotka večjo pretržno napetost kot preja enake finoče iz srednjevlaknatega bombažnega prediva. Klasično sukana dvonitna preja finoče 7,4 tex  $\times$  2 iz dolgovlaknatega bombažnega prediva pa ima za 14,3 odstotka večjo pretržno napetost kot preja enake finoče iz srednjevlaknatega bombažnega prediva. Vzrok so daljša vlakna, ki se med seboj oprijemajo v smeri osi preje, kar posledično omogoča večjo kontaktno površino in večje torne sile med vlakni v strukturi preje.
- Pretržna napetost dvonitne preje EliTwist® finoče 13 tex  $\times$  2 iz volnenega prediva finoče 19,5  $\mu\text{m}$  je za 10,3 odstotka večja od pretržne napetosti sukane dvonitne preje enake finoče. Pretržna napetost dvonitne preje EliTwist® finoče 10 tex  $\times$  2 iz volnenega prediva finoče 18,5  $\mu\text{m}$  je večja za 8,5 odstotka od pretržne napetosti sukane dvonitne preje enake finoče. Pri finejših dvonitnih prejah EliTwist® iz volnenega prediva se dosega manjši izkoristek substančne trdnosti vlaken v strukturi preje, kar je nasprotno od zakonitosti, ki velja za dvonitno prejo iz bombažnega prediva. Pri izdelavi klasično sukane dvonitne preje finoča preje in vlaken nima pomembnega vpliva na spremembo pretržne napetosti preje.
- Pretržni raztezek dvonitnih prej EliTwist® finoče 10 tex  $\times$  2 in 7,4 tex  $\times$  2 iz dolgovlaknatega bombažnega prediva je za 21,2 odstotka in 23,4 odstotka večji od pretržnega raztezka sukanih dvonitnih prej enake finoče. Čim finejša je dvonitna preja EliTwist® in klasično sukana preja, tem manjši je pretržni raztezek preje.
- Pretržni raztezek dvonitne preje EliTwist® finoče 7,4 tex  $\times$  2 iz srednjevlaknatega bombažnega prediva je za 9,9 odstotka večji od pretržnega raztezka sukane dvonitne preje enake finoče.
- Dvonitna preja EliTwist® finoče 7,4 tex  $\times$  2 iz dolgovlaknatega bombažnega prediva ima za 31,8 odstotka večji pretržni raztezek kot preja enake finoče iz srednjevlaknatega bombažnega prediva. Klasično sukana dvonitna preja finoče 7,4 tex  $\times$  2 iz dolgovlaknatega bombažnega prediva ima za 16,4 odstotka večji pretržni raztezek kot preja enake finoče iz srednjevlaknatega bombažnega prediva.
- Pretržni raztezek dvonitne preje EliTwist® finoče 13 tex  $\times$  2 iz volnenega prediva finoče 19,5  $\mu\text{m}$  je za 19,1 odstotka manjši od pretržnega raztezka sukane dvonitne preje enake finoče. Pri dvonitni preji EliTwist® finoče 10 tex  $\times$  2 iz volnenega

clearly lower, compared to classic two-ply twisted yarn of the same linear density. The latter implies that the compacting process at the EliTwist® two-ply yarn production has an important influence on compacting and spinning of the majority of fibres in the yarn structure with both sides. In consequence, hairiness becomes lower and the substance strength of fibres in the two-ply structure increases.

- Zweigle hairiness – S3 at EliTwist® two-ply yarn from wool fibres is clearly lower compared to classic two-ply twisted yarn of the same linear density, which indicates that the process of compacting at the EliTwist® two-ply yarn from wool fibres production has an important influence on the compacting and spinning of the majority of fibres in the yarn structure with both sides.
- EliTwist® two-ply yarn of linear density  $7.4 \text{ tex} \times 2$  from middle staple cotton fibres has due to the compactness and closer packing of fibres by 15.2% lower diameter in the yarn cross section area, compared to classic two-ply twisted yarn of the same linear density.
- Due to compacting at EliTwist® two-ply yarn of linear density  $7.4 \text{ tex} \times 2$ , the specific density of yarn is by 31.8% higher than the specific density of classic two-ply twisted yarn of the same linear density.
- Rotation frequency of the spindle at EliTwist® two-ply yarn of linear density  $13 \text{ tex} \times 2$  from wool fibres of fineness  $19.5 \mu\text{m}$  is by 25% higher than the rotation frequency of the spindle at two-ply twisted yarn production of the same linear density. The rotation frequency of the spindle with EliTwist® two-ply yarn of linear density  $10 \text{ tex} \times 2$  from wool fibres of fineness  $18.5 \mu\text{m}$  is by 33.3% higher than the rotation frequency of the spindle with two-ply twisted yarn production of the same linear density.
- The number of yarn breaks on  $10^3$  spindle hours with EliTwist® two-ply yarn of linear density  $13 \text{ tex} \times 2$  from wool fibres of fineness  $19.5 \mu\text{m}$  is 1.67 times lower than the number of yarn breaks on  $10^3$  spindle hours at two-ply twisted yarn production of the same linear density. The number of yarn breaks on  $10^3$  spindle hours at the EliTwist® two-ply yarn of linear density  $10 \text{ tex} \times 2$  from wool fibres prediva finoče  $18,5 \mu\text{m}$  je pretržni raztezek za 15,7 odstotka manjši od pretržnega raztezka sukane dvonitne preje enake finoče. Pri dvonitnih prejah EliTwist® iz volnenega prediva pri finjših prejah so pretržni raztezki manjši.
- Uster enakomernost dvonitnih prej EliTwist® iz dolgovlaknatega in srednjevlaknatega bombažnega prediva v primerjavi s klasično sukanimi dvonitnimi prejami iz enakega prediva in enake finoče je zelo podobna. To pomeni, da proces kompaktiranja pri izdelavi dvonitnih prej EliTwist® nima bistvenega vpliva na izboljšanje enakomernosti preje. Vzrok za podobno enakomernost primerjanih prej je v enakem trivaljčnem dvojermenčnem raztežalu, ki ima pomemben vpliv na enakomernost preje.
- Uster enakomernost dvonitnih prej EliTwist® iz volnenega prediva pa je nekoliko boljša kot pri klasično sukanih dvonitnih prejah enake finoče.
- Število tankih in debelih mest ter število vozličkov na  $10^3 \text{ m}$  preje pri dvonitnih prejah EliTwist® in klasično sukanih dvonitnih prejah iz dolgovlaknatega in srednjevlaknatega bombažnega prediva je zelo podobno, kar pomeni, da proces kompaktiranja nima pomembnega vpliva na zgoraj navedene lastnosti preje.
- Število tankih in debelih mest ter število vozličkov na  $10^3 \text{ m}$  preje pri dvonitnih prejah EliTwist® iz volnenega prediva finoče  $19,5$  in  $18,5 \mu\text{m}$  je izrazito manjše kot pri klasično sukanih dvonitnih prejah, kar pomeni, da proces kompaktiranja pri izdelavi dvonitnih prej EliTwist® iz volnenega prediva pomembno vpliva na zgoraj navedene lastnosti preje.
- Kosmatost po Usterju – H pri dvonitnih prejah EliTwist® iz dolgovlaknatega in srednjevlaknatega bombažnega prediva je izrazito manjša kot pri klasično sukanih dvonitnih prejah enake finoče. To pomeni, da kompaktiranje pri izdelavi dvonitnih prej EliTwist® pomembno vpliva na zgostitev in zapredanje večine vlaken z obema koncema v strukturo preje in posredno na zmanjšanje kosmatosti in povečanje izkoristka substančne trdnosti vlaken v strukturi dvonitne preje.
- Kosmatost po Zweigleu – S3 pri dvonitnih prejah EliTwist® iz volnenega prediva je izrazito manjša kot pri klasično sukanih dvonitnih prejah enake finoče. To pomeni, da kompaktiranje tudi pri izdelavi dvonitnih prej EliTwist® iz volnenega prediva pomembno vpliva na zgostitev in zapredanje večine vlaken z obema koncema v strukturo preje.
- Dvonitna preja EliTwist® finoče  $7,4 \text{ tex} \times 2$  iz srednjevlaknatega bombažnega prediva ima zaradi vpliva kompaktnosti in gostejšega pakiranja vlaken v prerez preje za 15,2 odstotka manjši premer kot klasično sukana dvonitna preja enake finoče.
- Zaradi kompaktiranja pri dvonitni preji EliTwist® finoče  $7,4 \text{ tex} \times 2$  je specifična gostota preje za 31,8 odstotka večja od specifične gostote klasično sukane dvonitne preje enake finoče.
- Stopnja okroglosti prereza preje je pri dvonitni preji EliTwist® finoče  $7,4 \text{ tex} \times 2$  za 10,9 odstotka večja od stopnje okroglosti prereza klasično sukane dvonitne preje enake finoče.

of fineness  $18.5 \mu\text{m}$  is 3 times lower than the number of yarn breaks on  $10^3$  spindle hours at two-ply twisted yarn production of the same linear density.

- By increasing the twist coefficient of EliTwist® two-ply yarn, single classic yarn and compact yarn due to the increase in the compressing forces among fibres in the cross section area of yarn, the breaking tension of different structures of yarns increases as well (cf. Figure 8). EliTwist® two-ply yarn of linear density  $13 \text{ tex} \times 2$ , where the influence of compacting and doubling of two single yarns into two-ply yarn is expressed, reaches at the twist coefficient  $\alpha_c = 4.3$  by 4.7% higher breaking tension than the compact single yarn and by 10.7% higher breaking tension than the classic single ring spun yarn. With the twist coefficient  $\alpha_c = 3.65$ , the EliTwist® two-ply yarn of linear density  $13 \text{ tex} \times 2$  reaches by 4.9% higher breaking tension than the compact single yarn and by 11.7% higher breaking tension than the classic single ring spun yarn.

## 5 Conclusions

Based on the analysis of theory and technology of classic two-ply twisted yarn and two-ply production on a ring spinning machine using classic and compact method, and based on the researched and compared properties between EliTwist® two-ply yarns and classic two-ply twisted yarns of the same linear densities from different fibre types and qualities, the following conclusions can be drawn:

- EliTwist® two-ply yarns of similar linear densities from cotton fibres of different qualities distinguish very smooth texture, closed structure, up to 11% rounder cross section area, up to 15% smaller diameter, up to 32% higher specific density, up to 20% higher substance strength of fibres in the yarn structure, up to 10 times lower loss of fibres in the pneumatic device, similar yarn evenness, lower hairiness, up to 20% higher breaking tension, up to 23% higher breaking elongation, higher work of rupture, very high resistance to fibre slippage in the skin, high abrasion resistance, lower pilling, very low hairiness tendency and lower twist coefficient.

- Vrtilna hitrost vretena pri izdelavi dvonitne preje EliTwist® finoče  $13 \text{ tex} \times 2$  iz volnenega prediva finoče  $19,5 \mu\text{m}$  je za 25 odstotkov večja od vrtilne hitrosti vretena za izdelavo sukane dvonitne preje enake finoče. Vrtilna hitrost vretena pri izdelavi dvonitne preje EliTwist® finoče  $10 \text{ tex} \times 2$  iz volnenega prediva finoče  $18,5 \mu\text{m}$  pa je za 33,3 odstotka večja od vrtilne hitrosti vretena za izdelavo sukane dvonitne preje enake finoče.
- Število pretrgov preje na  $10^3$  vretenskih ur pri izdelavi dvonitne preje EliTwist® finoče  $13 \text{ tex} \times 2$  iz volnenega prediva finoče  $19,5 \mu\text{m}$  je 1,67-krat manjše od števila pretrgov preje za izdelavo sukane dvonitne preje enake finoče. Število pretrgov preje na  $10^3$  vretenskih ur pri izdelavi dvonitne preje EliTwist® finoče  $10 \text{ tex} \times 2$  iz volnenega prediva finoče  $18,5 \mu\text{m}$  je trikrat manjše od števila pretrgov preje za izdelavo sukane dvonitne preje enake finoče.
- S povečanjem koeficienta vitja dvonitne preje EliTwist®, enojne klasične in kompaktne preje zaradi povečanja kompresijskih sil med vlakni v prerezu preje narašča tudi pretržna napetost različnih struktur prej (glej sliko 8). Dvonitna preja EliTwist® finoče  $13 \text{ tex} \times 2$ , pri kateri pride do izraza vpliv kompaktiranja in združevanja dveh enojnih prej v dvonitno prejo, dosega pri koeficientu vitja  $\alpha_c = 4,3$  za 4,7 odstotka večjo pretržno napetost kot kompaktna enojna preja in za 10,7 odstotka večjo pretržno napetost kot klasična enojna prstanska preja. Pri koeficientu vitja  $\alpha_c = 3,65$  dvonitna preja EliTwist® finoče  $13 \text{ tex} \times 2$  pa dosega za 4,9 odstotka večjo pretržno napetost kot kompaktna enojna preja in za 11,7 odstotka večjo pretržno napetost kot klasična enojna prstanska preja.

## 5 Sklepi

Na podlagi temeljite analize teorije in tehnologije izdelave klasične sukane dvonitne preje in dvonitne preje, spredene na prstanskem predilniku po klasičnem in kompaktnem postopku predenja, ter na podlagi preiskanih in primerjanih lastnosti med dvonitnimi prejami EliTwist® in klasičnimi dvonitnimi sukanimi prejami enakih finoč iz različnih vrst in kakovosti predelovalnega prediva smo prišli do naslednjih sklepov:

- Dvonitne preje EliTwist® primerjanih finoč iz različne kakovosti bombažnega prediva odlikujejo: zelo gladka tekstura, zaprta površina, do 11 odstotkov bolj okrogel prečni prerez, do 15 odstotkov manjši premer, do 32 odstotkov večja specifična gostota, do 20 odstotkov večji izkoristek substančne trdnosti vlaken v strukturi preje, do 10-krat manjša izguba vlaken v napravi pnevmafil, podobna enakomernost preje, majhna kosmatost, do 20 odstotkov večja pretržna napetost, do 23 odstotkov večji pretržni raztezek, večje pretržno delo, zelo visoka odpornost na zdrs vlaken v plašču in na obrabo, manjši piling, zelo majhna nagnjenost h kosmatenju in nižji koeficienti vitja.

- EliTwist® two-ply yarns of similar linear densities from wool fibres of different qualities distinguish very smooth texture, closed yarn structure, up to 10% higher substance strength of fibres in the yarn structure, up to 12 times lower fibre loss in the pneumafil device, better yarn evenness as a result of doubling two thinned and twisted roving frames in two-ply yarn, distinctively lower hairiness, up to 10% higher breaking tension, up to 20% lower breaking elongation, very high abrasion resistance, lower pilling, extremely low hairiness and up to 10% lower twist coefficient.
- Important economical savings which are achieved with the EliTwist® production process compared to the classic production process of two-ply twisted yarn are compacting thinned roving strands, doubling and twisting them into two-ply yarn in a single operation, production costs are lower by 50% compared to the production of classic two-ply yarn, up to a 33% increase in the rotation frequency of the spindle at the yarn production from wool fibres, up to 3 times smaller number of yarn breaks on 10<sup>3</sup> spindle hours, an increase in the machine efficiency of spinning machine and saving or elimination of the starching agent at a number of applications.
- EliTwist® production process moves the ability of spinning wool fibres with the two-ply yarn production by 10–15% into the field of finer yarns.
- EliTwist® production process of two-ply yarn is a process based on economical and quality parameters, which exceeds the production processes of two-ply and two-ply twisted yarns known today.
- The frequent field of use of EliTwist® two-ply yarns are woven fabrics for shirts and trousers of the highest quality class, light woven fabrics for dresses, increasing application for knitted fabrics, special two-ply yarn with high strength for technical woven fabrics etc.

Due to the quick changes in fashion and market demands for different linear densities, structures, colours and chemical compositions of two-ply and classic two-ply twisted yarns, it could be concluded that the EliTwist® production process of two-ply yarn in cotton and wool

- Dvonitne preje EliTwist® primerjanih finoč iz volnenega prediva različnih kakovosti odlikujejo: zelo gladka tekstura, zaprta površina preje, do 10 odstotkov boljši izkoristek substancne trdnosti vlaken v strukturi preje, do 12-krat manjša izguba vlaken v napravi pnevmafil, enakomernejša preja kot posledica združevanja dveh stanjšanih in vitih stenjev v dvonitno prejo, izredno majhna kosmatost, do 10 odstotkov večja pretržna napetost, do 20 odstotkov manjši pretržni raztezek, zelo visoka odpornost na obrabo, manjši piling, zelo majhna nagnjenost h kosmatenju in do 10 odstotkov nižji koeficienti vitja.
- Pomembni gospodarni prihranki, ki jih omogoča postopek EliTwist® v primerjavi s klasičnim postopkom izdelave dvonitne sukane preje, so: kompaktiranje stanjšanih stenjev, združevanje in vitje le-teh v dvonitno prejo v eni tehnološki operaciji, izdelovalni stroški se v primerjavi s klasično izdelavo dvonitne preje znižajo tudi do 50-odstotno, do 33-odstotno povečanje vrtilne hitrosti vretena pri izdelavi preje iz volnenega prediva, do 3-kratno zmanjšanje števila pretrgov preje na 10<sup>3</sup> vreten-skih ur, povečanje strojnega izkoristka predilnika in prihranek ali celo opustitev sredstva za škrobljenje pri številnih aplikacijah.
- S postopkom pređenja EliTwist® se predljivost volnenega prediva pri izdelavi dvonitnih prej premakne za 10 do 15 odstotkov v območje finejših prej.
- EliTwist® je postopek, ki glede kakovostnih in gospodarnih parametrov izdatno presega vse dosedanje postopke izdelave dvonitne in dvonitne sukane preje.
- Najpogostejša področja uporabe dvonitnih prej EliTwist® so: tkanine za srajce in hlače, ki spadajo v najvišji kakovostni razred, lahke tkanine za obleke, čedalje več se uporabljajo za pletenine, posebne dvonitne preje z visoko trdnostjo za tehnične tkanine itd.

Glede na hitre spremembe mode in zahteve trga po različnih finočah, strukturah, barvah in surovinskih sestavah dvonitnih in klasično sukanih dvonitnih prej lahko povzamemo, da se postopek EliTwist® v bombažarskih in volnarskih predilnicah tem zahtevam lahko hitro prilagaja in omogoča popestritev proizvodnega programa predilnice ter hitro prilagajanje zahtevam trga.

## 6 Literatura

1. SUBRAMANIAM V., NATARAJAN, K.S. Frictional Properties of Siro Spun Yarns. *Textile Research Journal*, 1990, vol. 60 (4), p. 234–239.
2. CHENG, K.P.S., SUN, M.N. Effect of Strand Spacing and Twist Multiplier on Cotton Sirospun Yarn. *Textile Research Journal*, 1998, vol. 68 (7), p. 520–527.
3. STADLER, H. New spinning process ComforSpin. *Melliand International*, 2000, vol. 6 (3), p. 22–25.

mills could very quickly adjust to the above mentioned demands and enable variegation in the production assortment of the spinning mill.

4. BRUNK, N. EliTwist – A Compact Yarn for Superior Demands. *Spinnovation*, 2003, vol. 19, p.17–20.
5. DOMINIKA R., PRZYBYŁ, K. Analysis of Yarn Twist from the Point of View of Current Knowledge. *AUTEX Research Journal*, 2003, vol. 3 (1), 2003, p. 1–8.
6. ATSU, K. Bahariye Mensucat, Istanbul, Turkey. *Spinnovation*, 2004, vol. 20, p. 4–7.
7. ROSIAK D., PRZYBYŁ, K. Twisting of Multi - folded Yarns and Threads Manufactured by Means of New Spinning Technologies. *AUTEX Research Journal*, 2004, vol. 4 (3), p. 1–5.
8. RAMASUBBU, S. EliTe® Compact Spinning System - A Uster's View. *Spinnovation*, 2005, vol. 21, p. 17–20.
9. KANTHIMATHINATHAN, S. EliTwist® – Spinning of Two – Ply Weaving Yarns. *Spinnovation*, 2005, vol. 21, p. 25–27.
10. BRUNK, N. EliTwist® – Three Years after Market Introduction. *Spinnovation*, 2006, vol. 22, p.10–16.
11. SHAIKHZADEH NAJAR S.; KHAN, Z. A., WANG, X. G. The New Solo - Siro spun Process for Worste Yarns. *Journal of the Textile Institute*, 2006, vol. 97 (3), p. 205–210.
12. GOKARNESHAN N., ANBUMANI, N., SUBRAMANIAM, V. Influence of Strand Spacing on the Interfibre Cohesion in Siro Yarns. *Journal of the Textile Institute*, 2007, vol. 98 (3), 2007, p. 289–292.
13. GHASEMI R., MOZAFARI – DANA, R., ETRATI, S. M., SHAIKHZADEH NAJAR, S. Comparing the Physical Properties of Produced Sirospun and New Hybrid Solo - Siro Spun Blend Wool / Polyester Worsted Yarns. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2008, vol. 16 (1), 2008, p. 24–27.
14. Prospektna in tehnična dokumentacija družb Suessen in Zinser.

## Ski-Jumper Suit Prototyping

Professional Paper

Received August 2009 • Accepted September 2009

### Abstract

*Excellent results do not depend solely on sportsmen's physical condition, but also on the sport suit required by a specific sports discipline. From the aerodynamic point of view, a ski-jumper suit can be, next to the jumping skis, regarded as the main part of the equipment. The jumpsuit shape and size need to be individually adapted to each ski-jumper taking into account precise requirements by FIS (Fédération Internationale de Ski). Constructing a ski-jumper suit is a demanding process, since the FIS rules change annually in order to assure ski-jumpers safe yet competitive ski jumps. Modern technologies enable rapid and precise development of prototypes of garments by ensuring higher efficiency and accuracy of the construction process. The article presents the development of the prototype of a ski-jumper suit in accordance with the FIS rules. The results demonstrate the process of virtual prototyping of a ski-jumper suit and a comparison with a real jumpsuit.*

**Keywords:** *ski jumps, ski-jumper suit, FIS rules, jumpsuit construction, CAD system, OptiTex, virtual prototyping*

Vodilni avtorici/corresponding authors:

**Simona Jevšnik**

tel.: +386 31 561 623

e-mail: simona.jevsnik@vsd.si

**Andreja Rudolf**

tel.: +386 2 220 79 64

e-mail: arudolf@uni-mb.si

Barbara Štanc<sup>1</sup>, Tjaša Lukač<sup>1</sup>, Simona Jevšnik<sup>2</sup>, Andreja Rudolf<sup>1</sup>, Zoran Stjepanovič<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Oddelek za tekstilne materiale in oblikovanje, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru

<sup>2</sup> Visoka šola za dizajn v Ljubljani, samostojni visokošolski zavod

## Izdelava prototipa tekmovalnega dresa smučarja skakalca

### Strokovni članek

Poslano avgust 2009 • Sprejeto september 2009

### Izvleček

Rezultati športnikov so odvisni od športne usposobljenosti in telesne pripravljenosti posameznika, kot tudi od opreme, ki jo zahteva športna disciplina. Dres smučarja skakalca je z aerodinamičnega vidika poleg smuči najpomembnejši del opreme. Obliko in velikost tekmovalnega dresa smučarja skakalca je treba prilagoditi vsakemu športniku posebej, glede na zahteve Mednarodne smučarske zveze (Fédération Internationale de Ski, FIS). Konstruiranje dresa smučarja skakalca je z inženirskega vidika zelo zahtevno, saj se pravila mednarodne smučarske zveze vsako leto spreminjajo zaradi zagotavljanja varnosti športnika med samim skokom ob sočasnem doseganju vrhunskih rezultatov. Sodobne računalniške tehnologije omogočajo hiter in natančen razvoj prototipov oblačil na podlagi povečane učinkovitosti in natančnosti pri konstruiranju krojev, pomerjanju in prilaganju oblačila na virtualnem modelu telesa. V prispevku je prikazan razvoj prototipa tekmovalnega dresa smučarja skakalca po pravilih FIS s pomočjo računalniškega sistema OptiTex. Sistem je namenjen izdelovanju prototipov 3D-tekstilnih izdelkov od konstruiranja in modeliranja krojev do virtualne simulacije videza sešitega izdelka, pri katerem so upoštevane tudi dejanske mehanske in fizikalne lastnosti tekstilije. Rezultati prikazujejo proces virtualnega oblikovanja dresa smučarja skakalca po pravilih FIS, ki je bil potem primerjan z realnim modelom. Spoznanja in rezultati izvedenega razvoja kroja z uporabo programskega paketa Optitex kažejo na hitro in zanesljivo prilagajanje dresov športnikov glede na mednarodna pravila.

**Ključne besede:** smučarski skoki, dres smučarja skakalca, FIS, konstrukcija in modeliranje, CAD sistem OptiTex, virtualna izdelava prototipa

## 1 Uvod

Smučarski skoki so zimska športna panoga, v kateri se skakalec spusti po zaletišču skakalnice in skuša leteti/doskočiti čim dlje. Pri tem ima pomembno vlogo dres smučarja skakalca, ki s svojo aerodinamično obliko na podlagi zračne prepustnosti in ustrezne površinske strukture laminata pripomore k varnosti in uspešnosti skoka. Oblika kroja, vrsto materiala in način izdelave predpisuje Mednarodna smučarska zveza (Fédération Internationale de Ski, FIS), cilj pa je zagotoviti varnost ob sočasnem doseganju vrhunskih rezultatov. Razvoj kroja je treba glede na predpise prilagoditi vsakemu tekmovalcu posebej. Tak proces zahteva od konstruktorjev krojev veliko napora, saj je sestavljen iz številnih iterativnih postopkov pri izrisu kroja, modeliranju in izdelavi prototipa. Za hitro izdelavo oblačila in učinkovito prilagajanje kroja telesu je v prispevku predstavljen sodoben računalniško podprt način izdelave prototipa dresa smučarja skakalca, ki je pomemben prispevek k tekmovalnemu nordijskemu smučarskemu športu, saj vsako leto predpišejo nova pravila, povezana z obliko kroja z vidika varnosti.

## 2 Dres smučarja skakalca

Smučarski skoki izvirajo iz Norveške. Prvo tekmovanje so organizirali leta 1862. Leta 1892 so tekmovanje, ki je potekalo enkrat na leto, preselili v Oslo, natančneje na skakalnico Holmenkollen, ki je postala pravo smučarsko središče za to nordijsko disciplino [1].

Smučarski skoki so eden paradnih zimskih športov, pri katerem je kombinezon oz. tekmovalni dres smučarja skakalca z aerodinamičnega vidika poleg smuči in tehnike izvedbe skoka najpomembnejši del opreme. Tehnika skoka odločilno vpliva na

dolžino skoka in ocene sloga. Razvoj tehnike smučarskih skokov je ozko povezan z razvojem biomehanskih in aerodinamičnih spoznanj ter velikostjo skakalnic. Pred letom 1910 je bila znana tehnika telemark, med letoma 1910 in 1920 pa se je razvila pokončna tehnika skoka z rokami, usmerjenimi nazaj. Od leta 1925 se je razvoj smučarskih skokov izpopolnjeval in skakalci so med skokom čedalje bolj prehajali v položaj izrazitega naklona v smeri naprej. V prvi fazi so imeli roke odmaknjene od telesa, nato pred telesom, nakar so jih prenesli ob telo z nazaj usmerjenimi dlanmi. Ta tehnika je ostala znana kot klasična tehnika do leta 1991, ko je tudi naš skakalec Franci Petek postal zadnji svetovni prvak v tej tehniki na svetovnem prvenstvu v Predazzu v Italiji. Leto pozneje se je uveljavila tako imenovana V-tehnika, pri kateri so smuči postavljene v obliki črke „V“. Ta tehnika je postala aerodinamično učinkovitejša in je tudi zahtevala večje gibalne spretnosti skakalcev (slika 1). Glavne značilnosti tehnike gibanja skakalca pa so ostale nespremenjene [2].



Skok v klasični, vzporedni tehniki



V-tehnika skakanja

Slika 1: Tehniki smučarskih skokov [2]

## 2.1 Pravila FIS za konstruiranje dresa smučarja skakalca

Mednarodna smučarska zveza (International Ski Federation/Fédération Internationale de Ski, FIS) je glavna mednarodna organizacija za smučarske športe, ki je bila ustanovljena 1924 v Chamonixu v Franciji [3]. Organizacija predpisuje pravila tako glede izpeljave tekmovalcev kot glede opreme, ki jo lahko uporabljajo tekmovalci. FIS je v sezoni 2005/2006 podal naslednje spremembe pravil, ki zadevajo tekmovalne drese smučarjev skakalcev [4]:

- Obseg vratu se zmanjša s 50 cm na 45 cm.
- Zračna prepustnost tekstilije mora biti večja od  $40 \frac{1}{m^2 \times s}$  pred tekmo in po njej.
- Največja toleranca dolžine koraka in rokava je lahko 4 cm glede na telesno mero.
- Največja toleranca širine dresa ostaja enaka v obsegih, kot so prsni in pasni obseg, obseg bokov, kolena in gležnjevi (+6 cm glede na telesno mero).
- *Spremenjen je postopek jemanja telesnih mer, in sicer:*
  - Telesna višina in dolžina koraka se merita hkrati, tako da na dolžino koraka ne morejo vplivati dvignjena ramena.
  - Dolžina koraka se pri kontroli izmeri neposredno na dresu.

Na podoben način se uvajajo spremembe značilnosti materiala in kroja dresa za vsako sezono, še zlasti z vidika zagotavljanja varnosti smučarja skakalca.

*Spremembe pravil FIS za sezono 2006/2007:*

- Korak mora biti 3 cm daljši glede na dolžino, izmerjeno na telesu.
- Notranja dolžina noge skakalnega dresa mora biti enaka izmerjeni notranji dolžini noge skakalca.

- Razlika v višini vratnega izreza zadaj in spredaj ne sme biti večja od 5 cm, ko je kombinezon v naravnem položaju (oz. ko ga nosi skakalec). Vratni izrez dresa se mora lepo prilegati vratu. V vratnem izrezu niso dovoljene gubice ali odstopanja od vratu.

Pravila FIS (za sezono 2007/2008):

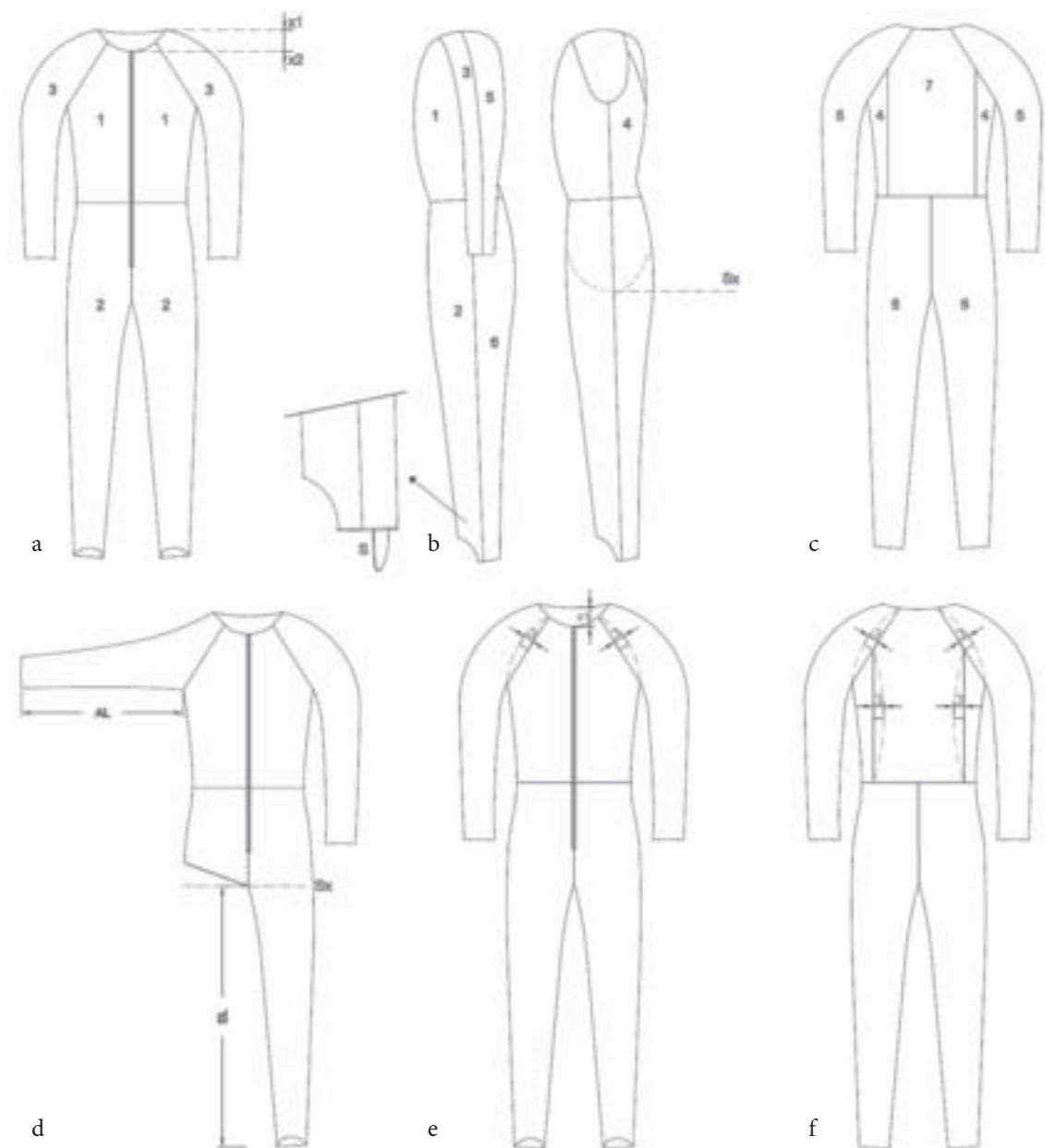
- Največja razlika v obsegu vratnega izreza na kroju dresa in meri vratnega izreza na telesu je 8 cm. Vratni izrez mora biti izmerjen vodoravno čez točko grla. Obrobni trak za vratni izrez mora biti iz neelastičnega materiala.
- Rokav na dresu je 8 cm krajši od izmerjene dolžine roke skakalca. Rokav se konča točno na zapestju. Zapestje skakalnega dresa se mora tesno prilegati zapestju skakalca. Prstne zanke niso dovoljene.
- Razlika v višini pasu se kontrolira v visečem ali vodoravnem položaju.
- Robovi materiala znotraj dresa morajo biti odprti in vidni. Obšivanje robov krojnih delov ni dovoljeno.

*Značilnosti tekmovalnega dresa smučarja skakalca (za sezono 2008/2009) [5]:*

Vsi krojni deli dresa morajo biti iz enakega materiala, ki mora imeti v obe smeri enako zračno prepustnost; od telesa proti okolici in v nasprotni smeri. Dres se mora zapirati z zadrگو v sredini spredaj in segati do višine vratnega izreza. Širina zadrgе ne sme presegati 10 mm. Zadrغا mora biti med skokom popolnoma zaprta. Šivi dresa morajo biti skladni s pravili FIS, kot jih prikazuje slika 2. Največje odstopanje v obsegih dresa je 6 cm glede na mero telesa na kateremkoli delu dresa. Pri odprtini za čevlje je največje dovoljeno odstopanje do 10 cm.



Slika 2: Detajli tekmovalnega dresa smučarja skakalca



Slika 3: Krojni deli dresa smučarja skakalca in standardizirane merilne kontrolne točke [5]

Dodatne omejitve so še:

- Označevanje dresa je dovoljeno (za merjenje in nadzor).
- Debelina materiala vseh krojnih delov dresa mora biti enaka.
- Kemijske (plinaste, tekoče in trdne) ali mehanske obdelave tekstilij na dresu niso dovoljene.
- Obseg vratnega izreza dresa je lahko za 8 cm večji od izmerjenega obsega vratu. Vratni izrez dresa mora biti obdelan z neelastičnim šivom. Razlika

- med višino sprednjega in zadnjega vratnega izreza ne sme presegati 5 cm (oznaki X1 in X2), slika 3a.
- Zunanji zavihki, všitki, gube in polnila niso dovoljeni.
- Na hlačnicah je dovoljen pritrdilni trak za skakalne čevlje. Trak je iz enega kosa in brez sponk ali drugih sredstev za pritrdjevanje. Pritrjevalni trak je na robu dresa (oznaka S), slika 3b.
- Rokav lahko sega največ do zapestja. Spodnji rob rokava je krojen ravno in brez luknje za prste.

- Vsi krojni deli morajo biti izdelani iz materiala z enakimi lastnostmi.

*Standardne merilne kontrolne točke:*

- Dolžina rokava (oznaka AL) se meri od sečišča šiva pod pazduhe, po šivu do dolžine rokava (slika 3d). Merjena dolžina ne sme biti večja od dolžine roke in ne krajša od največje dovoljene tolerance 8 cm.
- Sprednja dolžina koraka (oznaka SL) se meri od sečišča šiva v koraku dresa (oznaka SX) do dolžine hlač (slika 3d). Izmerjena dolžina ne sme biti krajša od izmerjene dolžine koraka.

*Število krojnih delov dresa:*

- Dva krojna dela za rokav, vključno z ramo – Sprednji del rokava (oznaka 3) in zadnji del rokava (oznaka 5), slike 3 a, b in c. Rokav se začne v vratnem izrezu in se nadaljuje čez ramo do zapestja. Dolžini sprednjega in zadnjega krojnega dela rokava od pod pazduhe navzdol morata biti enaki.
- Pet krojnih delov za zgornji del telesa – Levi in desni sprednji krojni del (oznaka 1) ter levi in desni zadnji stranski krojni del (oznaka 4) in zadnji hrbtni del (oznaka 7), slike 3 a, b in c. Stranska krojna dela zadaj morata biti na dolžini oziroma v pasu široka najmanj 10 cm in ne širša od 15 cm.
- Dva krojna dela za hlače – Sprednji krojni del hlačnice (oznaka 2) in zadnji krojni del hlačnice (oznaka 6), slike 3 a in c. Krojna dela sprednje in zadnje hlačnice morata biti enaka v dolžini koraka. Sprednja in zadnja šiva v koraku morata biti povezana s šivom v najnižji točki koraka (oznaka SX), slika 3d.

Zadruga, elastika in vrvice se ne štejejo kot krojni deli dresa. Šiv v pasu je približno 10 cm nad kolčnimi kostmi. Šiv mora potekati vodoravno okoli pasnega obsega. Šiv povezuje zgornje sprednje in zadnje krojne dele, ki so vertikalno šivani s krojnimi deli hlačnic od pod pazduhe do gležnjev (ko je skakalec v pokončnem položaju). Sprednji krojni deli hlačnic se lahko na dolžini spremenijo glede na obliko skakalnih čevljev. Šivi morajo biti na notranji strani dresa.

Dodatkov za šiv ni dovoljeno obšivati in spajati. Vsi šivi morajo biti ravni ali pa oblikovani po obliki telesa. Dodatni šivi ali spremembe položaja šivov, dodatne vrvice, trakovi, gubice itd. znotraj ali zunaj dresa za doseganje večjega obsega ali izboljšanje aerodinamičnih značilnosti niso dovoljeni (enako velja za telesno perilo).

## 2.2 Tekstilija za tekmovalni dres po zahtevah FIS

Tekstilija za tekmovalni dres smučarja skakalca je petslojni laminat, ki ga sestavljajo:

- Zunanje pletivo oziroma prvi sloj laminata – Zunanji oziroma prvi sloj laminata je izdelan v vezavi Chermeuse; pletivo je izdelano na dvofonturnem snutkovnem pletilniku.

- Surovinska sestava: 81 % poliamida (multifilamentna preja) dtex 44f12, 19 % elastana (lycra) dtex 44f1
- Površinska masa: približno 180–190 g/m<sup>2</sup>
- Elastičnost: po dolžini 150–160 % in po širini 85–95 %.

- Notranja plast laminata je iz treh slojev:

- dva sloja pene, debele 2,1 mm, in s površinsko maso okrog 55 g/m<sup>2</sup> in
- elastična membrana med slojema pene. Ta sloj je perforiran, da se doseže zahtevana zračna prepustnost.

- Notranje pletivo oziroma zadnji sloj – Notranje pletivo je enako zunanemu (surovinska sestava in površinska masa), le da je bele barve.

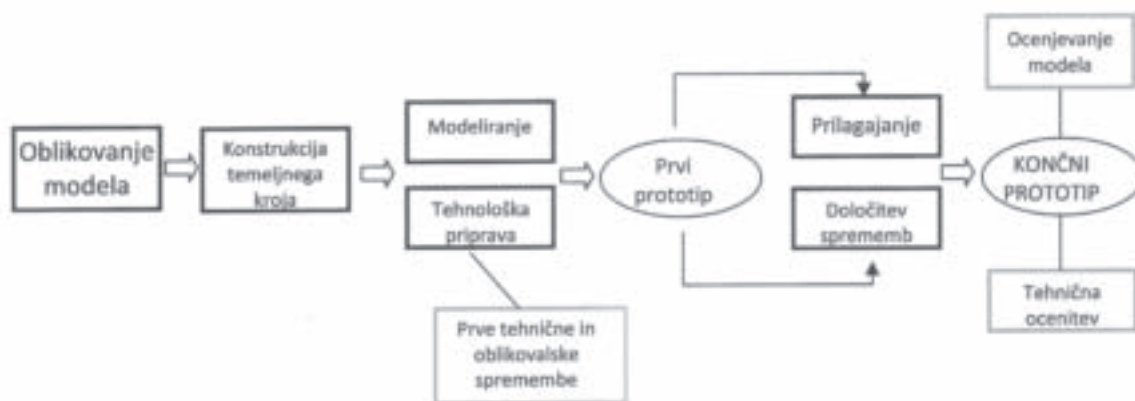
Struktura površine, surovinska sestava, mehansko-fizikalne lastnosti ter zračna prepustnost laminata morajo biti za vse krojne dele dresa enake. Edina dopustna izjema so različni barvni odtenki laminata. Debelina laminata mora biti med 4 in 5 mm.

## 3 Izdelovanje prototipov oblačil

Izdelovanje prototipov, tako virtualno kot realno, je tehnika izvedbe celotne ali delne implementacije izdelka, da se lahko uporabniki in razvijalci podrobneje seznanijo z izdelkom oz. morebitnim problemom in njegovo rešitvijo. Splošno ločimo več vrst izdelave prototipa, in sicer:

- raziskovalna izdelava prototipa, kjer raziskujemo, kaj uporabniki želijo od sistema, torej kaj naj bi izdelek zagotavljal oz. katerim pogojem naj bi ustrezal,
- eksperimentalna izdelava prototipa, kjer se ugotavlja izvedljivost, in
- razvojna izdelava prototipa, kjer se izdelki razvijajo postopoma in z namenom, da v določenem času postanejo sprejemljivi za končnega uporabnika [6].

V današnjem času se bo moralo poslovanje med izdelovalci tekstilij in oblačil na eni strani in upo-



Slika 4: Klasičen način izdelave prototipov oblačil



Slika 5: Virtualna 3D-izdelava prototipov oblačil

rabniki na drugi odvijati na inovacijski, hiter, ter učinkovit način. Močne impulze temu procesu in razvoju narekuje v zadnjih letih predvsem razvoj računalniških tehnologij, ki so tesno povezane z vsemi tekstilnimi področji, tj. od oblikovanja in konstrukcije tkanin in oblačil do izdelave oblačil po meri, virtualnih modnih revij in elektronskega trgovanja z oblačili.

Virtualno izdelovanje prototipov in simulacija realnega obnašanja oblačil v virtualnem okolju se čedalje bolj uveljavljata in bosta sčasoma postala nepogrešljivi ali že kar nujni razvojni orodji [7]. Pri virtualni izdelavi prototipov oblačilo razvijamo od začetka do končnega izdelka s pomočjo novih ra-

čunalniških tehnologij; pri tem se faze ponovnega modificiranja oblačila bistveno skrajšajo, kar pomeni prihranek pri času, energiji in materialu, sočasno pa postopek ponuja tudi več možnosti za kreativnost pri izdelavi novega oblačilnega izdelka [8, 9]. Primerjavo med klasičnim in virtualnim načinom izdelave prototipov oblačil prikazujeta sliki 4 in 5 [10].

Prednosti virtualne izdelave prototipov v oblačilni industriji so: realistični prikaz 3D-oblike oblačila, vključno z vzorcem tekstilije in njenimi mehansko-fizikalnimi značilnostmi, učinkovitejša izraba časa pri načrtovanju novega oblačilnega izdelka ter dostopnost in optimizacija uporabe vsem, ki so

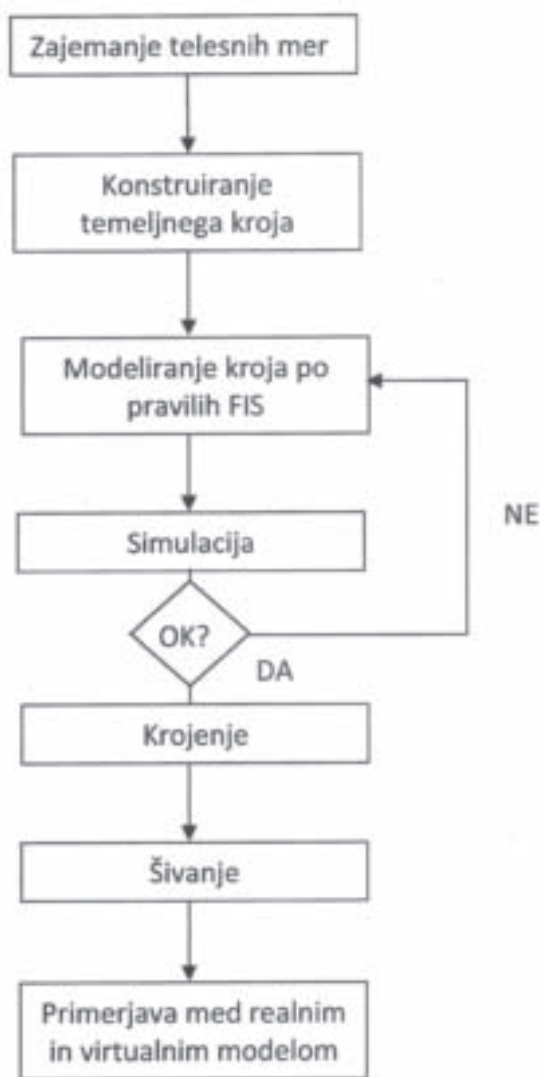
vključeni v razvoj novega oblačilnega izdelka, od razvojnika do uporabnika.

## 4 Praktični del

V nadaljevanju je prikazan razvojni proces izdelave prototipa tekmovalnega dresa smučarja skakalca s pomočjo računalniškega sistema OptiTex [11], ki je na koncu tudi izdelan. Proces računalniške izdelave prototipa vključuje naslednje korake: zajemanje telesnih mer s 3D-skenerjem, konstruiranje in modeliranje krojev, virtualno šivanje modela in virtualno simulacijo pristajanja dresa na virtualnem parametričnem modelu telesa. Konstrukcijsko je kombinezon skonstruiran po pravilih FIS za sezono 2008/2009. Krojni deli virtualnega modela dresa imajo vključene dejanske mehansko-fizikalne lastnosti uporabljenega laminata. Iz modeliranih krojnih delov smo sešili tekmovalni dres, pri čemer smo upoštevali vsa pravila FIS za tekmovalno sezono 2008/2009 [3]. Nazadnje je bila izvedena še primerjava med dejansko in virtualnim sešitim modelom tekmovalnega dresa. Postopek izdelave prototipa smučarskega dresa je prikazan na sliki 6.

### 4.1 Lastnosti uporabljenega materiala

Za izdelavo prototipa dresa smučarja skakalca smo uporabili laminat, sestavljen iz petih slojev (vrhnje pletivo, pena, membrana, pena, spodnje pletivo), ki so med seboj povezani z adhezivnim sredstvom. Vrhnja in spodnja ploska tekstilija je posebno snutkovno pletivo. Površinska masa laminata znaša 601 g/m<sup>2</sup>. Izmerjena je bila tudi zračna prepustnost laminata, ki znaša 189,73 l/(m<sup>2</sup>·s).



Slika 6: Diagram poteka procesa razvoja prototipa dresa smučarja skakalca

Preglednica 1: Mehanske in fizikalne lastnosti laminata, izmerjene z merilnim sistemom FAST, in preračunani parametri laminata s programom Fabric Converter

| Lastnost                                               | Izmerjena vrednost |        |       | Parametri OptiTex |         |         |
|--------------------------------------------------------|--------------------|--------|-------|-------------------|---------|---------|
|                                                        | Enota              | Osnova | Votek | Enota             | Osnova  | Votek   |
| Raztezek pri obremenitvi 98,1 Nm <sup>-1</sup> / E 100 | %                  | 9.6    | 10.9  | gcm <sup>-2</sup> | 400.641 | 352.858 |
| Upogibna togost / B                                    | μN × m             | 44.8   | 54.5  | dyn*cm            |         | 4965    |
| Strižna togost / G                                     | Nm <sup>-1</sup>   |        | 199   | dyn*cm            |         | 1990    |
| Debelina površinskega sloja / ST                       | mm                 |        | 0.035 | cm                |         | 0.0035  |
| Površinska masa / W                                    | gm <sup>-2</sup>   |        | 601   | gm <sup>-2</sup>  |         | 601     |

Za vrednotenje mehanskih in fizikalnih lastnosti laminata je bil uporabljen merilni sistem FAST [12]. Rezultati meritev mehanskih in fizikalnih lastnosti laminata, ki smo jih pretvorili s programom Fabric Converter v ustrezne parametre, berljive v programu OptiTex za simulacijo drapiranja tekstilije, so podani v tabeli 1.

#### 4.2 Zajemanje telesnih mer

Telesne mere smučarja skakalca, ki smo jih pridobili s 3D-skenerjem, so izjemno natančne in zanesljive ter niso izpostavljene subjektivnim ocenam in napakam, tako kot pri zamudnem konvencionalnem antropometričnem merjenju. Skeniranje je bilo izvedeno na 3D-skenerju, nameščenem na Tekstilno-tehnološki fakulteti Univerze v Zagrebu. Izmerjene telesne mere in področja merjenja enega od slovenskih smučarjev skakalcev s 3D-skenerjem so podani v tabeli 2.

Izmerjene mere so bile podlaga za konstruiranje kroja dresa in oblikovanje parametričnega modela telesa v programskem paketu Optitex PDS. Parametrični model je definiran z naslednjimi parametri, ki jih je mogoče glede na mere prilagajati: telesna višina, obseg prsi, obseg pasu, obseg bokov, obseg vratu, višina koraka, zgornji obseg stegna, obseg kolena, širina ramen čez 7. vratno vretence, naklon rame, obseg nadlakti in dolžina rokava. Videz parametričnega modela telesa, namenjen simulaciji prototipa dresa in tridimenzionalnega modela telesa tekmovalca, dobljenega s pomočjo 3D-skenerja in obdelanega z ustreznim 3D-grafičnim programom, prikazuje slika 7.

#### 4.3 Programska oprema OPTITEX

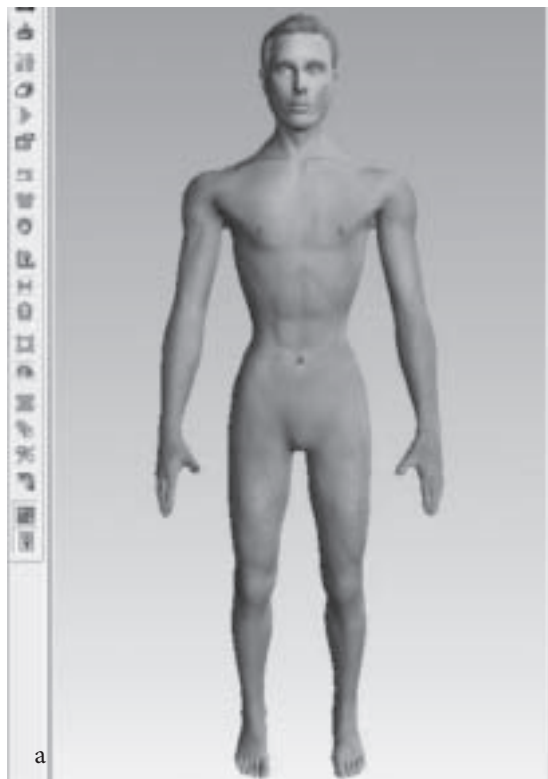
Podjetje OptiTex izdeluje opremo CAD/CAM za oblačilno, pohištveno in avtomobilsko industrijo. OptiTex PDS je kratica za programsko opremo

Preglednica 2: Tabela telesnih mer enega od slovenskih smučarjev skakalcev

| Telesna mera   | Mera skakalca (cm) | Prikaz merjenja                                                                     | Telesna mera                   | Mera skakalca (cm) | Prikaz merjenja                                                                       |
|----------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Telesna višina | 172,9              |   | Dolžina od pod pazduhe do pasu | 19,6               |   |
| Obseg prsi     | 89,1               |  | Globina bokov                  | 22,2               |  |
| Obseg pasu     | 64,7               |  | Obseg zapestja                 | 15,3               |  |
| Obseg bokov    | 93,1               |  | Zgornji obseg stegna           | 52,1               |  |

Preglednica 2: Nadaljevanje.

| Telesna mera                                   | Mera skakalca (cm) | Prikaz merjenja                                                                   | Telesna mera                | Mera skakalca (cm) | Prikaz merjenja                                                                     |
|------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Obseg vratu                                    | 39,8               |  | Obseg kolena                | 36,4               |  |
| Višina koraka                                  | 75,7               |  | Dolžina hlač od pasu do tal | 110,2              |  |
| Dolžina rokava (7. vrstno vretence – zapestje) | 82,8               |  | Obseg gležnja               | 28,4               |  |



Slika 7: Parametrični model telesa (a) in tridimenzionalni model telesa, dobljen s pomočjo 3D-skenerja (b)

Pattern Design System, s pomočjo katere lahko računalniško konstruiramo, modeliramo in gradiramo krojne dele. OptiTexova programska oprema temelji na operacijskem sistemu Microsoft Windows in je namenjena digitaliziranju, izdelavi krojnih delov, gradiranju, izdelavi krojnih slik, avtomatski izdelavi krojnih slik in pripravi razreza krojnih slik ter 3D-prikazu tekstilnih izdelkov. OptiTex je fleksibilen sistem, saj podpira uvoz/izvoz datotek različnih formatov (DXT, AAMAA, AST, NC, HPGL, HPGL-2, Micro Jet itd.). Skupaj omogoča uvoz (*import*) desetih podatkovnih formatov in izvoz (*export*) dvajsetih različnih podatkovnih formatov. OptiTex PDS/3D omogoča simulacijo prototipov oblačil na različnih parametričnih modelih teles. Tako lahko virtualnemu modelu telesa interaktivno spreminjamo telesne mere, kar omogoča realnejšo izdelavo prototipov oblačil različnih velikosti [11]. Za simulacijo 3D-prototipa oblačila iz 2D-krojnih delov moramo krojnim delom definirati njihove značilnosti, spajanje posameznih šivov krojnih delov, mehanske in fizikalne lastnosti materiala posameznih krojnih delov in ustrezno razporediti krojne dele na virtualni model telesa.

## 5 Rezultati z razpravo

### 5.1 Razvoj temeljnega kroja tekmovalnega dresa

Osnovno mrežo za konstruiranje temeljnega kroja dresa smučarja skakalca smo izdelali s pomočjo skeniranih meritev telesnih mer, pri tem upoštevali pravila FIS, in konstrukcijsko mrežo izdelali v enem delu (skupaj zgornji in spodnji del dresa), slika 6 a. Določili smo linijo ramena, prsi, pasu, bokov, kolena in linijo dolžine dresa. Ker morata biti sprednji in zadnji del dresa enako široka, smo sprednji in zadnji del konstruirali z upoštevanjem največjega dovoljenega presežka, ki ga predpisuje pravilo FIS, in sicer 6 cm na vseh telesnih obsegih. Širina konstrukcijske mreže je pomenila četrtino prsnega obsega z upoštevanim konstrukcijskim dodatkom. Mere za obseg bokov, višino sedala, največjo širino hlačnic in širino hlačnic v kolenu ter na dolžini smo določili na podlagi telesnih mer.

Konstrukcijo dresa smo začeli z nanašanjem telesnih mer po vertikali v sredini spredaj. Iz ramenske linije (1) navzdol smo odmerili globino rokavnega izreza (2), hrbtno dolžino (3) in globino bokov

(4) ter višino kolena (5) in dolžino modela (6), slika 8 a.

Najprej smo se lotili konstrukcije zadnjega dela dresa (slika 8 c). Na ramensko linijo smo nanegli mero vratnega izreza (7) in jo dvignili za 2 cm (8). Iz točke 8 smo oblikovali vratni izrez proti sredini zadnjega dela. Od točke vratnega izreza na ramenu (8) smo izrisali dolžino rame, ki smo jo spustili za 1 cm pod ramensko linijo (9). Potem smo oblikovali rokavni izrez do linije pod pazduhe (9-2). Obseg pasu z upoštevanim konstrukcijskim dodatkom smo nanegli iz točke 3 na pasno linijo (10) ter oblikovali stranski šiv zgornjega dela dresa (2'-10).

Sledilo je konstruiranje hlačnic. Linijo sedala smo zarisali 6 cm pod linijo bokov (11) in na njej odmerili širino zadnje hlačnice, katere mera je segala desno zunaj konstrukcijske mreže (12). Iz te točke (12) smo izrisali sedalno linijo, ki je segala 6 cm nad pasno linijo (13) in linijo koraka do dolžine modela. Potem smo linijo pasu izrisali od točke 10 do točke 13. Dolžino modela smo skrajšali za 2 cm ter odmerili širino hlačnice v kolenu in na dolžini. Zadnja hlačnica je nekoliko širša od prednje. Zato smo stransko linijo v območju bokov zamaknili zunaj konstrukcijske mreže za 1 cm (14). Stransko linijo hlačnice smo izrisali od pasu čez boke in kolena do dolžine modela.

Konstrukcijo sprednjega dela smo izvedli po istem vrstnem redu kot za zadnji del, vendar se ta razlikuje po obliki vratnega izreza, višini in obliki sedala, širini hlač na sedalni liniji ter odprtini za čevlje (slika 8 b). Razlika v višini vratnega izreza med zadnjim in sprednjim delom je po pravilih FIS določena in znaša 5 cm (1-15). Na liniji sedala smo od leve proti desni nanegli širino prednje hlačnice (11'-16). Dobili smo točko (16), iz katere smo izrisali linijo koraka, ki teče čez koleno do dolžine dresa, kot tudi obliko sedala do pasu. Stransko linijo smo izrisali od pasu (10) čez boke in kolena do dolžine modela.

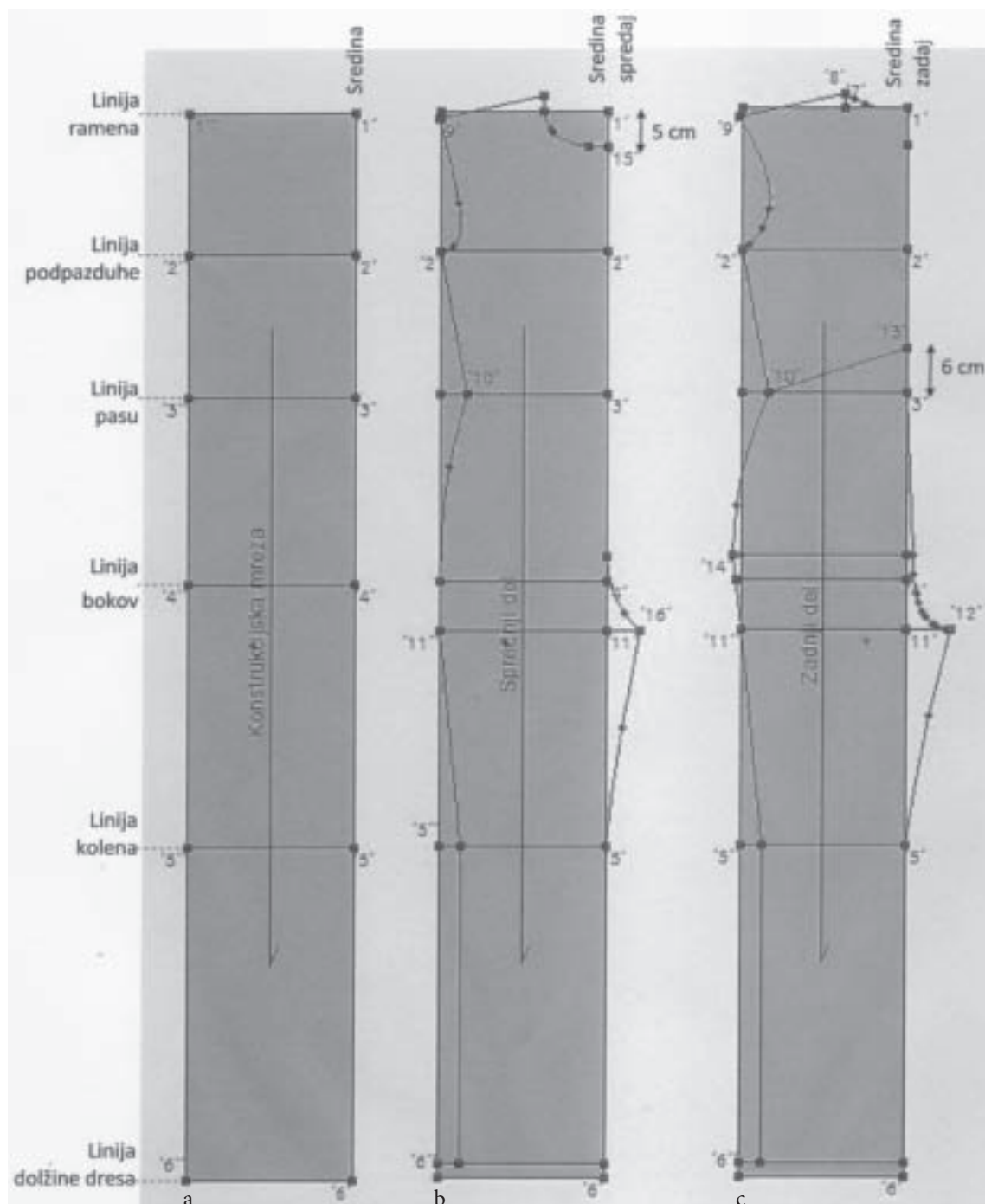
Raglan rokav smo konstruirali neposredno na temeljni kraj sprednjega in zadnjega krojnega dela dresa. Mere za dolžino in širino raglan rokava, kot tudi naklon rokava, smo zarisali na podlagi telesnih mer smučarja skakalca (slika 9).

### 5.2 Modeliranje krojnih delov glede na zahteve FIS

Po končanem konstruiranju temeljnega kroja dresa smo izvedli modeliranje krojnih delov po zahtevah

FIS. V temeljni kroj smo vrisali vse potrebne rezne linije oziroma linije šivov (linijo raglan rokava na zadnjem in sprednjem delu; šiv na hrbtnem delu, ki poteka od pasu do linije rokavnega izreza raglan rokava). Glede na pravila FIS smo pri modeliranju

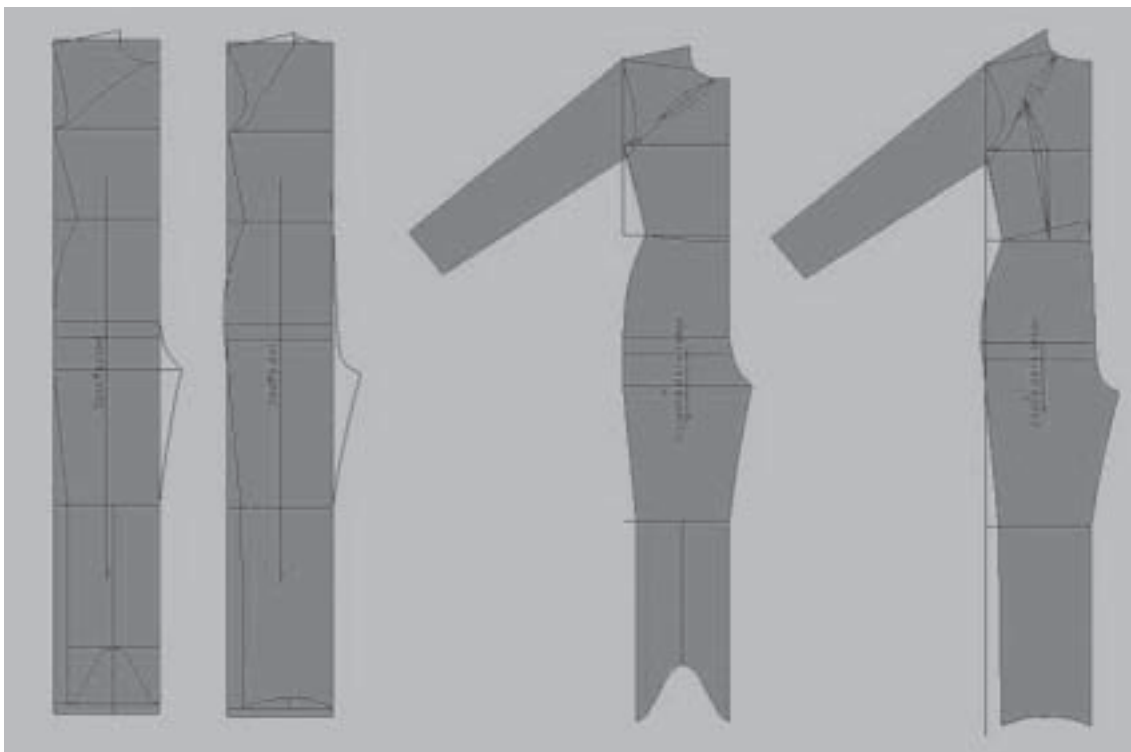
upoštevali tudi razširitev obeh krojnih delov v šivu na hrbtnem delu in šivu raglan rokava spredaj in zadaj za 1,5 cm na vsako stran. Linijo ramena smo zamaknili za 5 cm proti sprednjemu delu, enako kot je na vzorčnem modelu, saj predvidevamo, da ima ta



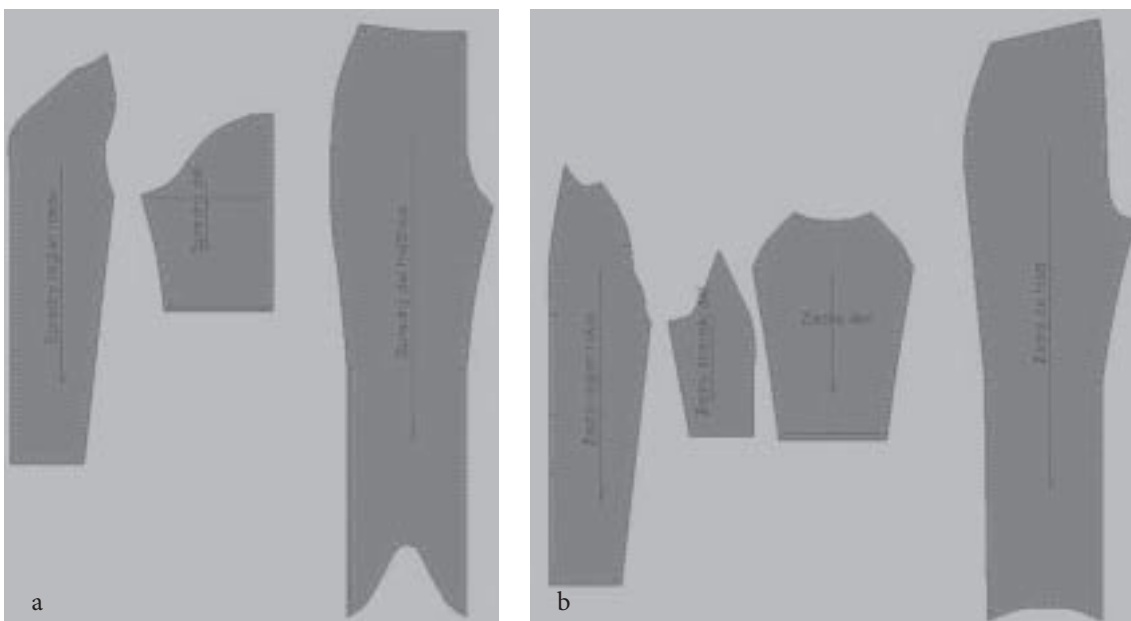
Slika 8: Temeljni kroj tekmovalnega dresa smučarja skakalca  
(a) konstrukcijska mreža, (b) sprednji krojni del dresa, (c) zadnji krojni del dresa

linija svoj pomen pri samem skoku oziroma poletu. Na dolžini hlač smo oblikovali v sredini hlačnic odprtino za čevlje, katere višina na sprednjem delu

je 12,5 cm in na zadnjem delu 2 cm (slika 9). Nazadnje smo krojnim delom dodali še dodatke za šive, ki so po pravilih FIS široki 1 cm (slika 10).



Slika 9: Modelirani krojni deli dresa



Slika 10: Krojni deli dresa z dodatki za šiv  
(a) sprednji krojni deli dresa, (b) zadnji krojni deli dresa

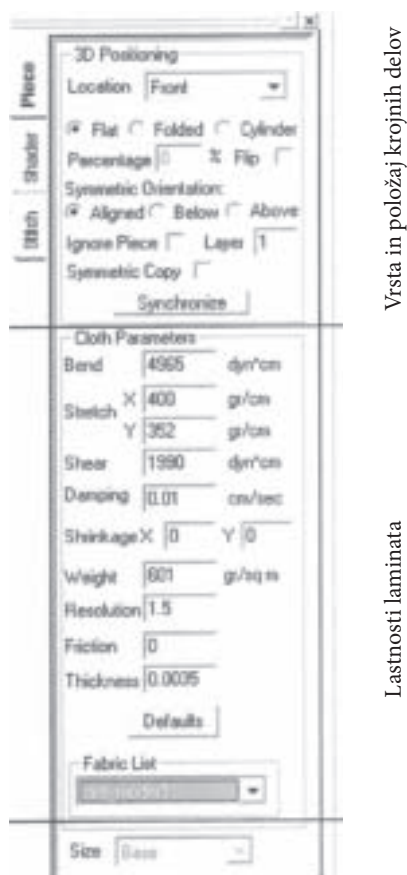
### 5.3 Priprava krojnih delov za 3D-virtualno simulacijo

Za 3D-virtualno simulacijo prototipa tekmovalnega dresa smučarja skakalca je bilo treba krojnim delom definirati:

- vrsto in položaj posameznega krojnega dela glede na virtualni model manekena (npr. sprednji del, zadnji del, desni rokav, levi rokav itd.), slika 11,
- izmerjene mehanske in fizikalne lastnosti uporabljenega laminata za prototip dresa, ki omogočajo realnejšo simulacijo videza prototipa, slika 11 in
- linije šivov za povezovanje krojnih delov na parametričnem modelu, slika 12.

### 5.4 Primerjava virtualnega in realnega prototipa tekmovalnega dresa smučarja skakalca

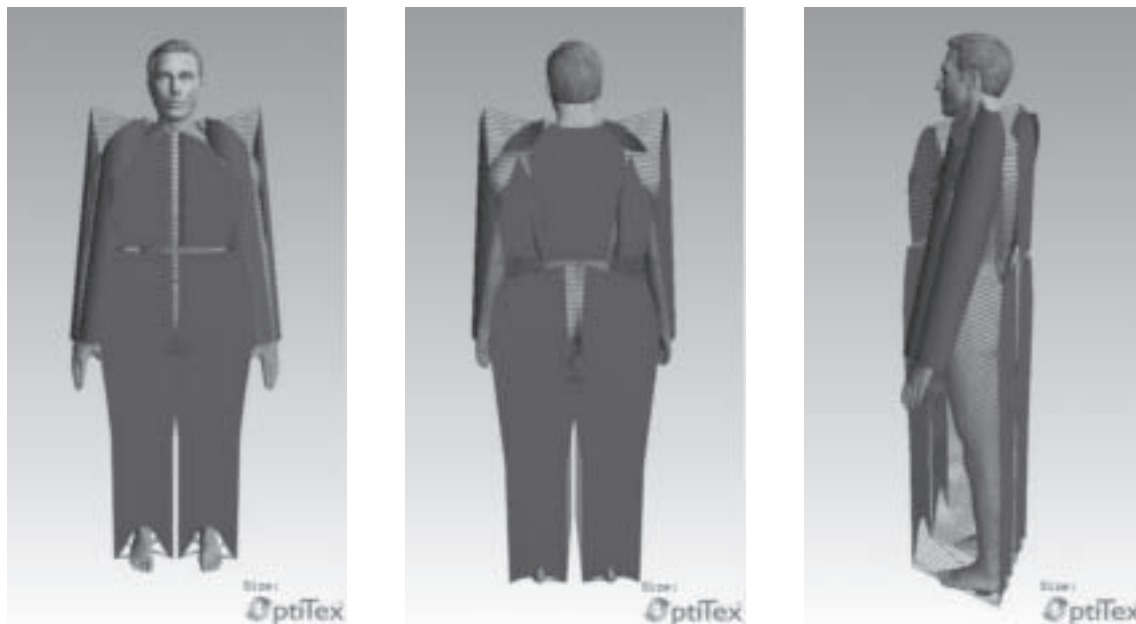
Vzporedno z računalniško simulacijo prototipa smučarskega dresa smo po enakih krojih, delih in postopkih šivanja (dodatki za šive so enaki pri obeh modelih) sešili prototip iz laminata in ju medsebojno vizualno primerjali (sliki 13 in 14). Pri tem smo se osredinili na prilagajanje dresa delom telesa, in sicer v vratnem izrezu, ramenskem delu in pod pazduhi spredaj in zadaj, obliki rokavov in hlačnic, pasu ter dolžini dresa. Vizualno smo ocenili tudi obliko odprtine za čevlje, ki je za tekmovalce pomemb-



Vrsta in položaj krojnih delov

Lastnosti laminata

Slika 11: Priprava krojnih delov za računalniško izdelavo prototipa dresa v programu OptiTex PDS

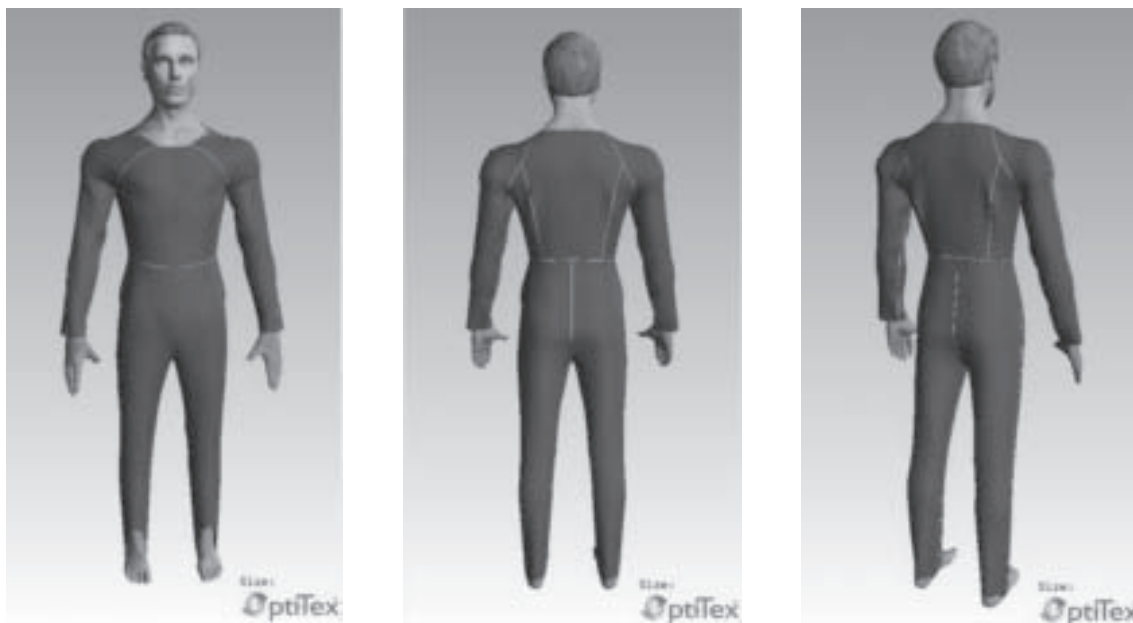


Slika 12: Postavitev krojnih delov dresa na parametrični model smučarja skakalca in povezovanje šivov

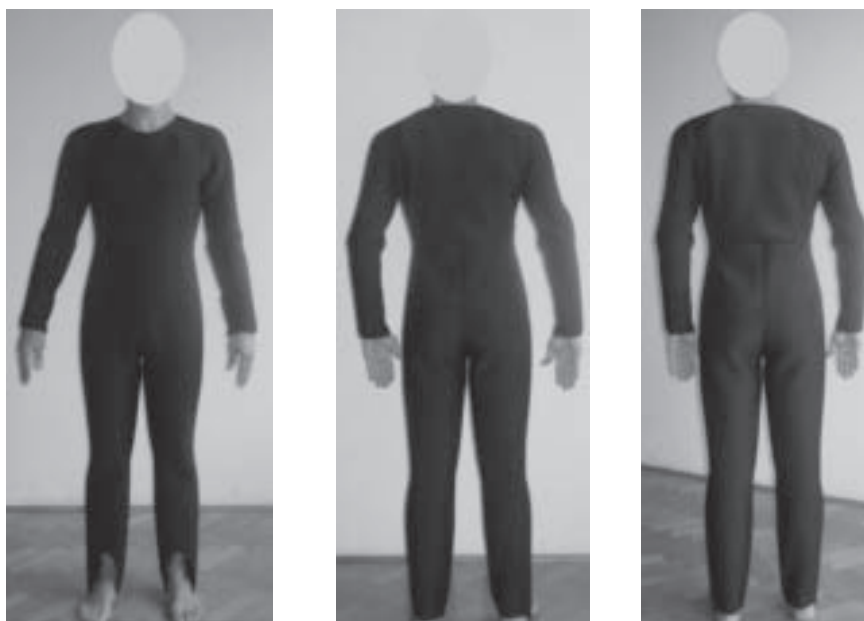
na tako z vidika udobja kot zaradi aerodinamičnih značilnosti dresa na samem tekmovalcu. Pri ocenjevanju prileganja dresa virtualnemu in realnemu telesu smo povezovali obliko konstrukcije po pravilih FIS z mehansko-fizikalnimi lastnostmi uporabljene laminata. Faze izdelave tako virtualnega kot realnega prototipa dresa so vključevale konstrukcijo, šivanje in pomerjanje modela.

Vratni izrez na virtualnem modelu je po simulaciji širši od vratnega izreza realnega prototipa. Vidna je razlika v predelu vratu na virtualnem modelu, ki pa ga ni mogoče popolnoma prilagoditi meram realnega modela, saj ima le-ta vratni izrez obdelan z neelastičnim trakom.

Na prototipu dresa tako virtualnega kot realnega modela je močno izražena guba na hrbtnem delu



Slika 13: Simulacija prototipa tekmovalnega dresa smučarja skakalca



Slika 14: Sešit prototip tekmovalnega dresa smučarja skakalca

dresa v območju šivov, kot tudi v območju šiva raglan rokava in pod pazduhe. Te gube pomenijo upoštevanje razširitev v območju šivov (+ 1,5 cm) za doseganje ustrezne aerodinamične oblike dresa med samim skokom smučarja skakalca in so posledica predvsem debeline in nizke upogibne togosti laminata. Če podrobneje pogledamo razporeditev gub v predelu pod pazduhe, opazimo, da na virtualnem prototipu nastane poleg vzdolžne še prečna guba. Ta je posledica anomalije virtualnega modela telesa v nadprsnem obsegu in razporeditve mišičnih mas v tem predelu in v predelu naplečja (slika 7).

Iz primerjave simulacije virtualnega in realnega dresa v predelu pasu zadaj je vidno, da pri realnem prototipu nastane dodatna guba pod pasno linijo, kot tudi med nogama tako z leve kot z desne strani. Vzrok je majhna upogibna togost in velika debelina laminata, zato je tudi sposobnost drapiranja laminata manjša. Tega pojava na virtualnem modelu ni. Videz spodnjega dela virtualno sešitega dresa od pasne linije navzdol je gladek in daje občutek napetosti in tako tudi neugodja, kar za tekmovalce ni priporočljivo, saj bi tak dres tekmovalca v realnem okolju zelo oviral pri skakanju.

Oblika in izgled rokavov sta zelo podobna pri obeh prototipih, razen v že omenjenem predelu ramen in pod pazduhe zaradi anomalije parametričnega manekena. Ob rahlem upogibu rok nastanejo zaradi velike togosti rahle gube v predelu komolcev tako s sprednje kot z zadnje strani.

Na podlagi analize videza primerjave med virtualnim in realnim modelom dresa smučarja skakalca lahko povzamemo, da omenjene razlike nastajajo predvsem zaradi drugačne oblike parametričnega modela telesa kot je realna in posledično drapiranja laminata. Pri parametričnem modelu se namreč lahko nastavijo le določene telesne mere, ki pa ne zadostujejo za popoln približek realnemu modelu. Ena izmed rešitev je, da se namesto parametričnega modela neposredno uporabi tridimenzionalni model telesa, dobljen s pomočjo 3D-skenerja (slika 7), za kar pa so potrebni precej zmogljivi računalniki zaradi velike baze podatkov, ki jih dobimo pri zajemanju oblike telesa. Na drugi strani sta videz in prilaganje virtualnega oblačila odvisna od možnosti definiranja načina simulacije oblačila na določenih območjih, kot je npr. vratni izrez. Tovrstne rešitve izdelovalci programske opreme nenehno razvijajo in dopolnjujejo.

## 6 Sklep

Obliko in velikost tekmovalnega dresa smučarja skakalca je treba prilagoditi vsakemu športniku posebej glede na zahteve Mednarodne smučarske zveze (Fédération Internationale de Ski. FIS). Konstruiranje dresa smučarja skakalca je z inženirskega vidika zelo zahtevno, saj se pravila Mednarodne smučarske zveze vsako leto spreminjajo zaradi zagotavljanja varnosti športnika med samim skokom ob sočasnem doseganju vrhunskih rezultatov.

V članku je predstavljena virtualna izdelava prototipa tekmovalnega dresa smučarja skakalca. Virtualni prototip modela dresa je bil primerjan z realno izdelanim prototipom, da bi prikazali prednosti in opozorili na pomanjkljivosti tovrstnega načina razvoja tekmovalnega dresa. Rezultati potrjujejo možnost hitrega in zanesljivega prilagajanja tekmovalnih dresov glede na spremembe mednarodnih pravil posameznih športnih disciplin za individualnega športnika tako s konstrukcijskega vidika pri razvoju kroja dresa kot neposredne možnosti simulacije skonstruiranega prototipa dresa ob upoštevanju mehansko-fizikalnih lastnosti laminata. Na podlagi slednjega je omogočen skrajšan postopek potrjevanja končnega modela dresa kot manjše konstrukcijske spremembe že med samo skakalno sezono, ki lahko pripomorejo k tekmovalčevi uspešnosti skoka. To je še posebno pomembno pri disciplinah, kot so smučarski skoki, saj je oblačilo eden pomembnejših delov športne opreme pri doseganju vrhunskih rezultatov. Spoznanja o odstopanjih videza in prilaganja virtualnega in realnega prototipa dresa nas vodijo do ugotovitve, da bi bilo treba za profesionalne namene, za čim boljši razvoj krojev in realnejšo simulacijo prototipov oblačil parametrične manekene opisovati z večjim številom telesnih mer ali pa uporabiti tridimenzionalni skeniran model telesa. Slednje je tudi namen nadaljnjih raziskav.

V današnjem času mora biti odnos med izdelovalci tekstilij in oblačil na eni strani in uporabniki na drugi inventiven, hiter in učinkovit. Zato bo postala virtualna izdelava prototipov oblačil, podobno kot je v nekaterih panogah, npr. v obutveni in avtomobilski industriji že, nepogrešljiv del sodobnega procesa razvoja in izdelave.

## Zahvala

Avtorji se zahvaljujejo kolegom s Tekstilno-tehno-loške fakultete Univerze v Zagrebu, predvsem mag. Slavici Bogović za skeniranje na 3D-skenerju, kar je omogočilo izvedbo pomembnega dela raziskave, opisane v tem članku.

## 7 Viri

1. GUČEK, S., ROŽMAN, M., BERGANT, E., GI-ACOMELLI, O., BRAS, V. *Planica 1934–1999*. Ljubljana, 1999.
2. *Smučarski skoki*, <[http://sl.wikipedia.org/wiki/Smu%C4%8Darski\\_skoki](http://sl.wikipedia.org/wiki/Smu%C4%8Darski_skoki)> [accessed: 12. 05. 2009].
3. *FIS - International Ski Federation*, <<http://www.fis-ski.com/>> [accessed: 12. 05. 2009].
4. New FIS-Regulations for Jump Suits, [citirano 3.6.2009]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.meininger-jumpsuits.de/english/index.htm>>.
5. *International ski federation, Specifications for competition equipment and commercial markings*, Edition 2008 (valid as from the season 2008/09), [citirano 3.6.2009]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.fis-ski.com/data/document/ausre-edition-2008.pdf>>.
6. KOS, D. *Primerjava konvencionalnega in računalniško podprtega prototipiranja avtomobilskih sedežnih prevlek : diplomsko delo visokošolskega strokovnega študijskega programa*. Maribor : Fakulteta za strojništvo, Oddelek za tekstilne materiale in oblikovanje, 2008.
7. JEVŠNIK, S., STJEPANOVIČ, Z., CELCAR, D. *Virtual clothes' simulations*. V: JEVŠNIK, Simona (ur.), MATIČIČ, Nada (ur.), ŠTERMAN, Sonja (ur.). 1st International Conference I Love Inter/National Fashion, April 2-4, 2009, Ljubljana, Slovenia. *Proceedings*. Ljubljana: Academy of Design, Independent Higher Education Institute, 2009, str. 67–74.
8. STJEPANOVIČ, Z., ABRAM-ZVER, M. IMB 2006 – Novosti na področju 3D virtualnega prototipiranja izdelkov. *Tekstilec*, 2006, letn. 49, št. 7/9, str. 117–121.
9. RUDOLF, A., JEVŠNIK, S., STJEPANOVIČ, Z., PILAR, T. Comparisson between virtual and real shape of garments. V: *8th AUTEX Confe-*
10. *rence, 24–26 June 2008, Biella, Italy. Working towards change : academy and industry together : [proceedings]*. [Torino]: Politecnico di Torino, 2008.
11. Pattern design and 3D virtual prototyping for the apparel industry, <<http://www.lectra.com/>> [accessed: 5. 06. 2009].
12. OptiTex – Next Generation 2D/3D CAD, [citirano 3.6.2009], Dostopno na svetovnem spletu: <[http://www.optitex.com/en/products/main\\_modules](http://www.optitex.com/en/products/main_modules)>.
12. DE BOSS, Alan. *The FAST System for Objective Measurement of Fabric Properties, Operation, Interpretation and Application*, 1991.

## Deset let mreže CEEPUS SI-0007 (Srednjeevropski program za izmenjavo študentov in profesorjev)

CEEPUS (*Central European Exchange Program for University Studies*) je srednjeevropski program za izmenjavo študentov in profesorjev. Je regionalni program, ki je začel delovati marca 1995, da bi vzpostavili in spodbujali mobilnost študentov in profesorjev med sodelujočimi državami ter izkoristili prijateljske povezave in možnosti za oblikovanje skupnih študijskih programov. CEEPUS deluje na podlagi mrež. Ustanovijo jih posamezne univerze, fakultete ali njihovi oddelki za določena področja. Prva mreža, ki je povezovala fakultete s področja tekstilnega in oblačilnega inženirstva, je bila oblikovana že leta 1997 kot mreža CEEPUS SI-0007. Mreža CEEPUS SI-0007 uspešno deluje od leta 1997, ko so bile vanjo s programom *Modelling of credits system in textile high education* vključene štiri univerze, in sicer: Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo (koordinatorica mreže prof. dr. J. Geršak), Sveučilište v Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet (koordinator prof. dr. D. Rogale), Tehniška univerza v Libercu, Fakulteta za tekstilstvo (Technical University of Liberec, Faculty of Textile Science), (koordinator prof. dr. O. Kunz) in Slovaška tehniška univerza, Fakulteta za kemijsko tehnologijo (Slovak Technical University, Faculty of Chemical Technology, Department of Fibres and Textile Chemistry), Oddelek za vlakna in tekstilno kemijo, Bratislava (koordinator prof. dr. A. Marcinčin).

V študijskem letu 1998/99 se je v mrežo, ki jo je povezoval program *Credits system in textile high education and distance learning*, vključila še Tehniška univerza Lodz, Fakulteta za tekstilstvo (Technical University of Lodz, Textile Faculty) (koordinatorica prof. dr. I. Krucinska). Že naslednje leto, torej v študijskem letu 1999/2000, se je mreža razširila še na dve novi partnerski instituciji, Technical Univer-

sity of Budapest, Faculty of Mechanical Engineering (koordinator prof. dr. M. Halasz) in Technical College for the Light Industry, Budapest (koordinatorka prof. dr. L. Kokas-Palicska). Institucije je prvo leto povezoval program *ECTS in textile higher education and the key documents*, medtem ko je naslednje leto, v študijskem letu 2000/01, zaživila raziskovalna dejavnost, ki se je odvijala prek diplomskih del in individualnega raziskovalnega dela podiplomcev v okviru programa *Relationship between objective evaluation of mechanical properties of fabrics and standard methods*.

Leta 1999 je vlogo koordinatorice na Fakulteti za tekstilno znanost Tehniške univerze v Libercu prevzela doc. dr. Dana Křemenáková. Do spremembe koordiniranja je prišlo tudi na Tekstilno-tehnološki fakulteti Sveučilišta u Zagrebu, kjer je funkcijo koordinatorja prevzel prof. dr. Zvonko Dragčević. V tem času je bilo veliko izmenjav študentov in profesorjev med sodelujočimi institucijami, v okviru katerih so potekale priprave in izdelava diplomskih in magistrskih kot tudi doktorskih disertacij.

### *Prvi rezultati programa mobilnosti študentov in profesorjev*

Mobilnost študentov in profesorjev je že prvo leto dala zavidljive rezultate, saj je bilo na podlagi izmenjave študentov (23 mesecev) in profesorjev (sedem mesecev) med fakultetami, vključenimi v mrežo, izdelanih pet diplomskih del na tujih fakultetah, ki so jih kandidati uspešno zagovarjali na domači fakulteti. Tako lahko poudarimo prvo mobilnost študentke Fakultete za strojništvo Univerze v Mariboru Daniele Zavec, ki je v okviru trimesečnega gostovanja na Tekstilno-tehnološki fakulteti Sveučilišta u Zagrebu (od 1. oktobra 1997 do 31. decembra 1997) uspešno izdelala diplomsko delo z naslovom *Metode proučevanja strukture tehnološke operacije šivanja*. Za uspešno izdelano diplomsko delo, katerega je izdelala in zagovarjala pod mentorstvom prof. dr. Jelke Geršak in komentorstvom prof. dr. Zvonka Dragčevića s Tekstilno-tehnološke fakultete zagrebškega vseučilišča, je Daniela Zavec, univ. dipl. inž., leta 1998 prejela Perlachovo nagrado Univerze v Mariboru. Iz dane tematike sta bila objavljena tudi dva znanstvena članka, in sicer *Investigations of the structure and process parameters of sewing operation* v soavtorstvu D. Zavec Pavlinić, Z. Dragčević, D. Rogale in J. Geršak (*AUTEX res. j.*, 1999, vol. 1, no. 1, str. 39–46) ter *Workloads and*

*standard time norms in garment engineering* v soavtorstvu Z. Dragčević, D. Zavec Pavlinić in J. Geršak (*Journal of textile and apparel technology and management*, Spring 2002, vol. 2, issue 2, str. 1–8). V študijskem letu 1998/99 je bilo realiziranih že 42 mesecev izmenjave (34 študentskih in osem proforskih mesecev). Tudi v tem študijskem letu je bilo izvedenih več diplomskih del, pri katerih lahko posebej omenimo diplomsko delo na temo *Poznavanje blagovnih znamk podjetja Mura na poljskem tržišču*, ki ga je v okviru CEEPUS mobilnosti na Poljskem izvedla absolventka univerzitetnega programa Tekstilstva Daniela Černi. Izdelan je bil tudi koncept kreditnega sistema za tekstilstvo v okviru Fakultete za strojništvo. Vse smeri univerzitetnega študijskega programa Tekstilstvo so bile ovrednotene s krediti, kjer je skupna obremenitev v enem letniku študija znašala 60 kreditnih točk. Poleg koncepta kreditnega sistema na Fakulteti za strojništvo so bile izdelane tudi zasnove kreditnega sistema med fakultetami, vključenimi v mrežo CEEPUS SI-0007. Za ta namen je bila izdelana tudi primerjava z ECTS.



Slika1: Najuspešnejša med študenti mreže CEEPUS SI-007 v študijskem letu 1999/2000 – mag. Edita Vujasinović

Na podlagi aktivnega vključevanja študentov v znanstvenoraziskovalno delo smo se v letu 2000 odločili, da izberemo najuspešnejšega študenta mreže CEEPUS SI-007 v študijskem letu 1999/2000. Naslov najuspešnejšega študenta mreže CEEPUS SI-0007 je prejela mag. Edita Vujasinović s Tekstilno-tehnološke fakultete v Zagrebu, ki je kot študentka doktorskega študija od 1. maja 2000 do 31. julija 2000 gostovala v Laboratoriju za oblačilno inženirstvo ter fiziologijo in konstrukcijo oblačil na Inštitutu za tekstilne in konfekcijske procese Fakultete za strojništvo Univerze v Mariboru. Izbrana je bila na podlagi aktivnega znanstvenoraziskovalnega dela na področju objektivnega vrednotenja mehanskih lastnosti tehničnih tekstilij ter vsestranskega sodelovanja s sodelavci laboratorija, kot tudi s študenti, ki so gostovali na fakulteti v okviru mreže CEEPUS SI-007. Kot najuspešnejšemu študentu mreže CEEPUS je organizacijski odbor 3. mednarodne konference *Innovation and Modelling of Clothing Engineering Processes IMCEP 2000* pokril stroške kotizacije za udeležbo na konferenci IMCEP 2000, ki je potekala od 11. do 13. oktobra 2000 v Mariboru.

V tem letu so aktivnosti mreže CEEPUS SI-0007 prerasle v globlje medfakultetno sodelovanje, ki ni obsegalo le aktivnosti mreže, temveč tudi širši transfer znanj, saj so profesorji in študenti podiplomci posameznih institucij aktivno sodelovali na 4. mednarodni konferenci *Textile science TEXSCI '2000* v Libercu, ki jo je organizirala Technical University of Liberec, Faculty of Textile Science, na 3. mednarodni konferenci *Innovation and Modelling of Clothing Engineering Processes IMCEP 2000* v Mariboru, ki jo je organizirala Fakulteta za strojništvo Univerze v Mariboru, ter na 11. mednarodnem simpoziju *DAAAM Intelligent Manufacturing & Automation: Man-Machine-Nature* v Opatiji leta 2000, v okviru katerega je potekala sekcija za področje tekstila v soorganizaciji Tekstilno-tehnološke fakultete Sveučilišta u Zagrebu, zasnovana na 10. mednarodnem simpoziju *DAAAM Intelligent Manufacturing & Automation: Past – Present – Future* na Dunaju leta 1999.

V študijskem letu 2001/02 se je v mrežo CEEPUS SI-007 vključila še Univerza Hradec Kralove (University of Hradec Králové, Faculty of Education, Department of Textile Design). V okviru partnerskih institucij, ki jih je povezoval program *Objective measurement technology in textile and clothing engi-*

neering, je bilo izmenjanih kar 46 študentskih in devet učiteljskih mesecev (skupaj 55 mesecev).



Slika 2: Utrip s 3. mednarodne konference IMCEP 2000

V študijskem letu 2002/03 je partnerske institucije povezoval nov program z naslovom *Inteligentna oblačila (Smart clothing)*, v okviru katerega je bilo 80 mesecev izmenjave, in sicer 63 študentskih in 17 učiteljskih.

#### *Razvoj programa mobilnosti in sodelujoče fakultete v programu CEEPUS*

V študijskem letu 2003/04 je mreža CEEPUS SI-0007 mirovala, kljub temu pa smo v programu CEEPUS sodelovali v okviru programa Freemover. V tem času so bila postavljena tudi nova pravila programa CEEPUS, ki so zahtevala semestralno izmenjavo študentov. Prednost so imele vloge študentov, ki so

v Sloveniji opravljali celoten semester, medtem ko so bile krajše izmenjave odobrene le izjemoma. Glede na nova pravila in spremembe v visokošolskem tekstilnem izobraževanju, ki jih je že zaznamovala globalizacija, je bila v študijskem letu 2004/05 oblikovana nova mreža CEEPUS, potrjena kot CEEPUS SI-0117, ki je združevala pet fakultet oziroma univerz. Program je temeljil na dveh osnovnih aktivnostih: a) izmenjava dodiplomskih in podiplomskih študentov in b) projektno delo na temo *Development of the smart clothing*. V okviru mreže je bilo izpeljanih 75 mesecev izmenjave, in sicer 66 študentskih in devet profesorskih.

Oktobra 2004 je bil z odredbo o ratifikaciji sporazuma med Republiko Avstrijo, Republiko Bolgarijo, Republiko Hrvaško, Češko republiko, Republiko Madžarsko, Republiko Poljsko, Romunijo, Slovaško republiko in Republiko Slovenijo o spodbujanju sodelovanja visokega šolstva v srednjeevropskem programu o meduniverzitetni izmenjavi (Uradni list RS, št. 108/2004 z dne 07.10.2004) oblikovan CEEPUS II, ki je prinesel tudi nova pravila. Program so ratificirale vse države in velja do 31. julija 2009. K temu sporazumu so dodatno pristopile Albanija, BIH, Črna gora, Srbija in Makedonija ter s posebnim statusom še Kosovo. Temeljni cilj programa je bil ustvariti multilateralno sodelovanje na področju visokega šolstva v srednji Evropi s pomočjo mobilnosti študentov in profesorjev, s poudarkom na priznavanju študijskih obdobij. Sporazum CEEPUS II vsebuje elemente, ki so posledica dotedanjih izkušenj, razvoja posameznih izobraževalnih sistemov ter procesov v širšem evropskem prostoru (bolonjski proces). Pomembnejši elementi so npr. obvezna uporaba ECTS, razvoj skupnih študijskih programov, ki naj bi pripeljali do izdaje dvojnih ali skupnih diplom, intenzivni tečaji, ekskurzije in polne šole, ki morajo biti sestavni del študija (kreditno ovrednoteni). Gostujoči profesorji morajo predavati vsaj šest ur na teden, najkrajše študijsko bivanje za študente je tri mesece.

Glede na nova pravila CEEPUS II in spremembe v visokem šolstvu ob uvajanju novih študijskih programov, usklajenih z bolonjsko deklaracijo, ter predvsem zaradi sprememb študijskih smeri na področju tekstilnega in oblačilnega inženirstva, katere je čedalje pogostejše zamenjevalo področje oblikovanja tekstilij in oblačil, je bilo težko zagotoviti ustrezno mobilnost študentov med partnerskimi institucijami, kar je ponovno privedlo do krajšega mirovanja mreže

CEEPUS SI-0117. V študijskem letu 2007/08 je bila mreža obnovljena. V mrežo, ki je bila potrjena kot CEEPUS CII-SI-0217, je bilo vključenih osem fakultet oziroma univerz, in sicer poleg Fakultete za strojništvo Univerze v Mariboru in Tekstilno-tehnološke fakultete zagrebškega vseučilišča, ki sta v mreži delovali neprekinjeno, sta bili vključeni še Tehniška univerza Lodz (Technical University of Lodz, Textile Faculty) in Univerza Hradec Kralove (University of Hradec Králové, Faculty of Education, Department of Textile Design); tem pa so se pridružile še štiri nove partnerske univerze, in sicer Univerza Cirila in Metoda (Fakulteta za tehnologijo in metalur-

gijo) iz Skopja, Univerza v Ljubljani (Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo), Academy of Fine Arts and Design Bratislava in Tehniška univerza Iasi (Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Faculty of Textiles and Leather Engineering). Glede na nova pravila je program temeljil na treh osnovnih aktivnostih, in sicer na: a) semestrski izmenjavi (najmanj tri mesece) dodiplomskih in podiplomskih študentov, b) projektnem delu na področju tematike Intelligent Textile Products of New Generation – Design & Development, ki je namenjeno predvsem diplomantom, tj. pripravi diplomskih del, in c) kratkoročni izmenjavi (en mesec ali dva) podiplom-

| Univerza / Fakulteta                                                  | Študijsko leto |         |         |         |         |         |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                                                       | 1997/98        | 1998/99 | 1999/00 | 2000/01 | 2001/02 | 2002/03 |
| Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo                         |                |         |         |         |         |         |
| Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno tehnološki fakultet                  |                |         |         |         |         |         |
| TU Liberec, Faculty of Textile Science                                |                |         |         |         |         |         |
| Slovak TU, Faculty of Chemical Technology, Bratislava                 |                |         |         |         |         |         |
| TU Lodz, Textile Faculty                                              |                |         |         |         |         |         |
| TU Budapest, Faculty of Mechanical Engineering                        |                |         |         |         |         |         |
| Technical College for the Light Industry, Budapest                    |                |         |         |         |         |         |
| University of Hradec Kralove, Faculty of Education                    |                |         |         |         |         |         |
| Univerza Cirila in Methodius, Fakulteta za tehnologijo in metalurgijo |                |         |         |         |         |         |
| UL, Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana                         |                |         |         |         |         |         |
| Academy of Fine Arts and Design Bratislava                            |                |         |         |         |         |         |
| TU Iasi, Faculty of Textiles and Leather Engineering                  |                |         |         |         |         |         |
| Univerza v Banja Luki, Tehnološka fakulteta                           |                |         |         |         |         |         |
|                                                                       | SI-0007        |         |         |         |         |         |

Slika 3: Pregled partnerskih institucij, vključenih v 10-letnem delovanju mreže CEEPUS

skih študentov (magistrantov in/ali doktorandov), ki opravljajo individualno raziskovalno delo, vezano na izobraževalni proces. V okviru obnovljene in razširjene mreže je bilo izpeljanih 74 mesecev izmenjave, in sicer 66 mesecev je bilo namenjenih semestrski izmenjavi, trije meseci kratkoročnim izmenjavam in pet mesecev izmenjavi profesorjev. V študijskem letu 2008/09 se je v CEEPUS CII-SI-0217, ki jo je povezovala tematika *Intelligent Textile Products of New Generation – from idea to final product*, ponovno vključila Tehniška univerza Liberec (Faculty of Textile Science), dodatno pa še Tehniška fakulteta Univerze v Banja Luki kot nova partnerica iz BIH. Spomladi 2009

je bila potrjena mreža CEEPUS CII-SI-0217 v enaki sestavi za študijsko leto 2009/2010, ki jo povezuje program *Design and Development of Multifunctional Protective Clothing* in je ena od 54 potrjenih mrež CEEPUS v študijskem letu 2009/2010. Slovenski partnerji sodelujejo v 30 mrežah, od tega v šestih kot koordinatorji (med njimi je tudi CEEPUS CII-SI-0217). Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo je v državnem proračunu za študijsko leto 2009/2010 zagotovilo sredstva za skupaj 360 mesecev dotacij. Pregled vključenosti partnerskih institucij po posameznih študijskih letih delovanja CEEPUS mreže je podan na sliki 3.

| Univerza / Fakulteta                                                     | Študijsko leto |             |         |         |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------|---------|---------|
|                                                                          | 2004/05        | 2007/08     | 2008/09 | 2009/10 |
| Univerza v Mariboru,<br>Fakulteta za strojništvo                         |                |             |         |         |
| Sveučilište u Zagrebu,<br>Tekstilno tehnološki fakultet                  |                |             |         |         |
| TU Liberec, Faculty<br>of Textile Science                                |                |             |         |         |
| Slovak TU, Faculty<br>of Chemical Technology, Bratislava                 |                |             |         |         |
| TU Lodz, Textile Faculty                                                 |                |             |         |         |
| TU Budapest, Faculty<br>of Mechanical Engineering                        |                |             |         |         |
| Technical College for the Light<br>Industry, Budapest                    |                |             |         |         |
| University of Hradec Kralove,<br>Faculty of Education                    |                |             |         |         |
| Univerza Cirila in Methodius,<br>Fakulteta za tehnologijo in metalurgijo |                |             |         |         |
| UL, Naravoslovnotehniška fakulteta,<br>Ljubljana                         |                |             |         |         |
| Academy of Fine Arts and Design<br>Bratislava                            |                |             |         |         |
| TU Iasi, Faculty of Textiles<br>and Leather Engineering                  |                |             |         |         |
| Univerza v Banja Luki, Tehnološka<br>fakulteta                           |                |             |         |         |
|                                                                          | SI-0117        | CII-SI-0217 |         |         |

Slika 3: Nadaljevanje.

Glede na celotno mobilnost študentov in profesorjev med sodelujočimi univerzami, ki je obsegala 572 mesecev, je treba poudariti, da je bila mreža CEEPUS med 10-letnim delovanjem izjemno aktivna, saj je bilo med partnerskimi univerzami oziroma fakultetami uresničenih kar 478 študentskih in 94 profesorskih mesecev mobilnosti, kar je rezultat multilateralnega sodelovanja. Pregled števila mesecev izmenjave študentov (za obdobje od 2007/08 naprej so ločeno prikazane semestrskeske (tri do štiri mesece) in krajše izmenjave, tj. izmenjava za enega ali dva meseca, in profesorjev po letih je podan na sliki 4.

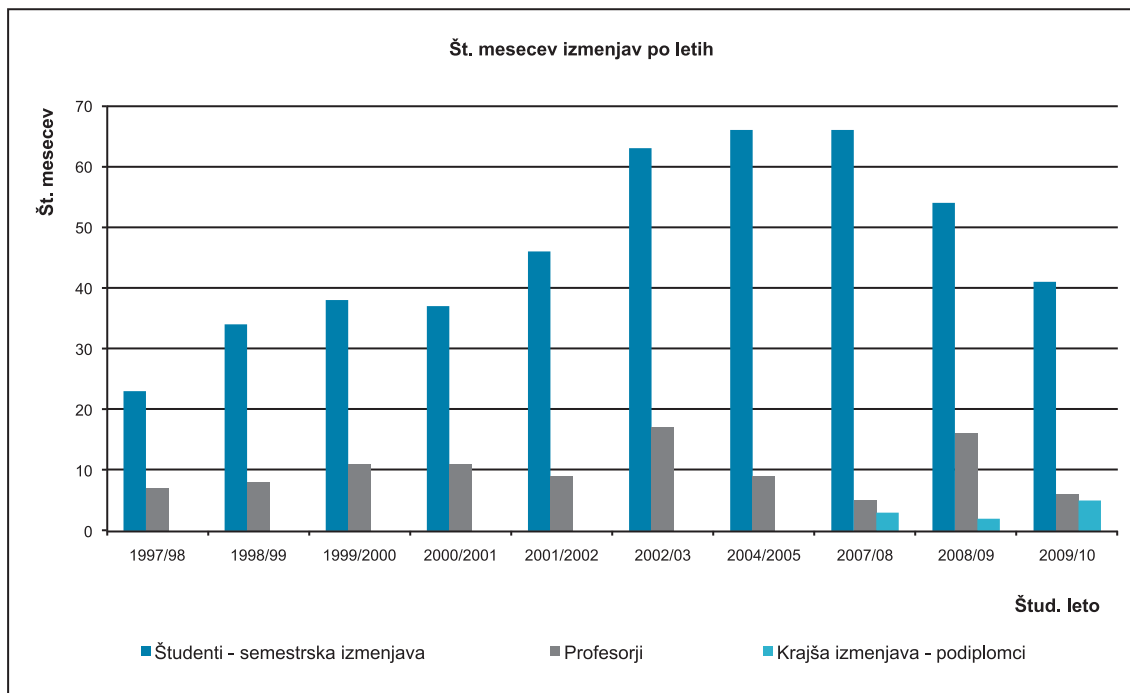
Iz analize je videti, da je bila v okviru programa mreže CEEPUS SI-0007, ki je delovala v letih 1997–2003, in mreže CEEPUS SI-0117, ki je potekala v študijskem letu 2004/05, realizirana izmenjava 307 študentskih in 72 profesorskih mesecev ter v zadnjem obdobju, (v okviru CEEPUS CII-SI-0217) 171 študentskih (161 mesecev semestrskih in 10 mesecev krajših izmenjav) in 27 profesorskih mesecev, slika 4.

Iz analize je videti, da je bila v okviru programa mreže CEEPUS SI-0007, ki je delovala v letih 1997–2003, in mreže CEEPUS SI-0117, ki je potekala v študijskem letu 2004/05, realizirana izmenjava 307 študentskih in 72 profesorskih mesecev ter v

zadnjem obdobju, (v okviru CEEPUS CII-SI-0217) 171 študentskih (161 mesecev semestrskih in 10 mesecev krajših izmenjav) in 27 profesorskih mesecev, slika 4. Aktivna mobilnost študentov in profesorjev v okviru nastalega multilateralnega sodelovanja pa ni pripeljala le do številnih pomembnih izkušenj med partnerskimi institucijami, ampak je v več pogledih pomembno zaznamovala tudi razvojno strategijo posameznih institucij, ki so z izmenjavo izkušenj na področju izobraževanja, predvsem usklajevanja študijskih programov, priprave kreditnega sistema (sistema ECTS) in njihovega medsebojnega priznavanja, ter na podlagi znanstvenoraziskovalnih aktivnosti oblikovale in usmerjale svoj razvoj. Nedvomno pa je mreža CEEPUS SI-0007 prva odprla vrata aktivnemu srednjeevropskemu povezovanju partnerskih ustanov s področja tekstilnega in oblačilnega inženirstva ter oblikovanja tekstilij in oblačil ter jih tako spodbudila k vzpostavitvi mobilnosti študentov in profesorjev, kar je omogočilo vzpostavitev multilateralnega sodelovanja.

#### *Medfakultetno sodelovanje in skupne znanstvene in tehnološke raziskave*

Čeprav je cilj programa CEEPUS razvoj izobraževanja in je financiranje kongresov, konferenc in raziskovanj izključeno, je bilo na podlagi čedalje te-



Slika 4: Pregled realizirane mobilnosti v okviru mreže CEEPUS

snejšega sodelovanja med vključenimi univerzami oziroma fakultetami oblikovanih in izvedenih več programov sodelovanja v znanosti in tehnologiji ali t. i. bilateralnih projektov. Tako je bil leta 1999 zasnovan prvi slovensko-hrvaški raziskovalni projekt na temo *Merilni sistemi in metode v oblačilnem inženirstvu*, ki se je odvijal v okviru slovensko-hrvaškega medvladnega programa sodelovanja v znanosti in tehnologiji v obdobju 2000–2002 (vodja hrvaške strani prof. dr. D. Rogale in slovenske prof. dr. J. Geršak). Rezultat čedalje tesnejše povezave, ki je privedel do aktivne raziskovalne dejavnosti v okviru mobilnosti študentov in profesorjev med institucijami, vključenimi v mrežo CEEPUS SI-007, je bil tudi slovensko-poljski dvostranski znanstvenoraziskovalni projekt *Študij povezave med v svetu razvitim objektivnim vrednotenjem lastnosti otipa tkanin in evropskimi standardnimi metodami* (*Study of relationship between objective evaluation of hand properties of fabrics developed in world and European standard methods*), ki je potekal v letih 2002 in 2003 (vodja poljske strani prof. dr. I. Krucinska in slovenske prof. dr. J. Geršak). V letu 2003 je bil zasnovan slovensko-madžarski dvostranski znanstvenoraziskovalni projekt *Modeliranje obnašanja kompleksnih tekstilnih struktur* (*Modelling of the behaviour of complex textile structures*), ki je potekal v letih 2004 in 2005 (vodja madžarske strani doc. dr. M. Halász in slovenske prof. dr. J. Geršak), in leta 2005 kot nadaljevanje dotedanjega sodelovanja nov slovensko-madžarski dvostranski znanstvenoraziskovalni projekt *Določitev parametrov računalniškega modela mehanskih lastnosti kot interakcije kompleksnih tekstilnih struktur* (*Determination of computer model and mechanical parameters as well as their interactions in complex textile structures*), ki je potekal v letih 2006 in 2007 (vodja madžarske strani doc. dr. M. Halász in slovenske prof. dr. J. Geršak). Istega leta je bil zasnovan nov slovensko-hrvaški dvostranski znanstvenoraziskovalni projekt *Uvajanje sistema objektivnega merjenja in vrednotenja novih materialov v procesu oblikovanja in projektiranja izdelkov iz tehničnih in inteligentnih tekstilij* (*Implementation of new materials objective measurement and evaluation system in the processes of technical and intelligent textile products design*), ki je potekal v letih 2006 in 2007 (vodja hrvaške strani doc. dr. E. Vujasinović in slovenske prof. dr. J. Geršak), v postopku evalvacije pa sta tudi nova dvostranska projekta s Hrvaško in Madžarsko. S slednjo se letos končuje dveletni dvo-

stranski projekt *Študij asimetričnega obnašanja kompleksnih tekstilnih struktur* (*The research of asymmetric behavior of complex textile structures*), v teku pa je tudi dvostranski projekt med Hrvaško in Madžarsko (*3D modeling of human body based on anthropometric measurement*).

### *CEEPUS – prispevek k razvoju tekstilnega izobraževanja*

Ob kratkem pregledu mobilnosti in aktivnosti, ki so povezovale partnerske institucije v mrežo CEEPUS, lahko nedvomno trdimo, da je mreža CEEPUS SI-0007, zdaj CEEPUS CII-SI-0217, odigrala pomembno vlogo na področju tekstilnega izobraževanja, saj je prva odprla vrata aktivnemu srednjeevropskemu povezovanju partnerskih institucij in skozi svoje delovanje te pripeljala do aktivnega multilateralnega sodelovanja. K uspešnosti nastalega multilateralnega sodelovanja so v veliki meri pripomogli tudi koordinatorji partnerskih institucij, ki so uspešno usklajevali posamezne aktivnosti, hkrati pa skrbeli za širši prenos znanj, kot tudi da so se gostujoči študenti in profesorji v okviru načrtovanih aktivnosti prijetno počutili v novem okolju, za kar se vsem koordinatorjem iskreno zahvaljujem.

**dr. Jelka Geršak**

*Koordinatorica CEEPUS CII-SI-0217*

## Izkušnje študentov na izmenjavi v okviru programa CEEPUS

*Vesna Ferlič, študentka FS, Oddelka za tekstilne materiale in oblikovanje Maribor*  
Vsaka sprememba je v življenju dobrodošla ... Če pa v kratkih treh mesecih izmenjave pridobiš še več odprtosti do sebe in drugih, je to še toliko boljša sprememba! Za trimesečno izmenjavo na Češkem sem se odločila, ker sem si želela pridobiti drugačna znanja in izkušnje.

Ko spoznaš različne ljudi iz nepoznanih krajev, ti je ponujeno nabiranje informacij o državi, iz katere prihaja nekdo, iz prve roke. Kot študentko na izme-

njavi so me kot tujko v tej državi lepo sprejeli. Ljudje nimajo predsodkov ter z odprtostjo sprejmejo človeka, četudi je znanje angleščine pri večini malo slabše. Pa vendar nazadnje ugotoviš, da angleščino znajo, da jih je le sram jo uporabljati.

Torej, spoznavanje novih ljudi, kultur in sklepanje novih prijateljstev. S temi prijatelji še do danes nismo prekinili stikov, kar mi veliko pomeni.



*Vesna Ferlič, ki je v okviru semestrsk (trimesečne) izmenjave na TU v Libercu uspešno zbrala kar 24 ECTS od 30*

*Srđan Vlatković, študent zagrebske tekstilno-tehnološke fakultete*

Multikulturnost, interdisciplinarnost, zabava, učenje, šport, učenje novega jezika, nova prijateljstva, žurke, uživanje, vse to so besede, s katerimi bi opisal svojo študentsko izmenjavo, ki sem jo „oddelal“ v Ljubljani. Izkušnja je bila čudovita in jutri bi ponovil enako, ko bi imel priložnost. Če jo imate tudi vi – jo izkoristite. Na svidenje.



*Srđan Vlatković*

## Stanje in prihodnost slovenske in evropske oblačilne industrije

Kadar govorimo o tekstilni industriji, le redko pomislimo, da je to ena kapitalsko najbolj intenzivnih panog predelovalne industrije. Nekatera delovna mesta v tekstilni industriji (predenje, tkanje) stanejo tudi več milijonov evrov. Na drugi strani pa je oblačilna industrija med delovno najbolj intenzivnimi panogami, njena delovna mesta stanejo le nekaj tisoč evrov.

Medtem ko so do te stopnje delitvene meje med tekstilno in oblačilno industrijo jasno postavljene, pa so v sami oblačilni industriji veliko bolj zabrisane. Oblačilno industrijo delimo na proizvodnjo oblačilnih izdelkov in modno industrijo. Za oblačilno industrijo je značilna proizvodnja industrijskih izdelkov, ki je usmerjena predvsem v doseganje optimalnih rezultatov pri nabavi, pripravi, proizvodnji in distribuciji oblačilnih izdelkov, za modno industrijo pa so značilni predvsem razvoj modnih trendov in blagovnih znamk, razvoj distribucijske mreže in prodajnih mest ter optimiziranje logističnih poti od proizvodnje do prodajnih mest. Primer uspešnega predstavnika modne industrije je npr. španska družba Inditex, ki je med drugim lastnica trgovskih verig Zara, Pull and Bear, Bershka, Stradivarius. Družba Inditex ima samo v Evropi več kot 3550 trgovin (v Sloveniji 12). Podjetje uspešno širi svojo prodajno mrežo po vsem svetu, saj ima skupaj kar 4264 trgovin, trenutno pa se pripravlja na prodor na indijski, korejski ukrajinski in egiptovski trg. Vendar tudi v tej industrijski veji niso vsa podjetja uspešna, kar nazorno kaže napoved stečaja tako ugledne družbe, ki je lastnik in upravlja eno najprestižnejših blagovnih znamk v modni industriji, nemške Escade.

*Evropska oblačilna industrija in kitajski prevzem glavne vloge v svetovni oblačilni industriji*

Do leta 2005 je bila evropska oblačilna industrija največji izvoznik oblačil na svetu, tega leta pa je prvo mesto prevzela kitajska oblačilna industrija. Proizvodnja oblačil v Evropski uniji upada že od

leta 2000 in se je do leta 2008 zmanjšala za 30 odstotkov. Glavni vzrok zmanjševanja obsega proizvodnje oblačil v Evropi je prav gotovo prodor proizvodnje oblačil predvsem s Kitajskega in iz drugih azijskih držav. Prodor oblačil s Kitajske na trge EU je posledica globalnih premikov in strateške usmerjenosti kitajskega gospodarstva, ki temelji predvsem na dolgi tradiciji kitajske oblačilne industrije, ki je bila temelj za razvoj sodobne oblačilne industrije, obenem pa je oblačilna industrija z relativno majhnimi investicijskimi vložki zagotavljala delo zelo velikemu številu delavcev.

Zmanjšanemu obsegu proizvodnje v evropski oblačilni industriji se prilagaja tudi število zaposlenih. Evropsko tekstilno združenje EURATEX ocenjuje, da se je število zaposlenih od leta 2000 do 2008. zmanjšalo za skoraj 850.000, kar pomeni četrtno vseh delovnih mest v evropski oblačilni industriji. EURATEX je sicer pred tem napovedoval izgubo do dveh milijonov delovnih mest v Evropski uniji, vendar je bila izguba delovnih mest manjša predvsem zaradi širitve Evropske unije, saj se je nešteto zaprtih mest v EU-15 preneslo v Romunijo, Bolgarijo, Poljsko, Madžarsko in Češko.

Evropski izvoz oblačil je v tem desetletju kljub prestrukturiranju in negativnemu vplivu močnega evra v zadnjih letih vrednostno naraščal, vendar pa se je glede na količino zmanjšal, kar kaže, da so se podjetja prestrukturirala v proizvodnjo cenovno zahtevnejših izdelkov in iskala svojo priložnost v posameznih manjših tržnih nišah, kot so npr. izdelki, ki imajo zelo kratek odzivni čas od naročila do nabave, ali izdelki maloserijske proizvodnje.

Uvoz oblačilnih izdelkov v Evropsko unijo je v zadnjem desetletju nenehno naraščal in se je od leta 2002 do 2008. vrednostno povečal za več kot 36 odstotkov. Največ sta k uvozu prispevali Kitajska in Turčija, čedalje močnejša izvoznika pa sta tudi In-

dija in Bangladeš. Prodor na Kitajskem narejenih oblačil na evropski trg se najboljše kaže v obsegu kitajskega izvoza v letu 2002, ko je pomenil 20-odstotni delež svetovnega izvoza, v letu 2008 pa je kitajski delež znašal že več kot 38 odstotkov. V tem času so se izvožene količine kitajskih oblačil količinsko povečale za 2,5-krat. Nemoč evropske oblačilne industrije je posledica neučinkovitosti zaščitnih ukrepov, ki jih je v preteklih letih uvedla Evropska unija. S 1. januarjem 2005 je prenehal veljati WTO-sporazum o tekstilu in oblačilih (ATC). S tem so bile odpravljene količinske omejitve (kvote) za uvoz tekstilij in oblačil iz držav WTO, tudi Kitajske. Takoj po odpravi teh omejitev v letu 2005 zaznavamo največjo rast uvoza tekstilnih izdelkov v EU. Zato je Evropska unija sredi leta 2005 s Kitajsko sklenila sporazum, s katerim je do leta 2007 omejila uvoz 10 kategorij oblačilnih izdelkov, za leto 2008 je dogovorila le sistem dvojne kontrole, vendar brez količinskih omejitev. V letu 2008 se je najbolj povečal uvoz t. i. nereguliranih kategorij oblačilnih izdelkov, in to kar

*Proizvodnja oblačil v EU – indeksi proizvodnje (2000=100)*

|      |       |
|------|-------|
| 2000 | 100,0 |
| 2001 | 97,1  |
| 2002 | 86,2  |
| 2003 | 81,8  |
| 2004 | 77,3  |
| 2005 | 69,9  |
| 2006 | 69,3  |
| 2007 | 69,4  |

*EU – izvoz oblačil*

|                                    | 2002    | 2003    | 2004    | 2005    | 2006    | 2007    | 2008 |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| Svet (v milijardah EUR)            | 58,1    | 57,4    | 57,9    | 61,2    | 64,8    | 73,0    | –    |
| Države izven EU (v milijardah EUR) | 14,8    | 13,9    | 14,1    | 14,8    | 16,1    | 16,6    | 19   |
| Količina v t                       | 398.908 | 393.879 | 495.450 | 520.647 | 394.916 | 341.613 | –    |
| Povprečna cena EUR/t               | 37.101  | 35.290  | 28.459  | 28.426  | 40.768  | 48.593  | –    |

## EU – uvoz oblačil

|                                  | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006  | 2007  | 2008 |
|----------------------------------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| Svet (v milijardah EUR)          | 84,7 | 85,1 | 87,6 | 94,9 | 103,1 | 107,7 |      |
| Države izven EU (milijardah EUR) | 46,5 | 47,2 | 49,7 | 53,7 | 55,5  | 58,1  | 63,3 |
| Kitajska                         | 9,3  | 10,2 | 11,5 | 16,9 | 18,9  | 21,9  |      |
| Turčija                          | 6,9  | 7,4  | 7,7  | 7,9  | 8,2   | 8,9   |      |
| Romunija                         | 3,7  | 3,8  | 3,8  | 3,6  | 3,5   |       |      |
| Bangladeš                        | 2,7  | 3,1  | 3,7  | 3,5  | 4,6   | 4,3   |      |
| Tunizija                         | 2,9  | 2,7  | 2,6  | 2,5  | 2,4   | 2,6   |      |
| Indija                           |      |      |      | 3,2  | 3,8   | 3,8   |      |

Vir: Euratex

za 68 odstotkov, kar kaže na izjemno prilagodljivost kitajske oblačilne industrije.

Najbolj zgovoren pa je prav gotovo podatek o razmerju med izvozom in uvozom oblačil. Le-ta nenehno narašča v korist Kitajske. Tako je bil izvoz kitajskih oblačilnih izdelkov kar 3,5-krat večji od celotnega izvoza iz Evropske unije na Kitajsko.

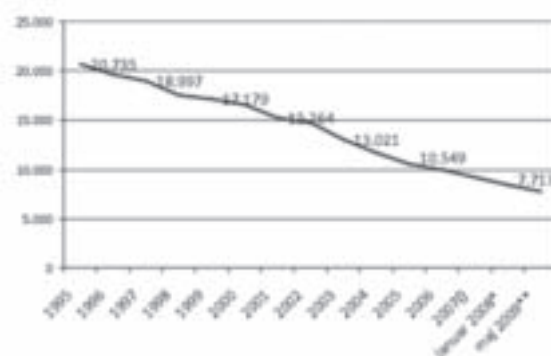
V povezavi s kitajsko konkurenčnostjo se nenehno poudarjata nizka cena izdelkov ter nizek socialni položaj delavcev, vendar postaja za EU enako velik problem tudi kitajsko neupoštevanje/nespoštovanje intelektualne lastnine in nespoštovanje okoljskih standardov. V številnih primerih pa kitajska vlada pomaga podjetjem z nepovratnimi posojili in z občasnimi oprostitvami plačila dela davka na dodano vrednost. V tem tiči razlog, da deset let trajajoče nenehno globalizacijsko prilagajanje evropske oblačilne industrije novim tržnim razmeram na svetovnem trgu ni dalo pričakovanih rezultatov.

### Slovenska oblačilna industrija v zadnjem desetletju

Tudi za slovensko oblačilno industrijo je od leta 2000 naprej značilno nenehno upadanje proizvodnje, prihodkov, izvoza in posledično tudi števila zaposlenih. V tem obdobju je bila slovenska oblačilna industrija izrazito izvozno usmerjena, saj so bile njene proizvodne zmogljivosti vedno bistveno večje od potreb domačega trga. Tako je v letu 2000 z izvozom ustvarila 55 odstotkov vseh prihodkov, v letu 2008 pa 50 odstotkov. Največji delež v proizvodnji slovenske oblačilne industrije v letu 2000 so imela dodelavna dela. Slovenski oblačilni industriji je bila vseskozi največji izvozni partner Evropska unija, države pa Nemčija, Avstrija in Italija. Slovenska oblačilna industrija je

leta 2000 več kot 80 odstotkov vseh izvoženih izdelkov prodala v države Evropske unije, v preteklem letu pa je bil delež izvoza te industrijske veje le še 66,2-odstoten. V okviru izvoza oblačil v Evropsko unijo je bil delež izvoza oblačil v Nemčijo kar 35,3-odstoten. Zmanjšanje deleža izvoza v Evropsko unijo je posledica prodora slovenske oblačilne industrije na razvijajoče se trge, kot so Hrvaška, Švica, BiH,... dejstvo pa je tudi, da se konkurenčnost slovenske oblačilne industrije na trgih Evropske unije zmanjšuje zaradi hitrejšega naraščanja stroškov kot pri nekaterih glavnih konkurentih, s katerimi konkurira slovenska oblačilna industrija na svetovnem trgu.

Ob osamosvojitvi je oblačilna industrija v Sloveniji zaposlovala 33.712 delavcev, kar je bilo skoraj osem odstotkov vseh zaposlenih v predelovalnih dejavno-



Opomba:

() začasen podatek

\* do tu po SKD 2002 za dejavnost DB18- proizvodnja oblačil, strojenje, dodelava krzna

\*\* po SKD 2008 za dejavnost C14- Proizvodnja oblačil

Število zaposlenih v oblačilni industriji, Slovenija 1995–2009. (Vir: SURS)

*Število podjetij v oblačilni industriji, Slovenija 1998–2007*

|      | Število podjetij |
|------|------------------|
| 1998 | 1666             |
| 1999 | 1551             |
| 2000 | 1454             |
| 2001 | 1395             |
| 2002 | 1343             |
| 2003 | 1259             |
| 2004 | 1194             |
| 2005 | 1066             |
| 2006 | 1010             |
| 2007 | 917              |

Vir: SURS

*Prihodki v oblačilni industriji, Slovenija 1999–2007*

|      | Prihodki (1000 EUR) |
|------|---------------------|
| 1999 | 332.828             |
| 2000 | 328.071             |
| 2001 | 323.296             |
| 2002 | 302.590             |
| 2003 | 268.741             |
| 2004 | 260.121             |
| 2005 | 246.431             |
| 2006 | 258.442             |
| 2007 | 257.829             |

*Izvoz in uvoz oblek (po sektorjih in odsekih Standardne mednarodne trgovinske klasifikacije), Slovenija 2002–2008*

|       | 2002    | 2003    | 2004    | 2005    | 2006    | 2007    | 2008(M01-M05) |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------|
| Izvoz | 346.291 | 304.402 | 271.835 | 283.773 | 270.528 | 281.200 | 115.251       |
| Uvoz  | 371.065 | 351.377 | 290.243 | 302.339 | 341.107 | 409.798 | 193.969       |

stih. Vstop Slovenije v Evropsko unijo 1. maja 2004 ni ustavil upadanja obsega izvoza oblačilne industrije, pa tudi uvedba evra ni bistveno vplivala na njen konkurenčni položaj na svetovnem trgu in na njen razvoj. Zmanjševanje števila zaposlenih v oblačilni industriji v Sloveniji ni zgolj posledica stečajev oblačilnih podjetij, temveč tudi nenehnega zmanjševanja števila zaposlenih v podjetjih zaradi optimiziranja proizvodnih zmogljivosti in zniževanja stroškov. Tekstilna panoga je leta 2000 zaposlovala 14.142, konec lanskega leta pa le še 8058 delavcev ali štiri odstotke vseh zaposlenih v predelovalni dejavnosti, to pa je štirikrat manj kot leta 1991. Od leta 2000 do 2007. se število podjetij ni bistveno spremenilo, saj so po zaključku stečajnih postopkov praviloma nastala nova ali več novih podjetij. Njihova dejavnost pa je pretežno zajemala trgovino z oblačilnimi izdelki in razvijanje lokalnih blagovnih znamk z ambicijo postati modno podjetje. V letih 2000–2007 so se prihodki oblačilnih podjetij zmanjšali za približno 13 odstotkov.

V javnosti se nenehno poudarja nedonosnost dodelavnih del, ki jih je treba zaradi predrage delovne sile opustiti. Narava dodelavnih del je danes drugačna, kot je bila pred leti. Današnja dodelavna dela niso več samo šivanje oblačil, temveč tudi razvoj samega oblačila od idejne skice naročnika do celotnega razvoja tehnološkega postopka izdelave oblačila. Po enakem principu deluje npr. industrija komponent za avtomobilsko industrijo, vendar je ta panoga donosnejša, zato so njeni podizvajalci uspešnejši. V avtomobilski industriji so nosilna avtomobilska podjetja vzpostavila z izdelovalci komponent dolgoročne partnerske odnose, ki temeljijo na načelu odprtih kalkulacij pri določanju cen del. V nasprotju s takšno obliko partnerskih odnosov pa sta pri večini dodelavnih del v oblačilni industriji ključna le cena minute šivanja in število priznanih proizvodnih minut za posamezen oblačilni izdelek.

Temeljni problem globalizacije je, da se je s trgovinskimi sporazumi z azijskimi državami potihem do-

voljevala nelojalna konkurenca v obliki socialnega, okoljskega in intelektualnega „dumpinga“. Dokler se je to dogajalo le v oblačilni industriji, se je to pripisovalo nesposobnosti prilagajanja evropske oblačilne industrije novim tržnim razmeram. Vendar se danes z enakimi problemi srečuje dobršen del evropske predelovalne industrije, saj konkurenca z vzhodnih trgov takšen način dela čedalje uspešneje širi iz tekstilne in oblačilne industrije tudi v druge industrijske panoge.

Skladno z dogajanjem v evropski in tudi v slovenski oblačilni industriji je tudi Mura kot del evropske industrije doživljala enako usodo. Tudi državna pomoč, ki jo je Mura dobila v letih 2003 in 2004, je bila glede na njeno velikost (v tem času je bilo zaposlenih več kot 4500 delavcev) nezadostna za kakršenkoli korenitejši premik v njenem prestrukturiranju. Več kot polovico sredstev je morala takoj vrniti državi za poplačilo zaostalih davkov in prispevkov. Za razvoj uspešnih blagovnih znamk ter lastne prodajne in franšizne mreže bi po mnenju strokovnjakov potrebovali nekajkrat več denarja, kot je znašala državna pomoč.

Zaradi nenehnega upadanja obsega proizvodnje, izvoza in števila zaposlenih v evropski oblačilni industriji v zadnjem desetletju zlahka ugotovimo, da za tako velike sisteme, kot je Mura, ki je po nekaterih ocenah največje podjetje za modna oblačila v Evropi, ni bilo konjunktturnih obdobij, ki bi jih lahko izkoristila za takšno poslovanje, ki bi ji omogočilo vsaj delno prestrukturiranje v smeri modne industrije.

### *In kako naprej?*

Največja gospodarska kriza po drugi svetovni vojni bo prav gotovo spremenila marsikateri pogled in marsikatero prepričanje o tem, kaj je donosno in kaj ni, kaj je treba opustiti in kaj razvijati naprej. Zadnja dogajanja kažejo, da podjetja iz t. i. perspektivnih panog niso nič bolj odporna na posledice gospodarske krize kakor podjetja iz t. i. neperspektivnih panog. V številnih primerih se je izkušnja, ki so jo pridobila oblačilna podjetja v času globalizacije, izkazala celo za prednost pri iskanju rešitve iz gospodarske krize. Je pa prav nenehno poudarjanje neperspektivnosti oblačilne industrije skozi celotno obdobje prestrukturiranja te industrije v Sloveniji naredilo velikansko škodo slovenski oblačilni industriji. Posledica tega je, da se mladi ne vpisujejo v poklicne srednješolske in visokošolske progra-

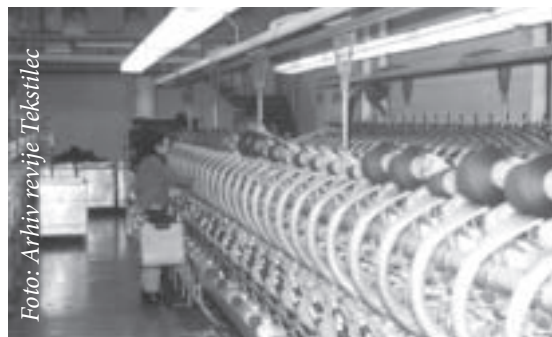
me, ki izobražujejo za potrebe tekstilne industrije, zato se soočamo z razpadom mreže srednjih šol in vsakoletnim nezanimanjem za vpis študentov na dodiplomski študij. Tekstilna industrija že zdaj čuti pomanjkanje posameznih profilov delavcev in v prihodnje bo tovrstnih kadrov še bolj primanjkovalo.

Kljub gospodarski krizi pa se globalizacijski procesi niso ustavili, še več, v posameznih segmentih se celo krepijo, kar mora biti jasno znamenje tudi večini drugih panog v predelovalni industriji, da upoštevajo izkušnje prestrukturiranja oblačilne industrije in jih tudi uspešno uporabijo pri svojem prilagajanju spreminjajočim se razmeram na svetovnem trgu. Evropska unija bo morala, če bo hotela zaposliti svoje prebivalstvo in ostati zvesta načelu konkurence, omogočiti svoji predelovalni industriji enakopraven položaj. Tudi če bo treba uvesti dodatne dajatve na uvoz blaga iz držav s socialnim, okoljskim ali drugim dumpingom, seveda pa bi bilo pošteno, da bi te dajatve porabila za subvencioniranje zgoraj navedenih področij.

Velike spremembe v evropski oblačilni industriji, ki se dogajajo v teh kriznih časih, kažejo, da ni enotnega recepta za rešitev iz težav. Prav pa je, da se iz izkušenj, ki so si jih pridobile nekatere države Evropske unije, ki imajo dolgo tradicijo v oblačilni industriji, kaj naučimo. Čedalje bolj postaja očitno, da bo vsako podjetje moralo najti svojo lastno identiteto in svoj način prestrukturiranja skozi tesno sodelovanje vodstva podjetja z zaposlenimi. Ne glede na to, kako so lastniki prišli do oblačilnih podjetij, je nujno, da tudi oni uspešno odigrajo svojo vlogo pri prestrukturiranju.

**Jože Smole**

*direktor Združenja za tekstilno, oblačilno  
in usnjarskopredelovalno industrijo GZS  
in generalni sekretar Združenja delodajalcev  
Slovenije*



*Foto: Arhiv revije Tekstilec*

## Mnenje: Vzroki posledic

Problematika tekstilne, oblačilne in usnjarskopredelovalne industrije je ves čas prisotna in v zadnjem času še posebej povezana z iskanjem rešitve za enega od stebrov slovenske oblačilne, pa tudi celotne predelovalne industrije. Pri omenjenem iskanju rešitev se velikokrat omenja državna pomoč temu in podobnim podjetjem, pri tem se pa pozabi na vse tisto, kar so ta in druga podjetja, ki so ustvarjala tako imenovani neto učinek pri menjavi s konvertibilnim območjem, v preteklosti dala na „oltar države“. Po mojem mnenju se je tu začel izvirni greh in posledice tega že kar dolga leta hromijo razvoj in vse delovanje podjetij v teh dejavnostih.

Tokratni pogled na vzroke sedanjih posledic je naslikan skozi oči upokojenca, ki je kar dolga leta deloval v tem okolju in sodeloval tudi pri oblikovanju predlogov ukrepov tekoče ekonomske politike, s katerimi bi bili pogoji poslovanja znosnejši za te dejavnosti in bi omogočili njihov normalnejši razvoj. Poznavalci vedo, da je bila velika večina podjetij tekstilne, oblačilne in obutvene dejavnosti izvozno naravnana že v času, ko je neto izvozna bilanca za podjetja pomenila dodatni davek, je bil pa izvoz nujno potreben za njihov razvoj in usposobljenost za oster boj na trgih. Druga značilnost teh dejavnosti, predvsem oblačilne in obutvene, je njihova delovna intenzivnost ter s tem povezana višina stroškov dela oziroma obremenjenost tega z davki in prispevki. Posledično so podjetja potrebovala čedalje več sposojenega denarja, obrestne mere pa so bile zopet močno višje od cene denarja na trgih, kamor so ta največ prodajala.

Prvi vzrok za sedanje posledice je v dolgoletni precenjenosti najprej dinarja in nato tolarja. Že v prejšnji državi in vse do uvedbe evra v naši novi državi je bila domača valuta precenjena v razmerju do valut držav, kamor so obravnavana podjetja izvažala. To seveda pomeni, da je plačeval „dodatni davek“ vsak subjekt, ki je več izvažal kot uvažal s teh trgov. Da je bilo tako kljub našim nenehnim predlogom za spremembe, gre „zasluga“ velikemu vplivu tistih, ki so veliko uvažali, in tudi vsem nam potrošnikom, saj smo z veseljem kupovali v tujini, ker smo doma poceni kupili devize in je bil tako na-

kup najrazličnejših dobrin ugoden. Take razmere so ustrezale tudi dnevni politiki, breme pa je padlo na pleča tekstilcev, oblačilcev, usnjarjev, čevljarjev, lesarjev in morda še koga. V svojih arhivih imam še takratne izračune, koliko milijonov evrov se je vsako leto odlilo od neto izvoznikov k porabnikom deviz. Veliko jih je porabila tudi država. Samo za ponazoritev tega omenjam, da so podjetja tekstilne, oblačilne in usnjarskopredelovalnih dejavnosti v letih 1994–1997 *vsako leto „plačala“ povprečno 40 milijonov evrov dodatnega „davka“ zaradi precenjenosti domačega tolarja*. Kaj torej pomeni državna pomoč tem podjetjem v zadnjih letih? Lahko bi rekel, da je to le majhna napitnina.

Drugi vzrok je v izjemno visoki obremenitvi stroškov dela. Prav plače so „najboljša“ podlaga za plačevanje davkov in prispevkov in zato pri državi nikoli ni bilo posluha, da bi za del teh bila le drugačna osnova, bližja kapitalu. Da je obremenitev dela pri nas veliko večja kot v državah, iz katerih je prihajala in še prihaja konkurenca našim podjetjem, večina ve, a sprememb ni in jih verjetno ne bo. Kot poslanec prvega demokratično izvoljenega parlamenta se spominjam, da smo v razpravah ob sprejemanju letnih proračunov zahtevali zmanjšanje javne porabe. Delež porabe države se je takrat gibal okrog 37 odstotkov BDP, od takrat naprej je ta delež le rasel in zdaj je že 43,3-odstoten. In kdo je največ prispeval v te blagajne? Delavci in podjetja delovno intenzivnih dejavnosti.

Tretji vzrok so draga posojila, ki so jih podjetja potrebovala čedalje več, saj sta jih izčrpavala precenjenost domače valute in visoka obremenjenost dela. Čedalje bolj so bila v oblasti bank, ki pa tudi niso imele konkurence in so tako predvsem skrbele za svoje bilance.

Podpisani se zavedem, da gre razvoj svojo pot in da bi se tudi ob prijaznejši ekonomski politiki delovno intenzivne dejavnosti morale prestrukturirati. Lahko pa bi bilo to bolj postopno in prijaznejše do zaposlenih. To so si zaslužili, če se zavedamo, koliko so pripomogli k razvoju drugih in tudi k izboljšanju splošnega standarda.

**Frančišek Grašič**

## Ljubljana: 40. simpozij o novostih v tekstilstvu

Simpozij o novostih v tekstilstvu, ki ga tradicionalno organizirajo na ljubljanskem oddelku za tekstilstvo, letos je bil že štirideseti po vrsti, je imel pomenljiv naslov – *Tekstilna znanost v novih razmerah*. Kljub zdajšnjim razmeram in gibanjem v tej industriji pa se je posvetovanja udeležilo kar nekaj vodstvenih in tehničnih kadrov iz podjetij, predvsem iz primarne tekstilne industrije. V okviru tehnološkega dela so bili na predavanjih in posterjih predstavljeni razvojni dosežki na področju tekstilij in tehnologij, kot so tako imenovane pametne tekstilije za najrazličnejša področja uporabe. Velik del predstavljenih raziskovalnih rezultatov je bilo plod interdisciplinarnega sodelovanja različnih raziskovalnih in izobraževalnih ustanov ter podjetij. Predavanja bodo v obliki člankov objavljena v prihodnjih številkah revije *Tekstilec*.

Uvodni del simpozija je bil namenjen gospodarski krizi v tekstilni industriji in mnenjem, kako se z njo spopasti. Zato so organizatorji k tej temi povabili tri predavatelje iz različnih ustanov: Jožeta Smoleta z Združenja delodajalcev Slovenije, Jureta Brložnika z Urada RS za makroekonomske analize in razvoj ter Mateja Novaka z ministrstva za gospodarstvo.

V uvodnem nagovoru je predstojnik Oddelka za tekstilstvo Franci Sluga med drugim poudaril, da sta se tekstilna in oblačilna industrija že pred desetletjem ob sprostitvi svetovne trgovine s tekstilnimi izdelki začeli prilagajati novim razmeram in spoznali, da lahko ohranita svoje mesto v razvitih ekonomijah le, če bosta svoj razvoj zasnovali na inovativnosti in razvojnem delu v sodelovanju z raziskovalnimi in izobraževalnimi ustanovami. Ob tem se je pokazalo, da ne gre za delitev na perspektivne in neperspektivne panoge, ampak zgolj za perspektivna in neperspektivna podjetja.

Jure Brložnik se je strinjal, da je nesmiselna delitev na slabe in dobre panoge, pač pa so samo dobra in slaba podjetja. Kajti v preteklosti je kriza zajela vse panoge, še zlasti predelovalne in gradbeništvo,



Foto: Marica Starešinič

v vseh predelovalnih panogah se je najbolj zmanjšala zaposlenost; letos v marcu je bilo v teh 10.000 manj zaposlenih kot v tem obdobju lani. Vendar pa je spodbudno nakazal, da se inflacija letos umirja in da je bilo maja prvič po šestih mesecih, da se proizvodnja ni zmanjšala. Jože Smole je udeležence med drugim seznanil, da so po dolgoletnih trdih pogajanjih končno sprejeli kolektivno panožno pogodbo za tekstilno in oblačilno industrijo, ki bo med drugim omogočala, da bodo podjetja lahko fleksibilno prilagajala delovni čas potrebam kupcev in delavcev. Vendar pa zbujajo skrb dejstva, da se hkrati z zmanjševanjem števila zaposlenih zmanjšujejo tudi investicije v to industrijo in obseg razvojnih skupin v podjetjih, ki so motor za nove ideje. Čas je, da nehamo govoriti o krizi panoge in raje govorimo o perspektivi podjetij. Matej Novak je predstavil razpise ministrstva za gospodarstvo, namenjene tehnološkemu razvoju v gospodarstvu.

Tekstilci so se v okviru svojih povezav v okviru tekstilne tehnološke platforme v preteklih letih prijavljali na te razpise s skupnimi projekti in nekateri bolj, drugi manj uspešno porabljali razvojni proračunski denar za razvoj novih izdelkov ali posodobitve tehnologije. Kot je rekel vodja slovenske tekstilne platforme, sicer direktor Predilnice Litija Franc Lesjak, je platforma nastala iz zavedanja, da se lahko samo z znanjem omogoči razvoj v podjetjih in da je novo znanje na fakultetah; tekstilci so med prvimi spoznali, da brez znanja ne bodo preživel v globalizaciji. Poudaril je tudi, da je do evropskih sredstev danes lažje priti, če imaš inovativne projekte, vendar pa je žal še vedno premalo raziskovalnih pobud iz industrije. Tekstilna industrija bo obstala, je poudaril, vendar bo drugačna, z višjo dodano vrednostjo. Zanimiva je ugotovitev, da se povečuje povpraševanje po določenih kakovostnih izdelkih, čeprav so dražji. Direktorica Odeje Škofja Loka Melita Rebič pa je menila, da mora biti kriza priložnost, da svoje delo izboljšamo in poiščemo nove in drugačne izdelke. Po njenih izkušnjah pa se je v tej krizi pokazalo nekaj dobrega, in sicer da ljudje zdaj želijo delati, prej pa so gledali, kako bi se izognili redni zaposlitvi. Opozorila je na nespremenljiva merila v okviru razpisov za javna naročila: pri izbiri ne more biti najpomembnejše merilo nizka cena, temveč kakovost. „Mi, domači proizvajalci, polnimo domači proračun, ne pa tuji dobavitelji z nizko ceno in slabo kakovostjo svojih izdelkov,“ je dodala. V razpisih o javnih naročilih bi morali natančneje določiti teh-

nične standarde in kakovost, kar bi morale biti odločilno pri izbiri, so se strinjali drugi razpravljalci. Na podlagi razprav na 40. simpoziju bi lahko povzeli naslednje. Sodelovanje med fakultetami in podjetji je v obojestransko korist. Toda drug problem je zanimanje mladih za te poklice, saj je to povezano s splošno klimo in možnostmi za zaposlitev v teh podjetjih. Fakultete morajo same ugotoviti, kateri poklicni profil je primeren za delodajalce in tudi za mlade, ki morajo v študijskih programih videti poklicno širino. Srednješolsko izobraževanje se je v tekstilni panogi popolnoma sesulo in ga ni mogoče več obuditi. Zato moramo doseči višjo raven izobraževanja. Tekstilna industrija je šla skozi nekaj kriz in v podjetjih, ki so vse to vzdržala, je še dovolj potenciala, ki ga ne smemo zavreči. Prihodnje leto bo na Oddelku za tekstilstvo mednarodni simpozij, ki ga bodo organizirali skupaj s konferenco Mednarodnega združenja pletilskih tehnologov.

**Anica Levin**



Foto: Marica Starešinič

## Poslanska pobuda o reševanju slovenske tekstilne industrije

Konec avgusta je vlada na svoji redni seji na predlog Ministrstva za gospodarstvo sprejela odgovor na pisno poslansko pobudo Zmaga Jelinčiča Plemenitega glede predloga o reševanju slovenske tekstilne industrije; omenjeni poslanec je namreč v juliju na vlado podal pisno pobudo, da naj vlada nemudoma sprejme sklep oz. uredbo, s katero bi vse slovenske državne ustanove – vojska, policija, javni zavodi, javna podjetja, mestna redarstva ipd. – zavezala k temu, da bi morale *uniforme naročati pri slovenskih tekstilnih podjetjih*.

V vladnem odgovoru poslancu je med drugim zapisano, da je njegova pobuda z vidika zaščite nacionalnega interesa sicer razumljiva, vendar pa taka zaščita ni v skladu z evropskim pravnim redom prostega pretoka blaga in storitev, zapisanim v Direktivi št. 2004/18/ES Evropskega parlamenta in Sveta, ter z Zakonom o javnem naročanju, zato njegove pobude vlada ni sprejela. V vladnem odgovoru je tudi zapisano, da se ponudnike na javnem razpisu ne more izbirati glede na nacionalno pripadnost podjetja oz. po izvoru blaga.

V svojem odgovoru pa je vlada med drugim navedla seznam podjetij, ki so v obdobju 2007–2008 opremljale uniformirane uslužbenke v vojski, policiji in nekaterih drugih državnih ustanovah. Med temi so med drugim Mura, Labod, Ika Ajdovščina, Prevent Mislinja, Kroj, Vilar Tanja, s.p., Vrvica Celje, Uni&Forma, Mirkom, Koto itd., od proizvajalcev obutve pa je Alpina. Za leto 2009 postopek javnega naročanja še teče.

Poslanec Zmago Jelinčič pa je v tej pisni pobudi Vladi RS hkrati očital, da *ni sposobna rešiti Mure*. Vlada se v odgovoru na ta očitek brani s tem, češ da ne more odločilno vplivati na procese prestrukturiranja in sanacije Mure, saj država nima neposrednega lastništva v Muri, pač pa lahko to izvajajo samo uprava, nadzorni svet in skupščina lastnikov družbe. Vlada sicer lahko v okviru svojih zakonskih pristojnosti poskuša pomagati pri reševanju družb v težavah in

njihovih zaposlenih prek različnih oblik zakonsko opredeljene finančne pomoči in razvojnih spodbud za prestrukturiranje podjetij, vendar pa Mura zdaj ne izpolnjuje pogojev za nobeno teh proračunskih pomoči ali subvencij, ker to lahko prejme podjetje le enkrat v desetih letih; Mura je namreč to državno pomoč izkoristila leta 2003, odgovarja vlada.

## Techtextil 2009, Frankfurt na Maini: Izmenjava novosti

Letošnji Techtextil (<http://techtextil.messefrankfurt.com>), ki je pod motom „Izmenjava novosti“ („*The innovation interchange*“) potekal med 16. in 18. junijem v Frankfurtu na Maini, je ponudil izjemno bogato izbiro prireditev, ki je preseгла vse dosedanje. Obiskovalci smo se poleg osrednje prireditve, to je 13. mednarodnega sejma tehničnih tekstilij in vlaknovin Techtextil, lahko udeležili predavanj v okviru 15. mednarodnega simpozija Techtextil, 5. mednarodnega simpozija Avantex, foruma EURATEX in predavanj v spremljevalnem programu; ogledali smo si sejem Material Vision, forum Avantex ter dopolnilni program.

S 23.300 obiskovalci iz več kot 80 držav in rekordnim 1201 razstavljalcem iz 43 držav je frankfurtski sejem Techtextil vodilni na področju tehničnega tekstila v svetu in po odzivu udeležencev zelo pomembna prireditve, še zlasti v času gospodarske recesije. Kar 85 % razstavljalcev je bilo iz Evrope, največ iz Nemčije (37 %), Italije (10,8 %) in Francije (8,2 %). Iz Slovenije sta razstavljala Tekstina, d. d., v segmentu zaščitnih tekstilij in Konus Konex na področju industrijskih filtrov za suho in mokro filtracijo. Iz Azije je bilo največ razstavljalcev iz Kitajske (4,8 %) in Tajvana (2,67 %), ki se že približuje ZDA (2,75 %). Tajvan napoveduje intenzivno razširitev zmogljivosti in trga na področju tehničnih tekstilij do leta 2015.

Razstavljene tehnične tekstilije in vlaknovine na sejmu Techtextil so bile iz vseh dvanajstih segmentov tehničnih tekstilij: tekstilije za notranjo opremo, agrotekstilije, geotekstilije, tekstilije za gradbeništvo,

za uporabo v prometu, za industrijske namene, za embalažo, za ekološko zaščito, medicinske tekstilije, tekstilije za oblačila, zaščito, šport in rekreacijo. Najbolje zastopan segment so bile industrijske tekstilije s 624 razstavljalci (*Indutech*), ki vključujejo industrijske aplikacije vključno s strojno, kemično in elektroindustrijo. Sledil mu je avtomobilski tekstil (*Mobiltech*) s 553 in tekstil za gradbeništvo (*Buildtech*) s 445 razstavljalci. Tudi zaščitne tekstilije (*Protech*), tekstilije za notranjo opremo (*Hometextiles*), medicinske tekstilije (*Medtech*) in oblačilne tekstilije (*Clotech*) so bile dobro predstavljene z novostmi.

**Simpozij Techtextil** je bil letos osredinjen na najnovejše razvojne dosežke na naslednjih področjih:

- a) materiali in tehnologije: uporaba UV žarkov in tehnologije nanosol na področju plemenitenja tekstilij, nanovlakna v filtrih, s kovinskimi vlakni ojačeni kompoziti, trakovi Kevlar®XP™, ePTFE in HDPE, HM PPin tekstilije za pridobivanje vode iz megle;
- b) tekstilije v gradbeništvu: tekstilne membrane, tekstilije kot substitut za mavec, fasadni sistemi s TRC, tekstilne strukture za ojačitev lesnih konstrukcij, steklene vlaknovine StabilStrand®, hibridne tekstilije za zaščito pred potresom, pametne tekstilije SensFloor® in NaviFloor®;
- c) zaščitne tekstilije: ognjevarno viskozno vlakno Lenzing FR®, gasilske zaščitne rokavice proti kemičnim snovem, novi dizajn gasilskih zaščitnih oblačil, parametri oblačil in nadzor uravnavanja telesne temperature za potrebe vojakov, tekstilija Thermic™ s PCM, protibalistična zaščita, trajni repelenti za insekte, vgrajeni v tekstilije, ekstruzijske vlaknovine (vlaknovine spunlaced) za funkcionalna oblačila;
- d) medicinske tekstilije: kapilare in vlakna za regeneriranje perifernih živcev, tekstilno ogrodje za srčne zaklopke, kompoziti iz tekstilije in pene za manjše nadomestitve črevesja, tekstilni grelni elementi za zdravljenje, metode za izdelavo skeleta s pomočjo vlaknovine, lasersko varjenje tekstilij za medicinsko in osebno zaščito, protibakterijske strukture za bolnišnično rabo, ocena ponovne rabe tekstilij za operacijske sobe in Tencel v medicinske namene.

Novosti na simpoziju **Avantex** so bile:

- a) tekstilije za šport in vrhnja oblačila: funkcionalne pletene strukture, tekstilne elektrode za stimuliranje mišic, PBT-vlakna in večfunkcionalna oblačila, modeli človeškega telesa na podlagi ske-

niranih podatkov za pospešen razvoj izdelkov in virtualno prileganje športnih oblačil, nosljiva tehnologija – G-cell komunikacijska rokavica, aktivno ohlajanje oblačil, kompoziti za razvoj bioničnih elementov, kompozitni material POLYMET®, na stimulacije občutljivi materiali;

- b) nosljiva tehnologija: stanje nosljive tehnologije v EU, integriranje mikroelektronike v tekstilije, program STELLA, mobilizacija skeletnega mišičevja s tekstilnimi elektrodami v tesno prilagajajočih se oblačilih, funkcionalna oblačila za upravljanje bolezni srca na domu, integriranje mikrosistemske tehnologije za proizvodnjo večfunkcionalnih inteligentnih zaščitnih tekstilij, TextraLog projekt za integriranje RFID, tekstilije Lumalive;
- c) materiali in tehnologija: suho pređenje elastanskih prej, površinska obdelava tekstilij s plazmo, INTELTEX, tekstilije za zmanjšanje neprijetnega vonja, DIGICON, poslovna obleka iz 100-odstotnega PES;
- d) moda in dizajn: novi materiali in tehnologije v oblikovanju, eMOTION, LasTex, OpenGarments, tekstilije RM (*rapid manufactured* – hitro proizvedene), okolju prijazne tekstilije (*sustainable textiles*).

V sejem je bil vključen tudi **Avantex, mednarodni forum** najnovejših tekstilij za oblačila, da bi pospešili prenos tehnologije v oblačilno industrijo.

Na forumu **EURATEX** so bili predstavljeni strategija in orodja za podporo tehnološkemu razvoju tehničnih tekstilij v EU:

- podpora, spodbude, politika in programi EU industrijskim inovacijam in razvoju tehničnih tekstilij
- pomen Evropske tekstilne tehnološke platforme
- industrijski rezultati projektov ConTex-T, Polytect in AVALON.

*Spremljevalni program* (Kongres o naravnih vlaknih (17.–18. 6. 2009) in 78. mednarodna konferenca IWTO, Mednarodne organizacije za volno (15.–18. 6. 2009) je bil posvečen naravnim vlaknom, saj so leto 2009 Združeni narodi razglasili za mednarodno leto naravnih vlaken, ki naj bi poglobilo zavest o uporabi izdelkov iz naravnih vlaken in učinkovitosti kmetijstva brez negativnih vplivov na okolje in potrebe prihodnjih generacij. (<http://www.natural-fibres2009.org>)

- Na kongresu o naravnih vlaknih (*Natural Fibres Congress*) so bile predstavljene inovacijske mož-

nosti uporabe volne in rastlinskih vlaken v avtomobilski industriji in gradbeništvu.

Kongres so podprli bremenska borza (*Bremen Baumwollbörse*), nemška združenja za lan (*Gesamtverband Leinen e.V.*), industrije preje, tkanin in tehničnih tekstilij (*Industrieverband Garne – Gewebe – Technische Textilien e.V. – IVGT*), mednarodna zveza tekstilnih izdelovalcev (*International Textile Manufacturers Federation – ITMF*) s sedežem v Švici in mednarodna organizacija za volno (*International Wool Textile Organisation – IWTO*) s sedežem v Belgiji.

– Na 78. kongresu *Mednarodne organizacije za volno*, IWTO (*International Wool Textile Organisation*; [www.iwto.org](http://www.iwto.org)) z naslovom *Wool – Smart, Natural, Technical* (Volna – pametna, naravna, tehnična) so obravnavali problematiko uporabe volne pri tehničnih tekstilijah v avtomobilih, arhitekturi in na funkcionalnih področjih. Vsebi na kongresa je bila problematika trgovanja volne, to je merilni instrumenti, trg, trženje notranje opreme in tehničnih tekstilij ter oblačil iz volne, tehnične inovacije, varstvo okolja in živali.

V sodelovanju z nemškim *Rat für Formgebung* je bil letos prvič vzporedno s *Techtextilom* organiziran tudi *Material Vision*, mednarodni sejem materialov za razvoj izdelkov, dizajn in arhitekturo, na katerem razstavljajo izdelovalci modernih inventivnih materialov, od polimerov, lesa, keramike, kamna, ... do kompozitov. Sejem in forum, ki sta pritegnila veliko oblikovalcev, arhitektov in razvojnikov, je v novi organizaciji pridobil na popularnosti. (<http://material-vision.messefrankfurt.com>)

V *dopolnilnem programu* so bile posebne mednarodne predstavitve:

- *SmartTextiles*: Nove tehnologije za tekstilije in oblačila v segmentih tehničnih tekstilij za oblačila (*Clothtech*), medicinske (*Medtech*), zaščitne (*Protech*) in športne (*Sporttech*) tekstilije. *Smart Textile Community* je združenje izdelovalcev v tekstilni verigi, ki želijo pospešiti uvajanje novih tekstilnih funkcij na trg.
- *Nautik*: Predstavniki portugalskega združenja industrije tehničnih tekstilij so predstavili uporabo tekstila v navtiki: vrvi, jadra, oblačila, sisteme reševanja in potapljanja.
- *Natural Fibres Lounge*: Komunikacijska platforma.
- *Formfinder*: Interdisciplinarno organizirana predavanja in razprava o tekstilnih arhitekturah.

– „*Pulsar*“: Instalacija prostora z belimi tekstilijami, namenjena obiskovalcem.

Na *Techtextilu* so že desetič zapored podelili nagrade za tekstilne inovacije *Techtextil Innovation Award*, in sicer tokrat v kategorijah novi materiali (prva nagrada), novi izdelki (visokozmogljiv kompozitni ohlajevalni transportni trak za strjevanje taline) in novi procesi (tridimenzionalno prešita tekstilija s položenimi nitmi; tkanine iz nanovlaken, izdelane s centrifugalnim predenjem). Dve nagradi *Avantex Innovation Award*, ki so ju letos podelili petič, sta bili v kategorijah novi izdelki (Ognjevarna tkanina za zaščitna oblačila visoke vidljivosti v rumeni, oranžni in rdeči barvi) in inovativna oblačila (*Klight*: interaktivna oblačila s tehnologijo SCB (*stretchable circuit board*)).

Prva nagrada izmed zgoraj navedenih je pripadla Patricku Massebeufu iz Luxilon Industries (Belgija) za prejo iz novega polimera, ki omogoča fleksibilno in togo obliko. Prejo v gibkem stanju lahko tkejo ali pletejo. Izdelek iz nove preje po določenem času obdelave v vodi ali zraku pri temperaturi 65 °C lahko oblikujejo v željeno obliko, ki se pri ohlajanju ohlani tako, da postane toga, podporna struktura. Spremembe oblike so ponovljive.

*Techtextil* je skupaj z mednarodnim združenjem *TensiNet* na natečaju z naslovom „Tekstilne strukture za nove stavbe“ podelil deset *študentskih nagrad* za najuspešnejše projekte, ki imajo tudi realne možnosti za uporabo. Štirje projekti so zmagali v kategoriji Makroarhitekture, eden v kategoriji Mikroarhitekture, po dva v kategorijah Okolje in ekologija ter Kompoziti in hibridne strukture.

Letos je bilo prvič mogoče na sejmu spremljati *Techtextil* tudi neposredno prek blogov, v katerih smo lahko prebrali mnenja obiskovalcev. Irish Schlomski je med drugim ugotovila, da je ekologija (recikliranje, uporabe obnovljivih surovin) med gospodarsko krizo za izdelovalce drugotnega pomena.

Naslednji, 14. *Techtextil*, bo od 24. do 26. maja 2011. Prvič ga bo spremljal novi vodilni trgovski sejem za predelavo tekstilnih in fleksibilnih materialov *Texprocess* (od 24. do 27. maja 2011). *Material Vision* bo potekal vzporedno s *Techtextilom*.

**Tatjana Rijavec**

## Projekt: Kulturna identiteta

Čas, ki ga kroji čedalje več informacij in podob, pogosto pripelje do točke, na kateri se izgubimo in se znova začnemo iskati. Rezultat tega iskanja kreativne in vizualne ljudi pripelje do najrazličnejših rešitev in pogosto tudi do ponovnih dvomov o človekovi in kulturni identiteti. Arhetipska vprašanja kdo sem, kaj sem, zakaj sem, kam grem nas spremljajo vse življenje. Odgovore pa si poskušamo najti s pomočjo dela in obstoja v kulturnem prostoru.

Kulturno identiteto zaobjemajo vse človekove dejavnosti v njegovem določenem prostoru. V obdobju, ko je za nami prva petletka skupnega življenja v večji kulturni celoti, v smislu članstva v Evropski uniji je lahko ta tudi razlog za iskanje in merjenje prepoznavnosti naše lokalne kulture v smislu globalne celote. Mislim, da pri tem ni dovolj le meriti prepoznavnost in odzivnost v tujini. Treba bi bilo kaj storiti tudi v našem domačem okolju. Se Slovenci zavedamo svoje kulture? Kaj sploh je za nas kultura? Kaj so naši atributi? Kulturno identiteto lahko iščemo na podlagi že narejenih izdelkov v zakladnici in raznolikosti naše dediščine. Lahko pa se lotimo novih, sodobnih rešitev, ki bi zaznamovale in okarakterizirale nas.

Identiteto v kulturnem prostoru so iskali tudi študentje Univerze v Ljubljani, Naravoslovnotehniške fakultete, Oddelka za tekstilstvo, oblikovanje tekstilij in oblačil. S pomočjo predavateljic in mentorice doc. Nataše Peršuh, doc. Elene Fajt, izr. prof. Almile Sadar, red. prof. Marije Jenko in izr. prof. Vere Sešlar so predstavili svoje raziskovanje z razstavo, ki so jo pripravili v prostorih Snežniške 5. V sklopu mednarodnega natečaja „Kulturna identiteta“ so se jim z raziskovanjem in oblikovanjem kulturne identitete v obliki oblikovanja oblačil pridružili še študentje z Univerze v Southamptonu v Veliki Britaniji, Univerze v Lizboni na Portugalskem in Univerze v Turkuju na Finskem. Razpisovalci natečaja so lokacijsko izbrali zares različna geografska območja Evrope in s tem še povečali kulturni kontrast med Slovani, Romani, Germani in Ugrofinci. Izmed prispelih natečajnih izdelkov, katalogov s fotografijami in modnih skic je komisija izbrala štiri in jih tudi javno predstavila v Londonu.

Udeleženci natečaja so morali oblikovati kolekcije modnih oblačil, ki temeljijo na kulturni identiteti države, iz katere prihajajo študentje, njihovem osebnem raziskovanju in osebnem odnosu do identitete. Res velja, da obleka naredi človeka. Ali lahko obleka predstavi tudi narod? Zdi se, da si na to vprašanje lahko odgovorimo le na podlagi ocenjevanja kulture oblačenja, ko se na enem mestu znajdejo noše različnih dežel. V vsakdanjem življenju pa bi težko rekli, kateri in kakšen kos oblačila naredi Slovenko drugačno od Italijanke ali Hrvatice.

Kulturna identiteta je večplasten pojav, ki se skozi čas vseskozi spreminja in pridobiva vedno nove oblike in rešitve. Pri raziskovanju teme jih je zanimalo, kako, zakaj in v kakšni obliki se vzpostavlja kulturna identiteta v našem prostoru in v današnjem trenutku. Sama globalizacija namreč povzroča čedalje večje povezovanje in soodvisnost ter brisanje krajevnih posebnosti, kar lahko pomeni tako prednost kot tudi slabost današnjega bivanja in ustvarjanja.

V sklopu natečaja so nastale osebne interpretacije teme v obliki modnih kolekcij, ki posegajo na različna vsebinska področja: zgodovinsko in etnološko izročilo, kulturno dediščino, na vplive globalizacije, multikulturnosti, novih komunikacij in drugih sodobnih pojavov, jezik in njegove posebnosti, subkulture oz. sedanje identitete nasproti tradicionalnim, odnose s sosednjimi državami, kulturo in umetnost kot identiteto, preteklo in polpreteklo zgodovino, interpretacije različnih tipičnih simbolov ...

Naloge se je pri nas s svojimi raziskovanji udeležilo okrog štirideset študentov, motive identitete pa so iskali povsod. Od kulturne dediščine in umetelno obrtniške umetnosti, do socialnih področij naroda. Tako smo med razstavljenimi katalogi, ki so jih študentje izdelali vsak za svojo kreacijo, lahko prepoznali motive čipke, pletenja košar, slovenskega tolarja, izdelovanja papirnatih rož, prepletanja rok, krogov ... Vsakdo je našel kaj svojega. Svoj motiv in idejo, ki jo je ponovno prebudil v prenovljeni podobi iz tekstila. Navidezno lahka, za marsikoga samoumevna naloga je spodbudila in predstavila zares odlične interpretacije in rešitve v oblikovanju. Te pa bi lahko razširili tudi na druge panoge oblikovanja in tako v različnem spektru izdelkov predstavljali našo kulturno identiteto.

Na natečaju v Veliki Britaniji je zmagala *Urška Grahovec*, ki je idejo za svojo kulturno identiteto našla

v Prekmurju. V panonski kulturi je motiv našla v otroški igrici. To je igra, pri kateri otroci določijo neko stvar, prostor ali objekt, kjer pravila igre ne veljajo, kjer ti nihče nič ne more. Si svoboden, varen in nedotakljiv. Prav zadnje je želela predstaviti tudi v svoji kolekciji. Torej je modo preslikala v „jugdo“. Obleko si je zamislila kot ščit med njo in okolico, kot filter ali obrambni mehanizem, ki bi nas lahko varoval pred zunanjim svetom.

Katedra pa je prejela še dve priznanji. *Karmen Sedeljšak* za delo *Vodna postelja*, *Neja Marčič* pa je dobila priznanje za ilustracijo. Vidne omembe naših študentk potrjujejo in dokazujejo ne le uspešnost njihovih samih, temveč tudi odličnost mentoric, ki so jim pomagale idejo razvijati in tudi uresničiti. Čestitamo vsem.

V velikih metropolah bi zaradi tranzitnega prebivalstva, pomešanega med avtohtonimi in turisti, težko ocenili, kaj je tisto, kar pooseblja identiteto oblačanja določenega mesta. Seveda pri tem izstopajo izjeme, kot so Avstrijci in Škoti. Težko si v našem prostoru predstavljamo gospe, ki bi za ogled kulturne prireditve ali za sprehod po promenadi nastopile v narodnih nošah. Verjetno je to odvisno od posameznika. Koliko mu pomeni kulturna identiteta naroda in kako jo bo v javnosti v obliki oblačila predstavljal na sebi.

Od posameznega oblikovalca je odvisno, ali bo v svoje rešitve vključeval tudi del kulturne identitete naroda. Še bolj pa je to odvisno od potrošnikov, ki bi bili pripravljeni nositi ali uporabljati tako oblikovane izdelke. Postopno uvajanje tudi te zavesti z uporabo naravnih materialov v naravnih etnološko prenovljenih in obujenih oblikah in sporočilih.

**Boris Beja**



Foto: Boris Beja



Foto: Boris Beja

## Naprej/Nazaj Zaključna predstavitev katedre za oblikovanje tekstilij in oblačil – revija in razstava 08/09

Letošnjo muzejsko noč, 20. junija, so v prestolnici poleg širokega nabora kulturnih dogodkov obogatili tudi študentje Univerze v Ljubljani, Naravoslovnotehniške fakultete, Oddelka za tekstilstvo, katedre za Oblikovanje tekstilij in oblačil. Združeni so organizirali razstavo in revijo svojih izdelkov, ustvarjenih v tekočem šolskem letu. Letošnja predstavitev študentov je potekala pod naslovom „Naprej/Nazaj“.

Osrednji dogodek je bil postavljen na ploščad pred glavnim vhodom v Etnografski muzej Slovenije. Na svojevrsten način so se na modnem sprehajališču predstavili študentje diplomanti in bolonjski diplomanti.

Podnaslovi Naprej/Nazaj, predstavljeni na dogodku, so bili „Kulturna identiteta“, „Tradicija-Sodobnost“, „Zgodovinski rokav“, „Rdeča“... Predstavljena dela so nastajala ob strokovni pomoči mentorjev: doc. Nataše Peršuh, izr. prof. Almire Sadar, doc. Elene Fajt Velikonja, red. prof. Marije Jenko, izr. prof. Vere Sešlar Založnik, asist. dr. Tanje Nuše Kočevlar, doc. Marjete Godler, teh. sodel. Olge Marguč, višje teh. sodel. Marjete Čuk, asist. Andreja Učakarja in izr. prof. dr. Marije Gorenšek. Dogodek s skupnim imenovalcem je obiskovalcem podrobno predstavil celotno katedro oblikovanja tekstilij in oblačil. Predstavljena dela so pripovedovala zgodbo vsaka zase, vsaka za svojega avtorja.

Študentje so s svojimi deli pokazali, da na modo in umetnost na splošno gledajo kritično, in v tem kritičnem razmišljanju so želeli priti do kreativnih, inovacijskih, tehnično dovršenih in oblikovalsko odličnih rešitev. Zdi se, da se v umetnosti čedalje bolj uporablja pojem reciklaže in prav ta je lahko iztočnica in skupni imenovalec celotnega projekta. Pri tem se ne opiramo na dejstvo, da so bili izdelki narejeni iz reciklažnega materiala, temveč da so

študentje „naprej in nazaj“ reciklirali in uspešno na novo upodobili ali izdelali noviteto mode, večino ma iz tekstila.

Spogledovanje z modo med gospodarsko krizo, v času, ko dajemo čedalje večji poudarek okolju, je svojevrstno početje. Vprašanja in dvomi se porajajo tako oblikovalcem kot tudi lastnikom njihovih izdelkov. Študentje kljub temu razvijajo svoje zamisli, se trudijo in želijo tekstilni industriji in tej zvrsti umetnosti še naprej dajati določen status v sodobnem času, ki bi jih s tem ohranjal tako v kulturnem prostoru kot tudi na potrošniškem trgu. Pri tem pa je poznavanje preteklosti, navezovanje nanjo in povezovanje z njo eden bistvenih poudarkov spogledovanja v oblikovalčevem pogledu. Ustvariti nekaj novega, inventivnega, oblikovalsko neprekosljivega je zagotovo eno od vodil bodočih mladih oblikovalcev. Zato so odgovori oblikovalca v modi odsev časa in prostora, v katerem ti živijo in za katerega ti ustvarjajo, razumljenega in ustvarjenega v določenem okolju.

Mladi v svojem hipermedijskem času, ko je beseda globalno že skoraj izgubila svoje razsežnosti in svoj pomen, prek različnih medijev lahko najdejo ideje, motive, materiale, tehnologije. In moč informiranosti se je uspešno izkazala tudi na sami predstavitvi. Mladi oblikovalci dojemajo svojo sodobnost s korakom pred nami. V številnih kolekcijah smo lahko razbrali željo po novem, po preseganju konvencionalnega, tako v izbiri kroja kot tudi pri izbiri materiala. Mladi so nas nagovarjali z vprašanji časa in prostora in nam v veliko primerih tudi odgovarjali o teh dveh temeljnih prvinah človekovega okolja. Njihov oblikovalski in likovni pogled na svet nam je na ploščadi prikazal prihodnost. Manekenke so kot nimfe očarale marsikaterega obiskovalca večera. Modnost in prihodnost pa je kazala tudi neklaslična predstavitev modnih izdelkov. Manekenke so s kratkim postankom na majhnem odru dovoljevale ostrejši pogled občinstva izdelkom tako visoke kot tudi trendovsko „vsakdanje“ mode.

Dogodek je za vedno zabeležen tudi v katalogu. Ta pripoveduje uspešno kreativno zgodbo mladih, ki svoje znanje nadgrajujejo z izkušnjami in talentom. Splet tega pa uporabijo in upodobijo v tekstilu.

**Boris Beja**



*Foto: Boris Beja*

# Diplomska, magistrska in doktorska dela

Univerza v Ljubljani  
Naravoslovnotehniška fakulteta  
Oddelek za tekstilstvo

## Visokošolski strokovni študij tekstilstva

SKUDNIK, Peter. *Vpeljava novega vzglavnika BMW e83 cak v serijsko proizvodnjo*. Ljubljana, september 2009. Mentor red. prof. dr. Momir Nikolić.

## Visokošolski strokovni študij konfekcijske tehnike

MOŽIC, Maja. *Primerjava kostumov v treh različnih uprizaritvah romana Bratje Karamazovi*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. Karin Košak.  
BJEDOV, Urška. *Modna revija*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. Almira Sadar.  
STANOJEVIĆ, Ana. *Uporaba nanosredstev za sodobne vodo- in oljeodbojne aperture*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. dr. Barbara Simončič.

## Visokošolski strokovni študij proizvodnje tekstilij in oblačil

MENNINGER, Karin. *Primerjava različnih metod za določanje trdnosti šiva na srajčevini*. Ljubljana, september 2009. Mentorica doc. dr. Tatjana Rijavec.  
MOVRIN, Peter. *Bela-dekonstrukcija belih moških srajc*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. Almira Sadar.

## Visokošolski strokovni študij grafične tehnike

PLUT, Anja. *UV prepustnost tiskanih polimernih folij*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. dr. Diana Gregor Svetec.  
ŽOLGER, Andreja. *Izdelava in trženje nove linije rokovnikov v papirnicah Mladinska knjiga – Trgovina*. Ljubljana, september 2009. Mentor red. prof. Darko Slavec.  
BEJA, Boris. *Vstop v likovno polje preko matrice visokega tiska*. Ljubljana, september 2009. Mentor red. prof. Darko Slavec.  
VAUPOTIČ, Simona. *Kuba – kjer se čas ustavi*. Ljubljana, september 2009. Mentor red. prof. Darko Slavec.

ROUDI, Martina. *Uporaba oznak na embalaži za jogurte*. Ljubljana, september 2009. Mentor v. pred. Gorazd Golob.

KNAFELC, Jure. *Pomen gume pri umerjanju LCD monitorja*. Ljubljana, september 2009. Mentor v. pred. Gorazd Golob.

MARTINČIČ, Sabina. *Pomen barv v vizualni kulturi kot večdimenzionalen pojem*. Ljubljana, september 2009. Mentor red. prof. Darko Slavec.

STOJANOVA, Maja. *Fotomontaža*. Ljubljana, september 2009. Mentor red. prof. Darko Slavec.

SOTIROV, Maja. *Kako vid vpliva na prepoznavo embalaže*. Ljubljana, september 2009. Mentor v. pred. Gorazd Golob.

PODRENIK, Mojca. *Barvni fotografski kolaž*. Ljubljana, september 2009. Mentor red. prof. Darko Slavec.

GRČAR, Anja. *Predlog reorganizacije podjetja Omicron d.o.o.* Ljubljana, september 2009. Mentor doc. dr. Andrej Demšar.

## Univerzitetni študij oblikovanja tekstilij in oblačil

PUSAR, Ines. *Paisley*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. Vera Sešlar-Založnik.  
GVARDJANČIČ, Teja. *Urbani vzorci*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. Vera Sešlar-Založnik.  
BOLONIČ, Tomislav. *Preoblikovanje kolekcij*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. Almira Sadar.  
ŽANKO, Ivana. *Superjunakinje*. Ljubljana, september 2009. Mentorica red. prof. Marija Jenko.  
KRANER, Polona. *Sodobna tehnologija v pilotskih oblačilih*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. Almira Sadar.  
KRANVOGEL, Klementina. *Etno moda, slovenska narodna noša v sodobni kolekciji oblačil*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. Almira Sadar.  
JELENIČ, Ana. *Dežni plašč*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. Almira Sadar.  
BATIS, Mirjana & BERNOT, Nuška. *Izvreček*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. Vera Sešlar-Založnik.

## Univerzitetni študijski program grafične in interaktivne komunikacije

HRIBERŠEK, Tina. *Poslikava telesa in optimalen začetek poslikanega telesa s pomočjo barvnega upravljanja*. Ljubljana, avgust 2009. Mentor red. prof. Dušan Kirbiš.

PERVINŠEK, Boštjan. *Vpliv embalaže na potrošnika*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. dr. Diana Gregor Svetec.

PONDELAK, Andreja. *Obstojnost kartonske embalaže*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. dr. Diana Gregor Svetec.

TOMAŠIČ, Alenka. *Ekološko oblikovanje*. Ljubljana, september 2009. Mentorica doc. dr. Možina Klementina.

FLAŠKER, Ana. *Možnosti tiska fotokatalitsko aktivnih snovi*. Ljubljana, september. Mentorica Marta doc. dr. Klanjšek-Gunde.

VIDMAR, Tjaša. *Oblikovanje testnih elementov za vrednotenje določenih parametrov tiskovne in tiskarske prehodnosti*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. dr. Tadeja Muck.

SELIŠNIK, Katja. *Fotografoezija*. Ljubljana, september 2009. Mentor red. prof. Darko Slavec.

ŠKRL, Primož. *3D modeliranje in 3D tisk unikatnega ohišja*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. dr. Tadeja Muck.

BRATUŽ, Nika. *Barvno upravljanje in fotografija*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. dr. Tadeja Muck.

BEJIČ, Renata. *Primerjava digitalno izdelanih tiskovnih form*. Ljubljana, september 2009. Mentorica doc. dr. Maja Klančnik.

ČUK, Jasna. *Izrazni portret v črno-beli tehniki*. Ljubljana, september 2009. Mentor red. prof. Darko Slavec.

PLEVNJAK, Janja. *Proučitev tiskovne prehodnosti, kakovosti zajema in uporabe 2D kod*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. dr. Tadeja Muck.

URŠIČ, Matjaž. *Razvoj fotogalerije za interaktivno urejanje metapodatkov z Exiftool*. Ljubljana, september 2009. Mentor doc. dr. Bojan Petek.

ČREPINŠEK, Ksenija. *Vpliv sestave flekso tiskarske barve na optične lastnosti suhega odtisa*. Ljubljana, september 2009. Mentorica doc. dr. Sabina Bračko.

#### Univerzitetni študij tekstilstva in grafične tehnologije – smer grafika

KOŠIČ, Saša. *Portretni make up/ličenje skozi fotografijo*. Ljubljana, september 2009. Mentor red. prof. Darko Slavec.

MITRUŠEVSKA, Tea. *Proučitev tiskovne prehodnosti na kamnu in polimernih materialih pri UV-tehnologiji kapljičnega tiska*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. dr. Tadeja Muck.

MEŽAN, Nina. *Analiza zajema in slikovnega procesiranja vzorcev tiskane organske elektronike*. Ljubljana, september 2009. Mentorica izr. prof. dr. Tadeja Muck.

BOSNIČ, Melina. *Interier potniške ladje skozi fotografijo*. Ljubljana, september 2009. Mentor red. prof. Darko Slavec.

#### Magistrski študij tekstilstva in oblikovanja

RATAJC, Maja. *Dilema med posodabljanjem in zamjenjavo blagovne znamke*. Ljubljana, september 2009. Mentorica red. prof. Marija Jenko.

Univerza v Mariboru  
Fakulteta za strojništvo  
Oddelek za tekstilne materiale in oblikovanje

#### Visokošolski strokovni študij tekstilstva

BREZNIK, Martina. *Analiza napak na osnovi povratnih informacij iz reklamacij*. Maribor, september 2009. Mentor izr. prof. dr. Bojan Ačkon.

ERHATIC, Frida. *Raziskava navzemanja vlage v oblačilih*. Maribor, september 2009. Mentor red. prof. dr. Jelka Geršak.

GOSAK, Nina. *Učinki nekaterih naravnih proizvodov na potencialno patogene bakterije, ki se najpogosteje zadržujejo na bolnišničnih tekstilijah*. Maribor, september 2009. Mentorica doc. dr. Avrelija Cencič.

GRABOVAC, Željka. *Zaščitna oblačila na področju veterinarstva*. Maribor, september 2009. Mentorica red. prof. dr. Jelka Geršak.

GRAŠIČ, Damjana. *Modeliranje delovnih oblačil medicinskih sester*. Maribor, september 2009. Mentorica viš. pred. mag. Marta Abram Zver.

LAJNŠČEK, Monika. *Metode določanja vsebnosti  $\beta$ -ciklodekstrina na celuloznem substratu*. Maribor, september 2009. Mentorica izr. prof. dr. Bojana Vončina.

POLANEC, Katja. *Vpliv encimske predobdelave bombažne tkanine na sorpcijske in ekološke lastnosti*. Maribor, september 2009. Mentorica doc. dr. Darinka Fakin.

#### Univerzitetni študij oblikovanja in tekstilnih materialov – 1. stopnja

ŠEGULA, Adrijana. *Priprava nanokompozitne membrane*. Maribor, september 2009. Mentorica red. prof. dr. Majda Sfiligoy Smole.

### Univerzitetni študij tekstilstva

RISTIČ, Tijana. *Polisaharidi za razvoj medicinskih tekstilij*. Maribor, september 2009. Mentorica doc. dr. Lidija Fras Zemljič.

SRAKA, Jasmina. *Analiza poroznosti in drapiranja tekstilij za filtriranje bazenske vode*. Maribor, september 2009. Mentorica izr. prof. dr. Polona Dobnik Dubrovski.

VILTUŽNIK, Branka. *Optimizacija tehnološkega procesa izdelave kartona z uvajanjem CO<sub>2</sub> v papirno pulpo*. Maribor, september 2009. Mentorica red. prof. dr. Aleksandra Lobnik.

## Popravek

*K pregledu diplomskih del Fakultete za strojništvo Univerze v Mariboru, Oddelka za tekstilne materiale in oblikovanje, v reviji Tekstilec, štev. 4-6/09*

Pri objavi seznama diplomskih del Oddelka za tekstilne materiale in oblikovanje, Univerze v Mariboru je prišlo do napake pri navajanju stopnje študija pri dveh diplomantkah, in sicer Štanc Barbare in Tepeš Darinke. V nadaljevanju objavljamo pravilni podatek:

### Univerzitetni študij tekstilstva

TEPEŠ, Darinka. *Optimiranje procesa barvanja volne z naravnimi barvili in računalniško vrednotenje barv*. Maribor, junij 2009. Mentorica doc. dr. Darinka Fakin.

### Visokošolski strokovni študij tekstilstva

ŠTANC, Barbara. *Računalniško prototipiranje tekmovalnega dresa smučarja skakalca*. Maribor, april 2009. Mentor izr. prof. dr. Zoran Stjepanovič.

## Navodila avtorjem

Objava članka v Tekstilcu pomeni, da se vsi avtorji strinjajo z objavo in vsebino prispevka. Za seznanjenje ostalih avtorjev z objavo je odgovoren prvi avtor članka. Avtor prevzema vso odgovornost za svoj članek. Članek ne sme biti v postopku za objavo v kaki drugi publikaciji. Avtor ne sme kršiti pravic kopiranja. Ko je članek sprejet, preidejo avtorske pravice na izdajatelja, saj ta prenos zagotavlja najširše reproduciranje.

Članek naj bo napisan v slovenskem ali angleškem jeziku in se odda glavnemu uredniku v elektronski kot tudi v izpisani obliki. Besedilo naj bo napisano v enem izmed bolj razširjenih urejevalnikov besedil (Word ali Word Perfect) na formatu A4 s presledkom 1,5 in 3 cm širokim robom na oštevilčenih straneh. Digitalni zapis naj bo povsem enostaven, brez zapletenega oblikovanja, deljenja besed, podčrtavanja, avtor naj označi le krepko in kurzivno poudarjanje. Besedilo naj bo napisano z malimi črkami in naj ne vsebuje nepotrebnih okrajšav in kratic. Celotno slikovno gradivo, vključno s tabelami, kemijskimi formulami in pripadajočimi opisi, naj se v izpisani obliki nahaja med besedilom, v digitalnem zapisu pa na koncu celotnega besedila, vendar mora v besedilu biti natančno določeno mesto slikovnega gradiva/tabele ali kemijske formule.

Uredništvo Tekstilca odloča o sprejemu člankov za objavo, poskrbi za strokovno oceno članka in jezikovne popravke v slovenskem in angleškem jeziku. Če je članek sprejet v objavo, se avtorju vrne recenzirani in lektoriran članek. Avtor vnese lektorske popravke in vrne članek prilagojen spodaj napisanim navodilom za pripravo prispevka v Uredništvo. Avtor odda popravljen članek izpisan v enem izvodu na papirju format A4 in v digitalni obliki (Word ...).

### Priprava prispevka

Besedilo naj obsega:

- podatke o avtorjih
- naslov članka
- izvleček (do 200 besed)
- ključne besede (do 8 besed)
- besedilo članka (priporočamo naslednji vrstni red: Uvod, Eksperimentalni del, Rezultati z razpravo, Zaključki, Zahvala, Literatura)
- slikovno gradivo s pripadajočimi podpisi

- preglednice, tabele s pripadajočim tekstom
- matematične in kemijske formule
- merske enote in enačbe (SIST ISO 2955, serija SIST ISO 31 in SIST ISO 1000)
- opombe (avtorji naj se izognjejo pisanju opomb pod črto)

### Podatki o avtorjih

Podatki o avtorjih vsebujejo imena in priimke avtorjev, naslov institucije ter elektronsko pošto. Akademski naslov ni potreben in se ga tudi ne objavi. Naveden naj bo korespondenčni avtor, njegova telefonska številka in elektronski naslov.

### Naslov članka

Naslov članka naj bo natančen in informativen hkrati in naj ne bi presegal 80 znakov. Avtor naj navede tudi skrajšani naslov članka.

### Izvleček in ključne besede

Izvleček naj vsebuje do 200 besed, s katerim kratko predstavimo bistveno vsebino članka in pritegnemo bralčevo pozornost. Izvleček naj bo napisan v preteklem času, sklicevanje na formule, enačbe, literaturo v izvlečku ni dovoljeno, poleg tega pa se je potrebno izogibati kraticam in okrajšavam.

Ključne besede lahko vsebujejo od 4 do maksimalno 8 besed, s katerimi avtor določi vsebino članka in so primerne za indeksiranje in iskanje.

### Besedilo članka

Besedilo članka naj bo napisano jasno in jedrnat. Četudi gre za lastno raziskovanje oz. preizkušanje, je članek potrebno napisati v prvi osebi množine ali tretji osebi. V primeru ponavljanja, navajanja splošno znanih dejstev in odvečnih besed si uredništvo pridržuje pravico do skrajšanja besedila. Članek naj imajo priporočeno strukturo: Uvod, Eksperimentalni del, Rezultati z razpravo, Zaključki, Zahvala, Literatura. Celotno besedilo članka je potrebno napisati s predpostavko, da bralci že poznajo osnove področja, o katerem je govor. Eksperimentalna tehnika in naprave se podrobno opišejo v primeru, če bistveno odstopajo od že objavljenih opisov v literaturi; za znane tehnike in naprave naj se navede vir, kjer je mogoče najti potrebna pojasnila.

### Oblikovanje članka v urejevalniku besedila

Besedilo naj bo napisano v enem izmed bolj razširjenih urejevalnikov besedil (Word ali Word Perfect)

na formatu A4 s presledkom 1,5 in 3 cm širokim robom na oštevilčenih straneh. Digitalni zapis naj bo povsem enostaven, brez zapletenega oblikovanja, deljenja besed, podčrtavanja, avtor naj označi le krepko in kurzivno poudarjanje. Besedilo naj bo zapisano z malimi črkami in naj ne vsebuje nepotrebnih okrajšav in kratic. Celotno slikovno gradivo, vključno s tabelami, kemijskimi formulami in pripadajočimi opisi naj se nahaja na koncu celotnega besedila, vedar mora biti v besedilu določeno mesto slikovnega gradiva/tabele ali kemijske formule v besedilu.

### Slikovno gradivo

Celotno slikovno gradivo, ki se bo objavilo, je potrebno k besedilu dodati kot samostojno datoteko ločeno od besedila članka, v eni izmed naslednjih oblik TIFF (.tiff; .tif), JPEG (.jpg; .jpeg) ali BMP (.bmp), kot excelov (.xls) dokument. Slikovno gradivo naj ima najmanjšo ločljivost 300 dpi, oz. velikost, ki je 1,5 do 3-krat večja od velikosti tiskanega grafa. Datoteke je potrebno imenovati tako kot so imenovane v besedilu (npr.: slika1.tif). Za slikovno gradivo, za katere avtorji nimajo avtorskih pravic, morajo avtorji od lastnika avtorskih pravic pridobiti dovoljenje za objavo. V tem primeru je potrebno k opisu slike dodati tudi avtorja slike.

### Preglednice, tabele

Ravno tako kot za slikovno gradivo, tudi za preglednice in tabele velja, da se jih doda k besedilu članka kot ločeno datoteko (imenovanje tabele npr.: tabela1.xls), razen v primeru, če je preglednica narejena z urejevalnikom besedila. Preglednice in tabele, v to vključujemo tudi sheme, diagrame in grafikone, se naj sestavijo tako, da bodo razumljive tudi brez branja besedila članka. Naslovi v tabelah/preglednicah naj bodo kratki. Pri urejevanju tabel, v urejevalniku besedila, se za ločevanje stolpcev uporabijo tabulatorji in ne presledki.

### Matematične in kemijske formule

Vsaka formula naj ima zaporedno številko napisano v okroglem oklepaju na desni strani. V besedilu se navajajo npr.: „Formula 1“ in ne „... na naslednji način: ... kot je spodaj prikazano:“, ker zaradi tehničnih razlogov ni mogoče formule postaviti na točno določena mesta v članku. Vse posebne znake (grške črke itn.) je potrebno posebej pojasniti pod enačbo ali v besedilu. Formule naj bodo pripravljene v Wordu napisane s pisavo arial.

### Merske enote in enačbe

Obvezna je uporaba merskih enot, ki jih določa Odredba o merskih enotah (Ur. L. RS št. 26/01), tj. Enote mednarodnega sistema SI. Uporaba in pisava morata biti po tej odredbi skladni s standardi SIST ISO 2955, serije SIST ISO 31 in SIST ISO 1000.

### Opombe

Avtorji naj se izognejo pisanju opomb pod črto.

### Navajanje literature

Vse literaturne vire, ki se nahajajo v besedilu je potrebno vključiti v seznam. Literaturni viri so zbrani na koncu članka in so oštevilčeni po vrstnem redu, kakor se pojavijo v članku. Označimo jih s števiki v oglatem oklepaju. Primeri navajanja posameznih virov informacij:

#### Monografije

- 1 PREVORŠEK, D. C. *Visokozmogljiva vlakna iz gibkih polimerov : teorija in tehnologija*. Uredila Tatjana Rijavec in Franci Sluga. Ljubljana : Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 1998.
- 2 *Wool dyeing*. Ed.: D. M. Lewis. Bradford : Society of Dyers and Colourists, 1992.

#### Prispevki v monografijah in zbornikih

- 3 CERKVENIK, J., NIKOLIČ, M. Prestrukturiranje slovenske tekstilne industrije s stališča tehnološke opremljenosti, porabe energetskih virov in ekologije. V 28. mednarodni simpozij o novostih v tekstilni tehnologiji in oblikovanju : zbornik predavanj in posterjev. Uredila Barbara Simončič. Ljubljana : Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, Oddelek za tekstilno tehnologijo, 1994, str. 24–38.

#### Članki

- 4 JAKLIČ, A., BRESKVAR, B., ULE, B. Računalniško podprt merilni sistem pri preizkusih lezenja. *Kovine zlitine tehnologije*, 1997, vol. 31 (1–2), p. 143–145.

#### Standardi

- 5 *Tekstilije – Označevanje vzdrževanja s pomočjo simbolov na etiketah* SIST ISO 3758:1996.

#### Patenti

- 6 CAROTHERS, W. H. *Linear condensation polymers*. United States Patent Office, US 2,071,250. 1937-02-16.

#### Poročila o raziskovalnih nalogah

- 7 CERKVENIK, J., KOTLOVŠEK, J. *Optimiranje tehnoloških procesov predenja in plemenit-*

*nja v IBI – Kranj : zaključno poročilo o rezultatih opravljenega dela RR faze projekta*. Ljubljana : Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, 1998.

#### Članki v elektronskih revijah

- 9 ATKINS, H. The ISI Web of Science – links and electronic journals : how links work today in the Web of Science, and the challenges posed by electronic journals. *D-Lib Magazine* [online], vol. 5, no. 9 [citirano 3. 2. 2000]. Dostopno na svetovnem spletu: <<http://www.dlib.org/dlib/september99/atkins/09atkins.html>>.

#### Spletne strani

- 10 ASREACT – *Chemical reactions database* [online]. Chemical Abstracts Service, 2000, obnovo 2. 2. 2000 <<http://www.cas.org/CASFILES/casreact.html>> [accessed: 3. 2. 2000].

#### Naslov uredništva:

Uredništvo Tekstilec  
Snežniška 5, p.p. 312  
SI-1000 Ljubljana  
E-pošta: diana.gregor@ntf.uni-lj.si  
Spletni naslov: <http://www.ntf.uni-lj.si/ot/>



## Dinamika in kakovost za presenetljive učinke.

[www.staubli.com](http://www.staubli.com)

### Inteligentne sistemske rešitve za učinkovito tekstilno proizvodnjo

Poskrbite, da bo inovacija prednost vaše tkalnice – s tem, ko uporabljate Stäublijeve sistemske rešitve za tvorbo zeva, pripravo za tkanje in tkanje preprog. Njihova visoka učinkovitost pospeši in olajša izdelavo ter zagotovi večjo fleksibilnost in produktivnost. Hitre spremembe stila in stalna vrhunska kakovost so za nas standard. Povprašajte enega od naših strokovnjakov, da vam pokaže, kako lahko Stäublijeva prednost popelje vašo tovarno v višino.

 TEXTILE

***STÄUBLI***

# Nostalgia

collection

design: Maja Tomažič foto: Tomaž Lunder



ODEJA, d.o.o., Kidričeva 80  
4220 Škofja Loka  
tel.: +386 4 51 30 123  
www.odeja.si