



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN



Mladen Stančić
**MODEL TOPLOTNIH SVOJSTAVA
ŠTAMPANIH ODJEVNIH PREDMETA**
- doktorska disertacija -

Novi Sad, 2015.

Posebnu zahvalnost dugujem mentoru rada, profesoru dr Dragoljubu Novakoviću, koji je korisnim sugestijama, usmjeravanjem i nesebičnom podrškom u velikoj mjeri uticao na ovaj rad.

Želim izraziti i veliku zahvalnost doc. dr Nemanji Kašikoviću, na ukazanoj nesebičnoj podršci tokom čitavog perioda trajanja mojih Doktorskih studija.

Zahvalnost dugujem i profesoru dr Dragani Grujić, na ukazanoj podršci i savjetima pri izradi ove disertacije.

Zahvaljujem se i kolegama sa Instituta za inženjerske materijale i oblikovanje Mašinskog fakulteta Univerziteta u Mariboru, a posebno profesoru dr Jelki Geršak na pruženoj podršci, savjetima i ustupljenoj mjernoj opremi. Takođe, želim da se zahvalim i kolegama sa Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci, na čelu sa dekanom profesorom dr Milošom Sorakom, na ukazanom strpljenju tokom izrade ove disertacije.

Zahvaljujem se porodici i prijateljima od kojih sam dobijao podršku tokom studija i izrade ovog rada. Za oblikovanje naslovne strane doktorske disertacije zahvaljujem se gospođici Tanji Stjepanović.

Posebnu zahvalnost dugujem supruzi na povjerenju, strpljenju i ljubavi!!!

Mojoj supruzi, roditeljima i sestri

Istraživanja realizovana u okviru disertacije su potpomognuta projektom tehnološkog razvoja Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije broj 35027, "Razvoj softverskog modela za unapređenje znanja i proizvodnje u grafičkoj industriji", bilateralnim projektom između Republike Srpske i Republike Slovenije broj 19/6-020/961-12/13, "Istraživanje dejstva tekstila visokih performansi na udobnost kod nošenja sportske odjeće", te projektom CEEPUS CIII-SI-0217-07-1314, "Ars-Techne: Design and Development of Multifunctional Products".



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР :	
Идентификациони број, ИБР :	
Тип документације, ТД :	Монографска публикација
Тип записа, ТЗ :	Текстуални штампани материјал
Врста рада, ВР :	Докторска дисертација
Аутор, АУ :	МСц Младен Станчић
Ментор, МН :	Проф. др Драгољуб Новаковић
Наслов рада, НР :	Модел топлотних својстава штампаних одјевних предмета
Језик публикације, ЈП :	Српски
Језик извода, ЈИ :	Српски
Земља публикавања, ЗП :	Република Србија
Уже географско подручје, УГП :	А.П. Војводина
Година, ГО :	2015
Издавач, ИЗ :	Ауторски репринт
Место и адреса, МА :	Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6
Физички опис рада, ФО : (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)	12/208/199/18/14/25/7
Научна област, НО :	Графичко инжењерство и дизајн
Научна дисциплина, НД :	Графичко инжењерство и дизајн
Предметна одредница/Кључне речи, ПО :	Дигитална инк џет штампа текстила, текстилни материјали, топлотна својства, нанос боје, тонска покривеност
УДК	
Чува се, ЧУ :	У библиотеци ФТН у Новом Саду
Важна напомена, ВН :	
Извод, ИЗ :	У дисертацији су представљена истраживања утицајних параметара дигиталне штампе на топлотна својства одјевних предмета, при чему су као параметри процеса штампе испитани утицаји различитог броја наноса боје у штампима и различите тонске покривености. Одштампани узорци подвргнути су испитивањима топлотних карактеристика штампаних текстилних материјала. На бази анализе изабраних параметара развијен је модел топлотних својстава штампаних одјевних предмета који има посебан значај за предвиђање топлотно физиолошке удобности одјеће током употребе.
Датум прихватања теме, ДП :	
Датум одбране, ДО :	
Чланови комисије, КО :	Председник: Др Милош Сорак, редовни професор
	Члан: Др Драгана Грујић, ванредни професор
	Члан: Др Немања Кашиковић, доцент
	Члан: Др Сандра Дедијер, доцент
	Члан, ментор: Др Драгољуб Новаковић, редовни професор

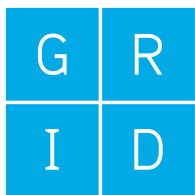
Потпис ментора



UNIVERSITY OF NOVI SAD • FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES
21000 NOVI SAD, Trg Dositeja Obradovića 6

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :			
Identification number, INO :			
Document type, DT :	Monographic Publication		
Type of record, TR :	Textual material, printed		
Contents code, CC :	Ph.D. thesis		
Author, AU :	MSc Mladen Stančić		
Mentor, MN :	Prof. Ph.D. Dragoljub Novaković		
Title, TI :	Model of thermal properties of printed garment		
Language of text, LT :	Serbian		
Language of abstract, LA :	Serbian		
Country of publication, CP :	Republic of Serbia		
Locality of publication, LP :	A.P. Vojvodina		
Publication year, PY :	2015.		
Publisher, PB :	Author's reprint		
Publication place, PP :	Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6		
Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	12/208/199/18/14/25/7		
Scientific field, SF :	Graphic engineering and design		
Scientific discipline, SD :	Graphic engineering and design		
Subject/Key words, S/KW :	Digital ink jet printing of textiles, textiles, thermal properties, ink layers, tone values		
UC			
Holding data, HD :	The library of FTS, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6		
Note, N :			
Abstract, AB :	In this thesis was presented the influence of digital printing parameters on thermal properties of garments, wherein as a printing process parameters were investigated different number of passes in the print and the different tone values. The printed samples were subjected to the tests of thermal properties of printed fabrics. Based on the analysis of selected parameters a model of thermal properties of printed garments was developed, which has special significance for predicting the thermo-physiological comfort of clothing during use.		
Accepted by the Scientific Board on, ASB :			
Defended on, DE :			
Defended Board, DB :	President:	Miloš Sorak, Ph.D., full professor	Mentor's sign
	Member:	Dragana Grujić, Ph.D., associate professor	
	Member:	Nemanja Kašiković, Ph.D., assistant professor	
	Member:	Sandra Dedijer, Ph.D., assistant professor	
	Member, Mentor:	Dragoljub Novaković, Ph.D., full professor	



Univerzitet u Novom Sadu
Fakultet tehničkih nauka

DEPARTMAN ZA GRAFIČKO
INŽENJERSTVO I DIZAJN

IZJAVA

Ja, Mladen Stančić (broj indeksa 489/10) izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da ova doktorska disertacija predstavlja isključivo rezultate mog rada u saradnji sa mentorom, da se temelji na mojim naučno-stručnim saznanjima i istraživanjima i da se oslanja na popisanu i navedenu literaturu.

Izjavljujem da nijedan dio ove doktorske disertacije nije napisan na nedozvoljen i neetičan način, preuzimanjem ili prepisivanjem iz bilo kojeg necitiranog rada, tuđih dijela ili rezultata, koji bi bio u suprotnosti sa akademskom moralnošću.

Izjavljujem da su štampana i elektronska verzija doktorske disertacije potpuno istovjetne i da se elektronska verzija može postaviti na trajni uvid u skladu sa odlukama Departmana i Fakulteta.

Autorska prava svih rezultata i elemenata koji su dobijeni u doktorskoj disertaciji pripadaju Departmanu za grafičko inženjerstvo i dizajn odnosno Fakultetu tehničkih nauka kao pravnom licu.

Potpis kandidata

Rezime

Razvoj tehnike i tehnologije doveo je do porasta životnog standarda, tako da se danas od proizvoda iz svih sfera života očekuje da pored osnovne funkcije ispunjavaju i lične zahtjeve pojedinca. U saglasnosti sa tim, današnja odjeća treba da ispuni estetske, ergonomske i fiziološke zahtjeve. Povećanje estetskih vrijednosti odjevnih predmeta sve češće se vrši procesom štampe. Štampanjem odjevnih predmeta na površinu odjeće se nanosi sloj štamparske boje. Dio odštampane boje zadržava se na površini materijala, a dio prodire u unutrašnjost, ispunjavajući pore između pređe u tkaninama i pleteninama i dalje između vlakana u pređi. Štamparska boja svojim karakteristikama izaziva promjenu postojećih te dovodi do pojave novih vrijednosti toplotnih svojstava odštampanih odjevnih predmeta. Na ovaj način utiče se i na promjenu fiziološke funkcije ljudskog tijela, a time i na udobnost nošenja. Parametrima procesa štampe, kao što su broj nanosa boje u štampi i tonska pokrivenost, moguće je uticati na količinu boje koja se nanosi na i u odštampani materijal, a time i na ostvarivanje željenih vrijednosti toplotnih parametara odštampanih materijala.

Istraživanja sprovedena u okviru disertacije imala su za cilj da ispituju varijantni uticaj odštampane boje na toplotna svojstva odjevnih predmeta. Pri tome, kao parametri procesa štampe ispitani su uticaji različitog broja nanosa boje u štampi i različite tonske pokrivenosti.

Ispitivani uzorci štampani su, pigmentnim bojama na vodenoj bazi, svim procesnim bojama, sa pokrivenošću od 10%, 50% i 100% tonskih vrijednosti sa tri različita nanosa boje (štampa sa jednim, tri i pet nanosa boje). Odštampani uzorci podvrgnuti su ispitivanjima toplotnih svojstava, koja su se sastojala od određivanja toplo-hladnog osjećaja (q_{max}), koeficijenta toplotne provodljivosti (λ), toplotnog otpora tekstila (R_c) i otpora protoku vodene pare (R_e).

Rezultati ispitivanja toplotnih svojstava su pokazali da procesom štampe dolazi do promjene vrijednosti parametara toplotnih svojstava ispitivanih pletenina i tkanina, čime je potvrđen uticaj procesa štampe na ova svojstva tekstilnih materijala. Dobijeni rezultati ukazali su i na to da se varijacijom procesnih parametara štampe, kao što su tonska pokrivenost, broj nanosa boje u štampi i vrsta boje, uz izbor odgovarajućeg materijala može uticati na promjenu, a time i na ostvarivanje odgovarajućih vrijednosti toplotnih svojstava štampanih tekstilnih materijala.

Dobijeni rezultati istraživanja obrađeni su statističkim metodama te je razvijen model funkcijske zavisnosti toplotnih svojstava štampanih tekstilnih materijala od parametara digitalne štampe i vrste materijala. Time je dokazana hipoteza disertacije da je moguće razviti model toplotnih svojstava štampanih tekstilnih materijala kojim se ocjenjuje uticaj parametara digitalne štampe na toplotna svojstva odštampanih odjevnih predmeta, koji ima poseban značaj za predviđanje toplotno fiziološke udobnosti odjeće tokom upotrebe.

Ključne riječi: digitalna ink džet štampa tekstila, tekstilni materijali, toplotna svojstva, nanos boje, tonska pokrivenost.

Abstract

The development of technology has led to a rise in living standards, so today is expected from products in all aspects of life, that, in addition to the basic functions, meet the personal needs of the individual. Correspondingly, today's clothing has to fulfill aesthetic, ergonomic and physiological requirements. Increase of the aesthetic value of garments is more often done with printing process. In garment printing on garments surface is applied layer of ink. Part of the printed ink is retained on the surface of the material, and part goes inside, filling the pores between yarns in woven and knitted fabrics and continues between the fibers in the yarn. The ink with its characteristics causes a change of existing and leads to the emergence of new values of thermal properties of printed garments. In this way, it has influence on the change of the physiological functions of human body, and hence the comfort of wearing. With printing process parameters, such as number of passes in the print and tonal coverage, it is possible to influence the amount of ink that is applied on and in printed material, and thus the achievement of desired values of thermal parameters of printed materials.

Research performed within thesis was aimed to investigate the influence of printing inks on thermal properties of garments. At the same time, as the parameters of printing process, were investigated effects of different number of passes in the print and the different tone values.

Tested samples were printed with pigmented inks, water-based, with all process colors, and coverage of 10%, 50% and 100% of tone values with three different layers of inks (print with one, three and five passes). The printed samples were subjected to the tests of thermal properties, which are consisted of determining the warm or cold feeling (q_{max}), the coefficient of thermal conductivity (λ), thermal resistance of textiles (R_c) and resistance to the flow of water vapor (R_e).

The test results of thermal properties showed that the process of printing change values of thermal properties on investigated knitwear and fabrics, thus proving the influence of the printing process on the properties of textile materials. The results showed also that the variation of the process parameters of the print, such as tone values, the number of passes in the print and types of the inks, with a choice of suitable material can influence on change, and hence the realization of the corresponding values of printed fabrics thermal properties.

Research results were analyzed using statistical methods and has been developed a model that show the dependencies of thermal properties of printed fabrics of the digital printing parameters and material type. This proves the hypothesis of the thesis that it is possible to develop a model of thermal properties of printed textile materials used to assess the influence of digital printing parameters on thermal properties of printed garments, which has special significance for predicting thermo-physiological comfort of clothing during use.

Key Words: *digital ink jet printing of textiles, textiles, thermal properties, ink layers, tone values.*

Sadržaj

1. UVOD	13
2. STANJE U OBLASTI ISTRAŽIVANJA	17
3. PREDMET, PROBLEM I CILJ ISTRAŽIVANJA	34
3.1. Štampa odjevnih predmeta	35
3.2. Digitalna štampa odjevnih predmeta	38
3.3. Boje za štampu	43
3.4. Odjevni materijali	47
3.5. Fiziologija odjevnih predmeta	50
3.6. Toplotna svojstva odjeće	52
4. HIPOTEZA ISTRAŽIVANJA	59
5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA	60
5.1. Razvoj metodologije istraživanja	60
6. POSTAVKA ISTRAŽIVANJA	62
6.1. Plan eksperimenta	62
6.2. Materijali i uređaji	64
6.2.1. Karakteristike uređaja za štampanje otisaka	64
6.2.2. Karakteristike uređaja za sušenje otisaka	65
6.2.3. Karakteristike boja korištenih za štampu	66
6.2.4. Karakteristike podloga korištenih za štampu	67
6.3. Izbor metoda	68
6.3.1. Metode izrade otisaka	68
6.3.2. Metode uzorkovanja i mjerenja	68
6.3.3. Metode mjerenja toplotnih karakteristika tekstilnih materijala	68
6.3.3.1. Određivanje toplo-hladnog osjećaja	70
6.3.3.2. Određivanje koeficijenta toplotne provodljivosti	70
6.3.3.3. Određivanje toplotne otpornosti tekstilnih materijala	71
6.3.3.4. Određivanje otpora tekstilnih materijala protoku vodene pare	72
6.3.4. Metode mjerenja sorpcijskih karakteristika tekstilnih materijala	72
6.3.4.1. Određivanje relativne vlažnosti tekstilnih materijala	72
6.3.4.2. Određivanje vazdušne propustljivosti tekstilnih materijala	74
6.3.4.3. Određivanje sposobnosti zadržavanja vode tekstilnih materijala	75
6.3.5. Metode statističke obrade rezultata mjerenja	76
6.4. Razvoj test kontrolne mjerne karte	77
7. REZULTATI I DISKUSIJA REZULTATA	78
7.1. Rezultati mjerenja toplo-hladnog osjećaja	78
7.1.1. Rezultati mjerenja toplo-hladnog osjećaja štampanih pletenina	78
7.1.2. Rezultati mjerenja toplo-hladnog osjećaja štampanih tkanina	82
7.2. Statistička obrada rezultata mjerenja toplo-hladnog osjećaja	87
7.3. Rezultati mjerenja koeficijenta toplotne provodljivosti	95
7.3.1. Rezultati mjerenja koeficijenta toplotne provodljivosti štampanih pletenina	95
7.3.2. Rezultati mjerenja koeficijenta toplotne provodljivosti štampanih tkanina	99
7.4. Statistička obrada rezultata mjerenja koeficijenta toplotne provodljivosti	103
7.5. Rezultati mjerenja toplotne otpornosti	112
7.5.1. Rezultati mjerenja toplotne otpornosti štampanih pletenina	112
7.5.2. Rezultati mjerenja toplotne otpornosti štampanih tkanina	116

7.6. Statistička obrada rezultata mjerenja toplotne otpornosti	120
7.7. Rezultati mjerenja otpora protoku vodene pare	128
7.7.1. Rezultati mjerenja otpora protoku vodene pare štampanih pletenina	128
7.7.2. Rezultati mjerenja otpora protoku vodene pare štampanih tkanina	132
7.8. Statistička obrada rezultata mjerenja otpora protoku vodene pare	135
8. ZAKLJUČAK	144
9. NAUČNI DOPRINOS ISTRAŽIVANJA I MOGUĆNOST PRIMJENE U PRAKSI ..	149
10. LITERATURA	150
11. PRILOZI	164
12. BIOGRAFIJA SA BIBLIOGRAFIJOM	204

Skraćenice i simboli

AATCC - American Association of Textile Chemists and Colorists - Američko udruženje tekstilnih tehnologa

BN - Broj nanosa boje u štampi

CIE - Commission Internationale de l'Éclairage - Međunarodna komisija za osvjetljenje

CIE Lab - Prostor boja nezavistan od uređaja

CMC - Colour Measurement Committee - Komitet za mjerenje boja ujedno i sistem za evaluaciju razlike boja

CMYK - Cyan, Magenta, Yellow, Black - Cijan, Magenta, Žuta, Crna

Co - Pamuk

Co/PES - Mješavina pamuka i poliestera

D50 - CIE standardno osvjetljenje 5003 K

D65 - CIE standardno osvjetljenje 6504 K

dpi - Dot per inch - Tačaka po inču

DTG - Direct to Garment - Štampa gotovih odjevnih predmeta

ΔE - Razlika boja

ISO - International Organization for Standardization - Međunarodna organizacija za standardizaciju

kWh - Kilovat čas, količina energije

MC - Moisture Content - Sadržaj vlage

PES - Poliestar

PET - Polietilentereftalat

PTFE - Politetrafluoretilen

PVC - Polivinil hlorid

Q - Vazдушna propustljivost, količina propuštenoga vazduha

$q_{\max}$ - Toplo-hladni osjećaj

R_c - Toplotni otpor tekstila

R_e - Otpor tekstila protoku vodene pare

RH - Relative Humidity - Relativna vlažnost

RTR - Roll to Roll - Rotaciona štampa iz rolne u rolnu

SEM - Skenirajući elektronski mikroskop

spi - Samples per inch - Uzoraka po inču

TV - Tonska vrijednost

UV - Ultraviolet - Ultra ljubičasto zračenje

W_{RV} - Water Retention Value - Sposobnost zadržavanja vode

λ - Koeficijent toplotne provodljivosti

1. UVOD

U današnje vrijeme razvoj tehnike i tehnologije svakodnevno postavlja nove zahtjeve pred proizvođače, bez obzira na to koja oblast je u pitanju. Tako se, porastom životnog standarda, javljaju sve viši kriterijumi za kvalitet proizvoda namijenjenih za krajnju upotrebu i zadovoljavanje osnovnih potreba čovjeka. U cilju toga, proizvođači ulažu sve veća sredstva u razvoj proizvoda prilagođenih potrebama čovjeka koji zadovoljavaju i lične zahtjeve pojedinca (Grujić, 2010).

Pred proizvođače odjeće, ranije, se postavljao zahtjev da izrade proizvod koji ispunjava funkcije zaštite tijela od raznih uticaja okoline, te da ublaži djelovanje klimatskih i mehaničkih uticaja (Morishita i ostali, 1993). Međutim, danas se od izabrane odjeće očekuje da zadovolji estetske i modne zahtjeve, da bi na taj način što bolje oslikala lični karakter i životni stil pojedinca (Mecheels, 1992). Povećavanje estetskih vrijednosti odjevnih predmeta sve češće se vrši procesom štampe (Stančić i ostali, 2014). Pored toga, procesom štampe utiče se i na povećavanje doživljene vrijednosti odjevnih predmeta, u smislu da kupac ili korisnik proizvoda percipira veću korisnost proizvoda u odnosu na njegovu cijenu (Vladić i ostali, 2014). Sam proces štampe odjevnih predmeta, sa tehničkog aspekta, može se definisati kao proces prenosa boje, koja je nosilac informacija, na tekstilnu podlogu (Kašiković i ostali, 2014). Gledano sa umjetičkog aspekta, proces štampe odjevnih predmeta predstavlja umjetnost i vještinu prenosa željenog dizajna na površinu tekstilnog materijala (Tippet, 2002).

Trenutno se u svijetu godišnje odštampa između 11 i 13% tekstilnih materijala, odnosno više od 27 milijardi m² tekstilnih podloga, sa stopom godišnjeg rasta od 2% (Momin, 2008; Provost, 2009; Onar Çatal, Özgüney i Akçakoca Kumbasar, 2012). Vrijednost industrije štampe tekstilnih materijala u 2010. godini je iznosila 165 milijardi US\$. U istoj godini tržišna vrijednost digitalne štampe tekstilnih materijala iznosila je 3,75 milijardi US\$. Pri tome, rotaciona digitalna štampa iz rolne u rolnu (*RTR- Roll to Roll*) je imala vrijednost od 1,3 milijarde US\$ i stopu rasta od 13%, a digitalna štampa gotovih odjevnih predmeta (*DTG-Direct to Garment*) vrijednosti od 2,45 milijardi US\$ i stopu rasta od 35% (Phillips, 2010).

Danas se, iz ugla korisnika, zahtijevani kvalitet odjeće može posmatrati kroz sklonost korisnika ka: estetici, udobnosti odjeće i održavanju propisanih svojstava u određenom vremenu (Morishita i ostali, 1993). Prema tome, odjeća treba da ispuni estetske, ergonomske i fiziološke zahtjeve (Mecheels, 1992). Da li odjeća zadovoljava estetske i ergonomske zahtjeve kupac lako procjeni prije ili u toku prvog nošenja. Sa fiziološkom funkcijom je drugačije i odjeća sa dobrim fiziološkim karakteristikama treba da omogući da čovjek u njoj ne osjeća ni toplotu ni hladnoću, pri različitim klimatskim uslovima (Mecheels i Umbach, 1976).

Udobnost je osnovna i univerzalna potreba ljudskog bića i predstavlja jedan od najvažnijih aspekata odjeće. Prilikom nošenja odjeće, toplota i vlažnost proizvedeni od strane

tijela se zaustavljaju kao slojevi vazduha prije prolaska u okolinu, što rezultira karakterističnom mikroklimom između kože i odjeće i definiše se kao osjećaj udobnosti (Yoo, Hu i Kim, 2000; Grujić, Geršak i Ristić, 2010).

Udobnost odjeće je složen fenomen, ali u suštini se može podijeliti na četiri različita aspekta (Das i Alagirusamy, 2010):

- Termofiziološka udobnost nošenja, koja direktno utiče na čovjekovu termoregulaciju. To obuhvata procese prenosa toplote i vlage kroz odjeću.
- Kožno-senzorska udobnost nošenja, koju karakterišu mehaničke reakcije, koje uzrokuje tekstil u direktnom kontaktu sa kožom. Te percepcije mogu biti ugodne kao glatkoća ili mekoća, ali one takođe mogu biti neugodne, ako je tekstil previše krut, grebe ili prijanja na znojem ovlaženu kožu.
- Ergonomska udobnost nošenja označava slobodu pokreta koju omogućava odjeća. Ergonomska udobnost nošenja uglavnom zavisi od vrste odjeće i elastičnosti materijala.
- Psihološka udobnost nošenja je pod uticajem mode, ličnim sklonostima, ideologije i sl.

Postoje razni povezani mehanizmi razmjene toplote između tijela i odjevnog sistema koji su neophodni za održavanje normalne temperature tijela. Najvažniji mehanizmi za efikasan prenos toplote su (Das i Alagirusamy, 2010):

- efikasna cirkulacija kojom se sva metabolički proizvedena toplota treba provesti iz unutrašnjosti tijela na površinski sloj kože;
- koža treba biti u mogućnosti proizvesti potrebnu količinu znoja;
- proizvedeni znoj treba da se efikasno prenese u obliku tečnosti, kao i u obliku pare kroz cijeli odjevni sistem.

Prva dva mehanizma se ne mogu prilagoditi ili promijeniti, ali definitivno se može kontrolisati treći mehanizam izborom odgovarajuće odjeće. Pravilan izbor odjeće za određene uslove nošenja u velikoj mjeri zavisi od toplotnih i sorpcijskih svojstava materijala od koga je izrađena. Poznavanje toplotnih svojstava materijala, kao što su koeficijent toplotne provodljivosti, toplotni otpor, otpor protoku vodene pare i toplo-hladni osjećaj od velikog je značaja za pravilan izbor odjeće.

Veliki broj istraživača radio je i radi na istraživanju procesa prenosa toplote kroz tekstilne i porozne materijale (Zhu i ostali, 2014). Toplotna svojstva tekstilnih materijala uslovljena su vrstom vlakana od kojih je materijal izrađen, tehnologijom predenja, stepenom uvojitosti i maljavosti pređe, gustinom, debljinom i poroznošću tekstilnog materijala, te postupcima završne dorade materijala (Abhijit, Mukhopadhyay i Yadav, 2010; Jun i ostali, 2009). Islam i saradnici istraživali su uticaj strukture tekstilnog materijala na toplotna svojstva tekstilnih materijala izrađenih od organskog i konvencionalnog pamuka (Islam i ostali, 2014). Studija je potvrdila uticaj strukture pletenja na toplotne karakteristike, a u cilju postizanja optimalne

udobnosti odjeće zaključeno je da pri izboru tekstilnog materijala treba uzeti u obzir i krajnju namjenu buduće odjeće. Pored strukture materijala, utvrđeno je i to da tekstilni materijali izrađeni od organskog pamuka omogućavaju bolju toplotnu udobnost u odnosu na materijale izrađene od konvencionalnog pamuka. Ajmeri i Bhattacharya su ispitivali toplotna svojstva pletenina namjenjenih za izradu sportske odjeće izrađenih u pike prepletaju od pamučnih i modalnih vlakana (Ajmeri i Bhattacharya, 2013). Dobijeni rezultati toplotnih svojstava pokazali su da pamučne pletenine, zbog viših vrijednosti toplotnog otpora, imaju prednosti pri izradi sportske odjeće namjenjene zimskom periodu, u cilju zaštite tijela od hladnoće. U isto vrijeme, za izradu odjeće namijenjene za ljetni period studija preporučuje upotrebu modalnih vlakana, prvenstveno zbog viših vrijednosti toplotne provodljivosti, te nižih vrijednosti toplotnog otpora. Atlas i Ozen su istraživali toplotna svojstva tkanina dobijenih od različitih vlakana, uključujući pamučna, bambusova i sojina vlakna, kao i mješavine navedenih vlakana (Atlas i Ozen, 2013). Potvrđeno je da sirovinski sastav vlakana utiče na toplotna svojstva tekstilnih materijala i u formi tkanina. Pri tome, tkanine izrađene od pamuka posjeduju najviše vrijednosti toplotnog otpora, što ukazuje da odjeća izrađena od ovih tkanina bolje štiti tijelo od hladnoće u odnosu na odjeću izrađenu od ostalih tkanina. U slučaju mješavine bambusovih ili sojinih vlakana sa pamukom u jednakom omjeru dobijene su tkanine sa višim vrijednostima toplo-hladnog osjećaja u odnosu na date vrijednosti pamučnih tkanina. S druge strane, najniže vrijednosti otpora protoku vodene pare zabilježene su na tkaninama dobijenim iz mješavine pamuka i soje. Chidambaram i saradnici istraživali su svojstva toplotne udobnosti pletenina izrađenih od pamučnih vlakana, regenerisanih vlakana bambusa i njihovih mješavina. Istraživanjem su utvrdili da toplotna provodljivost pletenina opada sa porastom učešća bambusovih vlakana. S druge strane, vrijednosti otpora protoku vodene pare i vazdušne propustljivosti se povećavaju sa povećavanjem učešća bambusovih vlakana (Chidambaram, Govindam i Venkatraman, 2012). Govindachetty i saradnici su istraživali uticaj procesa obrade ekstraktima biljaka *Azadirachta Indica* i *Cynodon dactylon* na toplotno fiziološka svojstva poliestarskih tkanina i tkanina dobijenih iz mješavine poliestarskih i akrilnih vlakana. Obradom biljnim ekstraktima došlo je do poboljšanja karakteristika otpora protoku vodene pare, pri čemu su više vrijednosti dobijene upotrebom ekstrakata na bazi *Cynodon dactylon* u odnosu na ekstrakte na bazi *Azadirachta Indica*. U isto vrijeme, obradom biljnim ekstraktima došlo je do pada vrijednosti toplotne provodljivosti (Govindachetty, Sidhan i Venkatraman, 2014). Faktor koji dosta utiče na toplotna svojstva tekstilnih materijala je i vlažnost. Ranija istraživanja pokazala su da toplotna izolacija tekstilnih materijala značajno opada sa povećavanjem sadržaja vlage u materijalu (Cimilli i ostali, 2010). Ova pojava je posledica zamjene vazduha u porama pređe sa vodom, koja posjeduje više vrijednosti koeficijenta toplotne provodljivosti u odnosu na vazduh. U slučaju povećanja koncentracije natrijum hlorida, do čega dolazi pri povećavanju relativne vlažnosti odjeće npr. pri nošenju u primorskom okruženju, dolazi do pojave rasta vrijednosti toplotne provodljivosti vlažne

odjeće što može dovesti do smanjenja toplotne otpornosti odjeće. Poznavanje navedenih pojava značajno je pri projektovanju i dizajnu odjeće namjenjene za ekstremne klimatske uslove, kao što je izrada odjeće za pomorce i jedriličare (Boguslawska-Baczek i Hes, 2014).

U toku procesa štampanja na odjevni predmet se nanosi sloj boje. Dio odštampane boje prekriva površinu odjevnog predmeta, dok drugi dio boje ispunjava pore između vlakana u pređi. Pri tome, odštampana boja predstavlja novi sloj materijala odnosno dodatnu barijeru u prenosu toplote s površine tijela u okolinu. Planirana istraživanja imaju za cilj određivanje uticaja sloja materijala dobijenog procesom štampanja, kao jedne od metoda povećanja estetskih vrijednosti odjeće, na toplotna svojstva odjeće. Na osnovu rezultata istraživanja definisaće se uticaj parametara digitalne štampe na toplotna i sorpcijaska svojstva različitih vrsta tekstilnih materijala, a time i na toplotno fiziološka svojstva štampane odjeće. Poznavanje uticaja parametara digitalne štampe na toplotna svojstva štampanih tekstilnih materijala od velikog je značaja pri dizajnu i projektovanju odjeće za različite namjene.

2. STANJE U OBLASTI ISTRAŽIVANJA

U posljednje vrijeme digitalna ink jet štampa ima sve veću primjenu u izradi odjevnih predmeta. Štampanjem odjevnih predmeta na relativno jednostavan način se povećava estetska vrijednost same odjeće. Pri tome, digitalna ink jet štampa nudi određene proizvodne prednosti u odnosu na ostale tehnike štampe pri štampi tekstilnih materijala. Kao bitne prednosti ove tehnike štampe mogu se izdvojiti: brzina, fleksibilnost, dozvoljena veća kreativnost pri oblikovanju odštampane slike, čišća i ekološki prihvatljivija tehnika (Gupta, 2001; Van Parys, 2002; Tyler, 2005).

Povećavanjem upotrebe procesa štampe u postupku izrade odjeće sve veći broj istraživača bavio se istraživanjem predtretmana podloge u cilju poboljšanja interakcije štamparske boje i podloge. Veoma čest postupak predtretmana tekstilnih podloga je dejstvo plazmom na podlogu. Plazma tretman se pokazao kao veoma efikasan postupak kojim se poboljšava mogućnost taloženja, npr. štamparske boje, promjenom površinskih karakteristika materijala bez izazivanja veće promjene zapreminskih karakteristika (De Geyter, Morent i Leys, 2008; Kan i Yuen, 2009; Morent i ostali, 2008, Zhang i Fang, 2009). Pri tome, bitno je naglasiti da plazma tretman predstavlja postupak predtretmana tekstilnih podloga koji je cjenovno prihvatljiviji postupak obrade podloga, ne zahtijeva upotrebu vode i zahtijeva minimalnu upotrebu hemikalija, što ga čini ekološki podobnim postupkom pripreme tekstilnih materijala (Shishoo, 2007; Radetic i ostali, 2007).

Bhat i saradnici istraživali su promjenu površinskih karakteristika, kao i mogućnosti bojenja pamučnih tkanina u zavisnosti od dejstva plazmom (Bhat i ostali, 2011). U istraživanju su tretirali pamučne tkanine veličine 20 x 20 cm plazmom generisanom pomoću generatora plazme snage 40 W (*RF Plasma generator Electrotech Enterprises*), upotrebom radio talasa talasne dužine 13,56 MHz i pri stalnom pritisku od 20 Paskala. Kao medijum za plazmu korišten je vazduh.

Rezultati istraživanja su pokazali da prilikom dejstva plazmom dolazi do promjene morfologije u površinskoj strukturi materijala, pri čemu je tretirana površina imala oštećeni ili brušeni izgled. Ova pojava se može objasniti time da se dejstvom plazme javlja efekat "graviranja" pri čemu dolazi do skidanja dijela materijala. Dobijena morfologija površine je slična morfologiji površine vune i pamuka nakon dejstva plazmom do koje su u svojim istraživanjima došli i Ozdogan i saradnici, te Karahan i saradnici (Ozdogan i ostali, 2009; Karahan i ostali, 2009).

Mjerenjem mogućnosti apsorpcije utvrđeno je da dejstvom plazmom dolazi do povećavanja apsorpcionih karakteristika ispitivanih pamučnih tkanina. Pri tome, vrijeme apsorpcije tkanina izloženih dejstvu plazmom u periodu od 8 minuta smanjeno je sa 3600 sekundi na manje od 10 sekundi. Do sličnih rezultata su došli i Karahan i saradnici, pri čemu su kao medijum za plazmu koristili argon i vazduh (Karahan i ostali, 2009).

Pri ispitivanju mogućnosti bojenja ispitivani materijali su bojeni reaktivnim bojilima, “direktivnim” bojilima i bojilima na bazi biljnih materijala. Samo ispitivanje sastojalo se od određivanja K/S vrijednosti za jačinu boje tretiranih i netretiranih materijala, pojedinačno za sva korištena bojila. Rezultati ispitivanja su pokazali da su promjene u apsorpciji bojila zavisne od vrste korištenog bojila. U slučaju upotrebe reaktivnih i bojila na bazi biljnih materijala upotrebom plazma tretmana došlo je do viših vrijednosti za jačinu boje, dok je pri upotrebi “direktivnih” bojila plazma tretman doveo do nižih vrijednosti jačine boje.

Poboljšanje vrijednosti jačine boje može se objasniti činjenicom da dejstvo plazmom površinu materijala čini hrapavijom, na osnovu čega specifična površina postaje veća, čime se olakšava interakcija i difuzija molekula bojila sa površinom materijala. Pored toga, produžavanjem dejstva plazmom dolazi do pucanja glikozidnih veza (-O-) i stvaranja COOH grupa, čime vlakna postaju hidrofilna. Hemijske promjene na površini pamučnih vlakana mogu dovesti do mogućnosti stvaranja slobodnih radikala na lancu celuloze, a samim time i formiranja karbonilnih i karboksilnih grupa. U slučaju “direktivnih” bojila mehanizam bojenja se uglavnom zasniva na pojavi difuzije. Smanjenje vrijednosti za jačinu boje pri upotrebi plazma tretmana kod ovih bojila rezultat je spajanja površina vlakana poprečnim lancima. Ovim spajanjem smanjuje se mogućnost difuzije, te otuda i niže vrijednosti za jačinu boje na uzorcima na koje je dejstvovano plazmom. S druge strane, proces bojenja se uglavnom odvija preko amorfne površine. Efektom “graviranja” pri dejstvu plazmom dolazi do smanjenja amorfne površine (Thomas i ostali, 1998; Yoon i ostali, 1996), što je, takođe, uticalo na smanjenje vrijednosti jačine boje pri bojenju “direktivnim” bojilima.

Štampanjem tekstilnih materijala tehnikom sito štampe, reaktivne boje apliciraju se zajedno sa bazama i drugim hemikalijama u obliku paste. Međutim, u slučaju štampe ovih materijala digitalnom ink jet tehnikom štampe, usled visokih zahtjeva za čistoćom i određenom provodljivošću boja, nije moguće direktno miješanje konvencionalnih hemikalija sa bojama (Le, 1998; Aston, Provost i Masselink, 1993; Schulz, 2002, Zhou i Li, 2002). Kao posledica toga javlja se potreba da se štamparska pasta aplicira na površinu tekstilnog materijala prije procesa digitalne štampe.

Kan i saradnici istraživali su uticaj predtretmana plazmom pri atmosferskom pritisku na karakteristike boje štampanih pamučnih tkanina prethodno oslojenih različitim štamparskim pastama (Kan, Yuen i Tsoi, 2011). Samo istraživanje sastojalo se od određivanja uticaja dejstva predtretmana plazmom na K/S vrijednosti boje, oštine štampe i antimikrobnih svojstava odštampanih tkanina, prethodno oslojenih različitim štamparskim pastama. Kao štamparske paste korištene su paste na bazi natrijum alginata, hitozana i pasta bazirana na mješavini natrijum alginata i hitozana. U istraživanju kao ispitivana tkanina je korištena pamučna tkanina veličine 20 x 20 cm i površinske mase od 136 g/m². Kao kontrolna tkanina korištena je komercijalna pamučna tkanina namijenjena za digitalnu štampu, prethodno oslojena štamparskom pastom na bazi natrijum alginata, natrijum karbonata i uree.

Prije ispitivanja tkanine su klimatizovane u periodu od 24 časa, na temperaturi od 21 ± 1 °C i relativnoj vlažnosti od $65 \pm 2\%$. Predtretman plazmom izvršen je pomoću uređaja "Atmospheric Pressure Plasma Jet" (*Surfx Technologies*) upotrebom radio talasa, talasne dužine 13,56 MHz, pri atmosferskom pritisku i upotrebi helijuma i vazduha kao medijuma za plazmu. Oslojavanje materijala štamparskim pastama izvršeno je pomoću uređaja T.K.HOMO Mixer, Model: HV-M, pri konstantnom pritisku od $2,6 \text{ kg/m}^2$ i brzini oslojavanja od 2,5 obrtaja/min. Oslojeni uzorci su sušeni na temperaturi od 80 °C, te su prije procesa štampanja klimatizovani u standardnim uslovima u trajanju od 24 časa.

Štampanje uzoraka izvršeno je grafičkim sistemom za digitalnu ink jet štampu Mimaki Tx2-1600, upotrebom reaktivne magenta boje. Odštampana test karta sastojala se od polja veličine 100 x 100 mm i generisana je u rezoluciji od 360 dpi. Odštampani uzorci sušeni su pomoću toplog vazduha i naknadno su izloženi vrućoj pari na temperaturi od 110 °C u trajanju od 5 minuta u cilju fiksiranja odštampane boje. Na kraju, uzorci su oprani u rastvoru 10 g/l nejonskog deterdženta radi uklanjanja neizreagovanih čestica boje i štamparske paste.

Mjerenje K/S vrijednosti boje izvršeno je upotrebom spektrofotometra Macbeth Colour Eye 7000A (D65 i standardni posmatrač 10°). U cilju određivanja dugotrajnosti odštampane slike, odštampane tkanine su dva puta oprane u skladu sa AATCC Test metodom 135 na temperaturi od 30 °C. Posle svakog pranja tkanine su kondicionirane i vršeno je mjerenje K/S vrijednosti boja. Mjerenje oštine štampe vršeno je u uzdužnom i poprečnom pravcu upotrebom optičkom mikroskopa (Nikon Optiplot-pol) i uvećanja od 400 x. Antibakterijska svojstva kvantitativno su određena upotrebom AATCC test metode 100.

Rezultati mjerenja boja pokazuju da su upotrebom plazma predtretmana dobijene više vrijednosti K/S parametra. Dobijene K/S vrijednosti su se kretale po sledećem redu: natrijum algininska pasta + plazma > natrijum alginin/hitozan pasta + plazma > natrijum algininska pasta > hitozan pasta + plazma > kontrolna tkanina > natrijum alginin/hitozan pasta > hitozan pasta. Rezultati jačine boje nakon pranja pokazuju da je kod kontrolne tkanine došlo do značajnog pada K/S vrijednosti sa pranjem uzoraka. Kod ostalih uzoraka pad K/S vrijednosti je bio minimalan, odnosno neznačajan.

Mjerenjem oštine štampe uočeno je da je odštampana test karta uža na tkaninama koje su tretirane plazmom, kako u uzdužnom tako i u poprečnom pravcu. Ovo se objašnjava manjom mogućnošću širenja boje usled jake veze između vlakana i boje, odnosno usled formiranih kovalentnih veza između hidroksilnih grupa vlakana i reaktivnih bojila u štamparskoj boji. Na ovaj način utvrđeno je da plazma predtretman može doprinijeti većoj oštini odštampane slike.

U pogledu korištenih pasta ustanovljeno je da paste na bazi hitozana i mješavine natrijum alginina i hitozana omogućavaju veću oštrinu odštampane slike u odnosu na pastu na bazi natrijum alginina. Mjerenje antibakterijskih karakteristika vršeno je mjerenjem koncentracije *Staphylococcus aureus* bakterija na uzorcima nakon 0 i 48 časova od štampe. U

slučaju kontrolnih tkanina nakon 48 časova došlo je do značajnog povećanja koncentracije prisutnih bakterija. Na materijalima oslojenim natrijum algininskom pastom sa i bez predtretmana plazmom došlo je do smanjenja koncentracije prisutnih bakterija za 70%. U slučaju pasta sa sadržajem hitozana došlo je do potpunog nestanka prisutnih bakterija na štampanoj slici. Plazma predtretman omogućava deponovanje veće količine paste na materijalu, ipak nije primjećen veći značaj ovog predtretmana na antibakterijska svojstva. Primjećeno je i to da za ostvarenje maksimalnog antibakterijskog učinka nije potrebno koristiti pastu na bazi isključivo hitozana. Upotrebom paste sa manjim sadržajem hitozana dobijena su gotovo jednaka antibakterijska svojstva, ali znatno bolja štamparska svojstva.

Na osnovu predstavljenih istraživanja predtretmana podloga može se zaključiti da se upotrebom predtretmana plazmom uz pravilan izbor štamparske paste može uticati na morfologiju površine i sposobnost apsorpcije, čime se omogućava stabilna i trajna reprodukcija odštampanih boja.

Pored ispitivanja uticaja predtretmana podloga na kvalitet reprodukcije pri štampi tekstilnih materijala, dio istraživača bavio se i ispitivanjem uticaja različitih dejstava na parametre kvaliteta odštampane reprodukcije. Najčešća dejstva kojima se izlažu odštampani tekstilni materijali, odnosno odjevni predmeti, su dejstvo toplote, dejstvo svjetlosti i proces pranja.

Novaković i saradnici u istraživanju koje su proveli ispitivali su zavisnost kvaliteta otisaka od primjenjene temperature toplotnog dejstva (Novaković i ostali, 2010). Kao štamparske podloge korištene su pletenine dobijene od: 100% pamučnih vlakana, mješavine 95% pamučnih i 5% vlakana likre, 100% poliestarskih vlakana i mješavine 50% vunениh i 50% akrilnih vlakana. Štampanje uzoraka izvršeno je grafičkim sistemom digitalne ink jet štampe DTG Kiosk (*Digital Garment Printers*). Nakon procesa štampe uzorci su podvrgnuti toplotnom dejstvu pomoću industrijske pegle Quick Tech 45, pri čemu je na uzorke dejstvovano temperaturama od 155 °C, 187 °C i 205 °C.

Samo istraživanje je obuhvatilo analizu morfologije površine otisaka i spektrofotometrijsku analizu reprodukovanih boja prije i posle toplotnih dejstava. Ispitivanje morfologije površina izvršeno je mjerenjem hrapavosti prije štampe, nakon štampe, te nakon svakog od ispitivanih toplotnih dejstava. Pri tome, mjerenja hrapavosti su vršena mjernim uređajem TR 200 (*Portable Testers*). Dodatna analiza morfologije površina izvršena je upotrebom SEM snimaka dobijenih elektronskim mikroskopom JEOL 6460 LV. Spektrofotometrijskim mjerenjima određena je razlika boje na svakom odštampanom uzorku prije i posle toplotnog dejstva, te su određeni ostvareni opsezi boja. Spektrofotometrijska mjerenja izvršena su sa standardnom geometrijom mjerenja uz osvjetljenje D50 i sa 2° standardnim posmatračem pomoću mjernog uređaja X-rite I1. Rezultati mjerenja su obrađeni u programu GretagMachbet (*Measure Tool, Profil Maker*) i Chromix Color Think, pomoću kojih su kreirani ICC profili na osnovu kojih su analizirani ostvareni opsezi boja.

Rezultati mjerenje površinske hrapavosti pokazali su da se vrijednosti hrapavosti povećavaju se nanošenjem boje, te da naknadnim procesom toplotne obrade dolazi do njihovog smanjivanja. Pored toplotnog dejstva vrijednosti površinske hrapavosti uslovljene su i sirovinским sastavom korištene podloge. Tako su najmanje Ra vrijednosti površinske hrapavosti dobijene na uzorcima dobijenim od mješavine 95% pamučnih vlakana i 5% vlakana likre, dok su najveće vrijednosti nastale na uzorcima dobijenim od mješavine 50% vunениh vlakana i 50% akrilnih vlakana.

Ostvareni opsezi boja nakon štampe pokazali su da materijal sa 100% pamučnim vlaknima ima najveći opseg boja, a nakon njega slijedi uzorak dobijen od mješavine 95% pamučnih vlakana i 5% vlakana likre. Uzorak od 100% poliesterskih vlakana ima nešto manji opseg boja, dok najmanju sposobnost reprodukcije boja ima uzorak dobijen od mješavine 50% vunениh i 50% akrilnih vlakana.

Nakon toplotnog dejstva, spektrofotometrijskim mjerenjima određene su razlike posmatranih boja modelom $\Delta E(\text{CMC } 2:1)$. Mjerenjem razlike boja utvrđeno je da do najveće promjene odštampanih boja dolazi prilikom dejstva toplotom pri temperaturi od 187 °C, te da do najmanje promjene dolazi pri upotrebi najveće korištene temperature, odnosno temperature od 205 °C, nezavisno od materijala. Dejstvom toplote došlo je i do smanjenja opsega reprodukovanih boja. Najveća promjena opsega boja registrovana je pri temperaturi od 187 °C, dok je najmanja pri temperaturi od 205 °C, što je analogno vrijednostima dobijenim za razliku boja.

Analizom dobijenih SEM snimaka utvrđeno je da pod uticajem toplote boja koja se nalazila na površini i između vlakana još više prodire između vlakana, te ih povezuje. Na ovaj način određena količina boje koja se nalazi na vlaknima se smanjuje, a samim tim dolazi i do smanjenja parametara hrapavosti uzorka. Na osnovu SEM analize može se zaključiti da posle štampanja na tekstilnim materijalima dolazi do povezivanja vlakana i čestica boje, a daljim toplotnim dejstvom dolazi do “razlivanja” boje, te povećanja broja povezanih vlakana.

Na osnovu eksperimentalno dobijenih rezultata predstavljenog istraživanja može se zaključiti da toplotnim dejstvom dolazi do promjene u površinskoj strukturi tekstilnih vlakana čime se mijenja reflektivnost površine, a samim time i subjektivni osjećaj reprodukovanih boja.

Ispitivanjem karakteristika otisaka digitalno štampanih tekstilnih podloga izloženih spoljašnjim dejstvima bavili su se različiti istraživači, među kojima i Kašiković i saradnici. U jednom od istraživanja su ispitivali postojanost odštampanih boja na tekstilnim materijalima, u zavisnosti od uticaja svjetlosti i broja nanosa boje u štampi (Kašiković i ostali, 2015). Kao štamarske podloge u istraživanju su korištene tri poliestarske tkanine različite površinske mase i gustine tkanja. Štampanje ispitivanih uzoraka vršeno je digitalnom ink jet štampom pomoću grafičkog sistema Mimaki JV22-160, upotrebom J-Eco Subly Nano boja, pri čemu je vršeno variranje procesa štampe, tako da su uzorci štampani u varijacijama od

jednog do pet nanosa boje. Odštampana test karta bila je veličine 150 x 10 cm i sadržavala je četiri polja veličine 35 x 10 cm, odštampanih punim tonovima cijan, magenta, žute i crne boje.

Samo istraživanje sastojalo se od određivanja razlike boja nastale pri reprodukciji različitim brojem nanosa boje, kao i od određivanja razlike boja izazvane dejstvom svjetlosti. Mjerenje kolorimetrijskih karakteristika uzoraka izvršeno je pomoću sfernog spektrofotometra Datacolor Spectraflash SF 600® PLUS-CT, upotrebom D65 svjetlosnog izvora, 10° standardnog posmatrača i mjernog otvora od 16 mm. Izlaganje uzoraka dejstvu svjetlosti izvršeno je u saglasnosti sa ISO 105-B02 standardom (metodom 2), pomoću instrumenta Xenon test Alpha proizvođača Atlas. Mjerenje kolorimetrijskih karakteristika boja vršeno je po završetku procesa štampe te nakon izlaganja uzoraka dejstvu svjetlosti.

Rezultati spektrofotometrijskog mjerenja boja nakon procesa štampe ukazali su na to da se sa povećavanjem broja nanosa boje u štampi smanjuje svjetlina i zasićenost reprodukovanih boja. Smanjenje svjetline i zasićenosti boja ima linearnu tendenciju sa povećavanjem broja nanosa boje u štampi, te stoga sa povećavanjem razlike u broju nanosa boje dolazi i do porasta u razlici između boja reprodukovanih različitim brojem nanosa boje. Na osnovu ovoga može se pretpostaviti da bi povećavanjem broja nanosa boje došlo i do porasta u razlici reprodukovanih boja.

U cilju kvantifikovanja uticaja dejstva svjetlosti na promjenu reprodukovanih boja po izlaganju uzoraka dejstvu svjetlosti ponovo su vršena spektrofotometrijska mjerenja, te je računata razlika boja između jednakih otisaka prije i posle dejstva svjetlosti. Rezultati mjerenja su pokazali da se najviše vrijednosti razlike boja nakon izlaganja javljaju kod uzoraka štampanih sa jednim nanosom boje, dok se najniže javljaju kod uzoraka štampanih sa pet nanosa boje. Ovo se može objasniti činjenicom da se povećavanjem broja nanosa boje u štampi na površinu materijala nanosi veći broj čestica boje.

Na osnovu sprovedenog ispitivanja može se zaključiti da se povećavanjem broja nanosa boje u štampi dobijaju otisci sa većom postojanošću odštampanih boja prema dejstvu svjetlosti. Ovo ukazuje na činjenicu da je broj nanosa boje pri štampi tekstilnih materijala digitalnom ink jet štampom veoma bitan procesni parametar procesa štampe. Ovaj parametar u velikoj mjeri utiče, kako na kvalitet reprodukovanih boja nakon procesa štampe, tako i na postojanost samih boja tokom upotrebe proizvoda, izrađenih od odštampanih tekstilnih materijala, kao što su odjevni predmeti.

Štampani odjevni predmeti, kao i odjevni predmeti uopšte, često su izloženi procesu pranja. Dokazano je da proces pranja izaziva određene promjene fizičko-hemijskih karakteristika (Kalantzi i ostali, 2010), kao i promjene mikro-mehaničkih svojstava (propusnost vazduha, otpornost ka pucanju, krutost) (Tomšić i ostali, 2008). Takođe, primjećeno je da proces pranja izaziva promjenu boja (Xiang i Cai, 2008). Step en promjene tekstilnih vlakana kao i boje zavisi od: načina pranja, temperature pranja, tvrdoće vode, vremena pranja. Do-

datno, moderni deterdženti sastoje se od izbjeljivačkih supstanci i njihovih enzimskih aktivatora, kao i inhibitora prenosa bojila. Sve ove supstance svojim djelovanjem mogu izazvati promjenu odštampanih boja (Was-Gubala, 2009).

U jednom od istraživanja, predstavljenog 2014. godine, ispitivan je uticaj serije pranja na parametre kvaliteta štampe pamučnih pletenina štampanih tehnikom sito štampe. Pored uticaja serije pranja, istraživao je i uticaj linijature tkanja mreže sita i karakteristika materijala na kvalitet štampe (Stančić i ostali, 2014). U istraživanju su korištena tri tipa pamučnih pletenina u single, pike i interlock prepletaju. Analizirana test karta sastojala se od polja veličine 30 x 120 mm, s pokrivenošću od 100% tonskih vrijednosti crne procesne boje. Štampanje uzoraka izvršeno je tehnikom sito štampe, pomoću šestobojnog grafičkog sistema M&R Sportsman E Series, upotrebom Sericol Texopaque Classic OP Plastisol boja. Fiksiranje odštampanih boja izvršeno je na temperaturi od 160 °C u trajanju od 150 sekundi. Pri izradi štamparskih formi korištena su sita tkanja 90, 120, 140 i 160 niti po cm. Štamparske forme razvijene su konvencionalno pomoću linearizovanih pozitiv filmova. Pri tome, linijatura filmova bila je 5 puta manja od tkanja mrežice sita. Kao fotoosjetljivi sloj korištena je Sericol Dirasol 915 emulzija. Osvjetljavanje je vršeno metal-halogenom UV lampom (1000 W), na rastojanju 1 m od mreže sita. Vrijeme osvjetljavanje, za pojedinačne štamparske forme, određeno je pomoću kontrolne trake Autotype Exposure Calculator firme Sericol. Odštampani uzorci podvrgnuti su seriji pranja, koja se sastojala od deset pranja. Pri tome, proces pranja je izvršen prema standardu ISO 105-C01. Postojanost štampe na pranje ispitivana je nakon prvog, petog i desetog pranja.

Analiza kvaliteta štampe obuhvatila je analizu reprodukcije boja i makro neuniformnosti. Reprodukcijska boja analizirana je mjerenjem CIE L* a* b* C* h° koordinata punih tonova crne boje, određivanjem razlike reprodukovanih boja među materijalima istog sirovinskog sastava, a različitih karakteristika u pogledu površinske mase i gustine tkanja, i mjerenjem refleksionih spektralnih krivih, nakon procesa štampe te izlaganja odštampanih uzoraka seriji pranja. CIE L* a* b* C* h° koordinate određene su pomoću difuznog spektrofotometra HP 200 (osvjetljenje D65, standardi posmatrač 10°, mjerna geometrija d/8, mjerni otvor 16 mm), dok su refleksione spektralne krive mjerene spektrofotometrom Techkon SpectroDens (osvjetljenje D50, standardni posmatrač 2°, mjerna geometrija 0°/45°, mjerni otvor 3 mm). Makro neuniformnost je određena digitalnom analizom slike, pomoću dodatka za programski jezik ImageJ. Pri tome su uzorci skenirani ravnim skenerom Canon CanoScan 5600F. Skeniranje je vršeno pri rezoluciji od 600 spi. SEM analiza uzoraka je izvršena pomoću JEOL 6460 LV elektronskog mikroskopa, i sastojala se od posmatranja promjena na površini tekstilnih materijala izazvanih štamparskom bojom, te djelovanjem procesa pranja.

Rezultati mjerenja CIE L* a* b* C* h° koordinata kao i dobijene razlike boja ukazale su na to da sa povećanjem broja pranja dolazi do veće promjene reprodukovanih boja u odnosu na boju uzoraka na kojima nije izvršen proces pranja. U istraživanju je primjećeno i

to da na promjenu boja utiče i linijatura tkanja sita kojom je vršena štampa. Tako je uočeno da se pri štampi pletenina u single i pike prepletaju najmanja odstupanja boja javljaju pri štampi sitima linijature tkanja 90 niti/cm, dok su pri štampi pletenina u interlock prepletaju odstupanja najmanja pri štampi sitom linijature tkanja 160 niti/cm. Analiza spektralne refleksije uzoraka ukazuje na to da sa povećanjem broja pranja dolazi do povećanja spektralne refleksije uzoraka. Ova promjena je primjećena kod sva tri materijala i pri štampi svim linijaturama tkanja sita. Uzročnik ove pojave je to što se u procesu pranja dio boje spere, čime se smanjuje mogućnost apsorpcije svjetlosti.

Mjerenjem vrijednosti makro neuniformnosti utvrđeno je da se i ovaj parametar kvaliteta štampe mijenja s dejstvom pranja. Izlaganjem uzoraka procesu pranja došlo je do nejednakog skidanja dijela boje s površine tekstilnih vlakana te povećavanja makro neuniformnosti na otisku. U istraživanju je primjećeno i to da materijal svojim karakteristikama dosta utiče na vrijednosti makro neuniformnosti. Ovo se može objasniti time da pri štampi „grubljih“ ili hrapavijih podloga u procesu štampe dolazi do stvaranja nejednake koncentracije odštampane boje. Izlaganjem ovih otisaka procesu pranja, dolazi do pada vrijednosti makro neuniformnosti usled ispiranja boje i relativnog ujednačavanja nanosa boje.

Analiza SEM snimaka pokazala je da nakon štampe na analiziranim uzorcima dolazi do promjene morfologije površine. Snimci su jasno pokazali glatku strukturu vlakana, pri čemu su uočene čestice boje na površini vlakana koje su posledica štampe. Tekstilna vlakna u potpunosti su bila prekrivena bojom usled, relativno, velikog nanosa boje. Izlaganjem štampanih uzoraka seriji pranja došlo je do toga da je dio boje, jednostavno, spran s površine vlakana. Površine su time postale glađe, a pored skidanja dijela boje, procesom pranja narušena je i ujednačenost nanosa boje na podlogama. SEM snimci su pokazali da je sem skidanja dijela boje sa tekstilnih vlakana, došlo i do stvaranja pukotina u nanosu boje. Ovo se može objasniti time da u procesu pranja dolazi do razaranja nanosa boje. Skidanjem dijela boje površina tekstilnog materijala postaje reflektivnija, usled smanjenja količine boje koja bi apsorbirala dio svjetlosti. Takođe, dolazi do veće razlike u boji između odštampanih uzoraka i uzoraka izloženih seriji pranja. Ova zapažanja su potvrđena spektrofotometrijskom analizom uzoraka.

Dobijeni rezultati predstavljenog istraživanja pokazuju da proces pranja kao i njegova učestalost imaju presudan uticaj na kvalitet otisaka odštampanih tekstilnih materijala. S druge strane, iz istraživanja se može zaključiti i to da je kvalitet štampe tekstilnih materijala uslovljen i karakteristikama materijala, te linijaturom tkanja mreže sita kojim se vrši štampa, odnosno parametrima procesa štampanja.

Toplotna svojstva predstavljaju veoma bitne karakteristike tekstilnih materijala od kojih je izrađena odjeća i u mnogome određuju osnovnu funkciju odjeće (Le i Ly, 1995; Kawabata, 1999). Veliki broj istraživanja posvećen je ispitivanju toplotnih karakteristika tekstilnih materijala kao što su: toplotna provodljivost, toplotna otpornost, otpor protoku vodene pare i druge.

Ljudsko tijelo stalno je izloženo različitim spoljašnjim uticajima, koji nerijetko doprinose tome da se čovjek osjeća neudobno. Toplotna udobnost odjeće uslovljena je kombinacijom odjeće, klimatskih uslova i fizičke aktivnosti (Li, 2001). Hemijska energija hrane pretvara se u rad i toplotu, pri čemu količina generisane i izgubljene toplote značajno varira sa stepenom fizičke aktivnosti i karakteristikama odjeće (Kilic i ostali, 2006). Oğulata u radu koji je predstavio 2007. godine bavio se istraživanjem toplotnog balansa ljudskog tijela, pri čemu je istraživao uticaj odjeće i različitih klimatskih uslova na toplotnu udobnost pri različitom stepenu fizičke aktivnosti (Oğulata, 2007). U istraživanjima je došao do zaključaka da povećavanjem metabolizma, kao i razlike u temperaturi na površini odjeće (ili temperature kože) i temperature okolnog vazduha dolazi do smanjenja gubitka toplote konvekcijom i radijacijom, te do povećanja gubitka toplote isparavanjem, odnosno znojenjem. Povećavanjem metabolizma, te izolacionih karakteristika odjeće gubitak toplote konvekcijom i radijacijom se smanjuje. Istraživanjem je utvrđeno i to da povećavanjem brzine okolnog vazduha dolazi do veće razmjene toplote, pri čemu se podstiče razmjena toplote konvekcijom i radijacijom. Rezultati istraživanja pokazuju da pojedinac pravilnim izborom odjeće može da pomogne tijelu u postizanju ispravnog toplotnog balansa pri različitim uticajima okoline. Kao bitna karakteristika tekstilnih materijala koja utiče na toplotnu udobnost odjeće izdvojena je toplotna izolacija odjeće.

U današnje vrijeme za proizvodnju odjevnih predmeta najvećim dijelom se koriste pređe izrađene od prirodnih i sintetičkih celuloznih vlakana. Vrsta materijala od kojeg je izrađena pređa te površinska struktura izrađene tkanine dosta utiču na karakteristike finalnog proizvoda. U svjetlu toga, Frydrych i saradnici su izvršili komparativnu analizu parametara toplotne udobnosti tkanina izrađenih od pamučnih i Tencel vlakana u zavisnosti od vrste tkanja (Frydrych, Dziworska i Bilska, 2002). Ispitivane tkanine su tkane sa: ravnim, platno i twill tkanjem. Mjerenja toplotnih karakteristika su obuhvatila ispitivanja: toplotne provodljivosti, toplotne otpornosti i toplo-hladnog osjećaja. Mjerenjima je utvrđeno da su vrijednosti toplotne provodljivosti kod pamučnih tkanina više u odnosu na vrijednosti kod Tencel tkanina. U pogledu vrste tkanja najviše vrijednosti i kod pamučnih i kod Tencel tkanina su zabilježene kod tkanina sa ravnim tkanjem. Izmjerene vrijednosti toplotne otpornosti su pokazale da se kod obje vrste tkanina najviše vrijednosti dobijaju u slučaju izrade tkanina twill tkanjem, a najniže u slučaju ravnog tkanja. Posmatranjem toplo-hladnog osjećaja utvrđeno je da se više vrijednosti ovog parametra javljaju kod pamučnih tkanina u odnosu na Tencel tkanine. Frydrych i saradnici ovim istraživanjem su utvrdili da je pri izradi ljetne odjeće odgovarajućim izborom materijala i načina tkanja moguće uticati na ostvarivanje odgovarajuće razmjene toplote između ljudskog tijela i okoline, a što je usko vezano za udobnost koju čovjek osjeća dok nosi odjeću.

Ispitivanjem toplotne udobnosti materijala izrađenih na bazi celuloznih materijala bavili su se i Stanković i saradnici (Stanković, Popović i Poparić, 2008). U studiji koju

su predstavili 2008. godine istraživali su toplotne karakteristike, te poroznost materijala i vazдушnu propustljivost pletenina dobijenih od pamučnih (celuloznih), viskoznih (regenerisana celuloza) i konopljinih (lignoceluloza) vlakana. Korištene pletenine imale su približno jednaku debljine, površinsku masu i gustinu pletenja. Rezultati ispitivanja su pokazali da pamučne pletenine posjeduju najniže vrijednosti vazdušne propustljivosti, dok se kod konopljinih pletenina javljaju najviše vrijednosti. Ovo se objašnjava time što pamučne pletenine imaju najporozniju pređu u smislu najveće pojave pora između vlakana u pređi. Vazduh zarobljen u pređi ne poboljšava prolazak vazduha kroz pamučnu nit, jer se kod pamučnih pletenina sreće i najzbijenija pređa, odnosno najmanji broj pora između pređa. Vrijednosti toplotne provodljivosti karakterisale su konopljine pletenine kao najmanje toplotno provodljive. Prenos toplote kroz pređu najviše se obavlja neposrednim kontaktom vlakana. Pošto se kod konopljinih pletenina javlja najveći broj pora između pređa otuda i najmanje vrijednosti toplotne provodljivosti kod ovih pletenina. Viskozne pletenine posjeduju izraženo maljavu pređu, te se pore između pređa sastoje od zarobljenog vazduha i isturenih vlakana i može se pretpostaviti da se prenos toplote vrši i kondukcijom i konvekcijom. Ipak, čini se da se prenos toplote obavlja uglavnom kondukcijom iz razloga što se kod viskoznih pletenina javljaju najviše vrijednosti toplotne provodljivosti. Pamučne pletenine karakterisane su kao najporoznije i većina vazduha je zarobljena u porama između vlakana. Zarobljeni vazduh ponaša se kao izolator usporavajući prenos toplote, te otuda i niže vrijednosti toplotne provodljivosti u odnosu na vrijednosti kod viskoznih pletenina. Na osnovu predstavljenih rezultata može se zaključiti da kapilarna struktura upotrijebljenih vlakana i pređa, te geometrija površine pređe određuje poroznost ili "otvorenost" pletenina. Na ovaj način snažno se utiče na vazдушnu propustljivost i toplotne karakteristike koje, pak, određuju pojavu i nivo prenosa toplote kroz tekstilni materijal.

U cilju poboljšanja toplotne i fiziološke udobnosti odjeće proizvođači tekstilnih vlakana razvijaju specijalna vlakna sa poboljšanim toplotnim karakteristikama. Marmarali i saradnici su istraživali toplotne karakteristike pletenina dobijenih na bazi novih, specijalnih, vlakana (Marmarali i ostali, 2009). U istraživanjima su se bavili ispitivanjima toplotne provodljivosti, toplotne otpornosti, toplotne apsorpcije (toplo-hladnog osjećaja), otpora protoku vodene pare i vazdušne propustljivosti pletenina nastalih na bazi specijalnih vlakana. Pri tome, korištene su zbijene, srednje i labave pletenine od: tetra-kanalnih poliestarskih vlakana, visoko funkcionalnih poliestarskih vlakana sa projektovanim otvorima koji omogućavaju efekat sifona i pletenine sa mješavinom prirodnih i sintetičkih, odnosno pamučnih i poliestarskih vlakana sa poboljšanom i patentiranom sposobnošću odvođenja vlage. Dobijeni rezultati istraživanja su ukazali na to da vazдушna propustljivost raste sa smanjenjem zatvorenosti pletenina. U pogledu otpora protoku vodene pare pokazalo se da stepen zatvorenosti pletenine nema bitan uticaj. Ovaj parametar zavistan je od vrste pređe. Pletenine dobijene od poliestarskih vlakana, zahvaljujući kanalnoj strukturi vlakana, posjeduju bolje vrijednosti

ovog parametra. U pogledu toplotnog otpora pletenine od mješavine prirodnih i sintetičkih vlakana pokazuju više vrijednosti u odnosu na druge dvije pletenine, a u pogledu toplotne apsorpcije niže vrijednosti. Ovo je moguće objasniti na osnovu toplotne provodljivosti. Naime, pletenine dobijene od mješavine prirodnih i sintetičkih vlakana djelimično se sastoje od pamuka, a poznato je da pamučna vlakna imaju nižu vrijednosti toplotne provodljivosti u odnosu na poliestarska vlakna (Greyson, 1983). Na osnovu rezultata do kojih su došli Marmarali i saradnici može se zaključiti da stepen zatvorenosti pletenine utiče na toplotne karakteristike odjeće. Pored ovog parametra, toplotne karakteristike određene su i sastavom pređe, odnosno upotrijebljenim vlaknima.

Onofrei i saradnici su ispitivali zavisnost toplotnih svojstava pletenina od površinske strukture. U istraživanju koje su predstavili 2011. godine koristili su dva tipa pređa sa termo regulacijskim efektom: Outlast® i Coolmax® (Onofrei, Rocha i Catarino, 2011). Na osnovu datih pređa izrađene su pletenine uz variranje površinskih struktura, na osnovu čega su dobijene pletenine sa devet različitih šavova. Rezultati mjerenja su ukazali na izraženu zavisnost vazdušne propustljivosti od površinske strukture materijala. I Outlast® i Coolmax® pletenine najniže vrijednosti vazdušne propustljivosti su posjedovale pri locknit i dvostrukom locknit prepletaju, dok su najviše vrijednosti nastale korištenjem lijevo desnog prepletaja. Generalno, vazдушna propustljivost Outlast® pletenina je viša. Ova pojava se može objasniti time što ove pletenine imaju manju debljinu, te geometrijom vlakana. Outlast® pletenine imaju, tađe, i više vrijednosti toplotne provodljivosti u odnosu na Coolmax® pletenine. Ova pojava je posljedica karakteristika pređe i upotrijebljenih vlakana. Najviše vrijednosti toplotne provodljivosti, kod oba tipa pletenina, javljaju se u slučaju locknit i dvostrukog locknit prepletaja, odnosno u slučaju pletenina sa većim zapreminskim gustinama. Izmjerene vrijednosti toplotne otpornosti suprotne su vrijednostima toplotne provodljivosti, te su kod Coolmax® pletenina zabilježene više vrijednosti. Kod oba tipa pletenina uočeno je da porastom debljine pletenina dolazi do rasta vrijednosti toplotne otpornosti. Vrijednosti toplo-hladnog osjećaja dosta zavise od karakteristika pređe, pri čemu su više vrijednosti izmjerene na Outlast® pleteninama. U pogledu površinske strukture najviše vrijednosti su nastale pri locknit prepletaju. Outlast® pletenine u odnosu na Coolmax® imaju niže izražene osobine otpora protoku vodene pare. Ovo se može objasniti higroskopsnim karakterom Outlast® pletenina, što omogućava veću difuziju pare. Dobijeni rezultati otpora protoku vodene pare su u saglasnosti sa rezultatima do kojih su došli Brojeswari Das i saradnici (Das i ostali, 2008). Karakteristike i struktura materijala imaju veliki uticaj na otpor protoku vodene pare. Kada se porede materijali izrađeni od iste pređe, otpor protoku vodene pare je prvenstveno funkcija debljine i gustine materijala. Dobijeni rezultati istraživanja nedvosmisleno ukazuju na to da parametri udobnosti, kao što su toplotne karakteristike materijala i vazдушna propustljivost, zavise od sirovinskog sastava materijala, ali i od površinske strukture materijala, odnosno od primjenjenog načina pletenja ili tkanja.

Ispitivanjem uticaja vrste pletenja na toplotne karakteristike pletenina bavili su se i Oğlakcioğlu i Marmarali. U istraživanju koje su sprovedi ispitivali su zavisnosti parametara toplotne udobnosti pamučnih i poliestarskih pletenina izrađenih u: lijevo desnom, 1 x 1 rebrom i interlok prepletaju (Oğlakcioğlu i Marmarali, 2007). Rezultati toplotne provodljivosti do kojih su došli su pokazali da su kod obje vrste pletenina najviše vrijednosti toplotne provodljivosti dobijene na pleteninama sa interlok prepletajem. Ova pojava se objašnjava količinom zarobljenog vazduha u pleteninama. Pri mjerenju toplotne otpornosti zabilježen je trend kretanja rezultata jednak kao pri mjerenju toplotne provodljivosti. Ovo je u prvu ruku nelogično, jer su toplotna provodljivost i toplotna otpornost obrnuto proporcionalne veličine između kojih važi sledeća proporcija: $R_c = h/\lambda$; gdje je: R_c toplotna otpornost, h debljina materijala, a λ toplotna provodljivost (Frydlich, Dziworska i Bilska, 2002). Pojava povećavanja vrijednosti toplotne otpornosti uz istovremeno povećavanje toplotne provodljivosti objašnjava se debljinom mjerenih materijala. Pošto je porast debljine interlok pletenina u odnosu na druge dvije, ispitivane, pletenine bio veći od porasta toplotne provodljivosti, otuda i porast vrijednosti toplotne otpornosti. Interlok pletenine, kako za pamučne tako i poliestarske materijale, su imale i najviše vrijednosti toplo-hladnog osjećaja u poređenju sa ostalim tipovima pletenina. Pojava viših vrijednosti toplo-hladnog osjećaja kod interlok pletenina je posledica veće kontaktne površine između kože i pletenine, što kod čovjeka izaziva hladniji osjećaj (Pac i ostali, 2001). Pri mjerenju propustljivosti pletenina prolasku vodene pare najviše vrijednosti propustljivosti su nastale na pleteninama izrađenim lijevo desnim prepletajem. Dobijeni rezultati su najvjerovatnije posledica manje debljine pletenina sa lijevo desnim prepletajem u odnosu na ostale tipove ispitivanih pletenina. Sagledavanjem rezultata istraživanja Oğlakcioğlu-a i Marmarali-a može se zaključiti da, pored toga što vrsta prepletaja utiče na udobnost odjeće, u cilju povećavanja udobnosti odjeće, pri izboru materijala u obzir treba uzeti i namjenu buduće odjeće. Tako se iz predstavljene studije uočava da su za izradu zimske odjeće povoljnije pletenine sa lijevo desnim prepletajem, dok se za izradu ljetne odjeće preporučuju pletenine sa interlok prepletajem.

Özgen i Altaş su ispitivali uticaj vlakana različitog sirovinskog sastava na toplotne karakteristike, karakteristike koje utiču na prenos vlage kroz odjeću, te kožno-senzorske karakteristike odjeće (Özgen i Altaş, 2014). Za potrebe istraživanja izrađene su pletenine lijevo desnim prepletajem, sa približno jednakom: gustinom, uvijenošću, prečnikom i maljavošću pređe. U pogledu sirovinskog sastava korištena su vlakna na bazi: mješavine 90% pamuk / 10% SeaCell®, mješavine 90% pamuk / 10% srebro, 100% pamuka, 100% bambusa i 100% soje. Najviše vrijednosti toplotne provodljivosti su dobijene kod uzoraka izrađenih od mješavine pamuka i srebra, dok se najniže vrijednosti javljaju kod bambusovih i sojinih pletenina. Pamučna vlakna su dobar provodnik toplote, brzo odvedu toplotu sa kože hladeći tijelo, povećavajući samu udobnost nošenja (Cimilli i ostali, 2010). Otuda i više vrijednosti toplotne provodljivosti pamučnih i pletenina dobijenih od mješavina sa pamukom u odnosu

na sojine i bambusove pletenine. Pored toga, dodavanjem čestica srebra pamučnim vlaknima dodatno se povećava provodljivost pletenina. Najviše vrijednosti toplotne otpornosti javljaju se kod sojinih pletenina i ovi rezultati su u saglasnosti sa rezultatima istraživanja koje su sprovedi Cimilli i saradnici. U isto vrijeme pletenine izrađene od mješavine pamuka i srebra su posjedovale najniže vrijednosti otpornosti. U pogledu toplo-hladnog osjećaja najviše vrijednosti su dobijene na pleteninama izrađenim od bambusovih vlakana, nešto niže na pleteninama izrađenim od mješavine pamuka i srebra, dok pletenine izrađene od preostala tri materijala imaju niže i približno jednake vrijednosti. Razlog visokih vrijednosti toplo-hladnog osjećaja kod pletenina od mješavine pamuka i srebra može se povezati sa visokim vrijednostima toplotne provodljivosti. Vrijednosti ispitivanja vazdušne propustljivosti ukazale su da su najviše vrijednosti postignute kod pletenina od bambusovih i sojinih vlakana, niže i gotovo jednake kod pletenina od mješavina pamuka sa srebrom i SeaCell® vlaknima, a najniže vrijednosti kod pamučnih pletenina. Pri ispitivanju otpora protoku vodene pare utvrđeno je da se najniže vrijednosti otpora protoku vodene pare javljaju kod pletenina od bambusovih vlakana, zahvaljujući najvišoj vazdušnoj propustljivosti, smanjenoj finoći vlakana, kao i najmanjoj debljini od ispitivanih pletenina. Ovim istraživanjem je dokazano da dodavanjem drugih materijala pamuku nastaju mješavine sa poboljšanim karakteristikama udobnosti. Tako je pokazano da se dodavanjem male količine srebra pamuku dobija mješavina kod koje dolazi do rasta vrijednosti toplotne provodljivosti uz istovremeno smanjenje vrijednosti toplotnog otpora, čime se poboljšava udobnost nošenja.

Uobičajeno je da se odjeća podvrgava procesu pranja. U zadnjih pedeset godina proces pranja se uobičajeno vrši u prisustvu omekšivača. Do danas je sprovedeno više istraživanja o uticaju omekšivača na svojstva održavanja kao što su npr. dimenziona stabilnost i sposobnost uklanjanja mrlja. Međutim, vrlo malo je ispitivan uticaj omekšivača na parametre udobnosti odjeće. Jedno takvo istraživanje su sprovedi Parthiban i Kumar. U svom istraživanju su ispitali uticaj serije pranja i različite koncentracije omekšivača na parametre toplotne udobnosti poliestarskih i pamučnih materijala (Parthiban i Kumar, 2007). Ispitivani uzorci su prani pri temperaturi od $41\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, u saglasnosti sa testnom metodom AATCC 124-1996. Pri tome, vršene su varijacije u koncentraciji omekšivača, te su uzorci prani sa koncentracijama omekšivača od 0%, 1,5%, 2,5% i 3,5%. Rezultati studije su pokazali da vrijednosti toplotne izolacije rastu sa porastom koncentracije omekšivača, pri čemu su prisutne znatne razlike u rezultatima između različitih koncentracija. Pored koncentracije omekšivača, toplotna izolacija je zavisna i od broja ponavljanja pranja. Pri tome, sa povećavanjem broja pranja dolazi do smanjenja vrijednosti toplotne izolacije. Što se tiče vrijednosti vazdušne propustljivosti, rezultati su pokazali da kod pamučnih materijala do pada vrijednosti dolazi samo pri koncentraciji omekšivača od 3,5%, dok kod poliestarskih materijala tretman omekšivačima nije imao značajniji uticaj na vrijednosti vazdušne propustljivosti. Broj pranja je, takođe, uticao na vrijednosti vazdušne propustljivosti. Vrijednosti kod pamučnih materijala su se konstan-

tno smanjivale sa porastom broja pranja. Kod poliestarskih materijala do pada vrijednosti je došlo nakon petog pranja, pri čemu daljim povećavanjem broja pranja nije dolazilo do smanjenja vrijednosti. U pogledu kapilarnosti materijala, odnosno mogućnosti provođenja vlage i tečnosti, povećavanje koncentracije omekšivača izaziva smanjenje navedenih karakteristika. Povećavanje broja pranja izaziva suprotan efekat, odnosno povećavanje ovih vrijednosti. Parthiban i Kumar svojom studijom su pokazali da proces pranja utiče na udobnost odjeće, te da se upravljanjem parametrima samog procesa pranja može uticati na udobnost odjevnih predmeta.

Toplotne karakteristike odjevnih predmeta podložne su konstrukcijskim uticajima kao što su: sirovinski sastav vlakana, vrsta pređe, debljina materijala itd. Međutim, pored konstrukcijskih parametara toplotna svojstva su uslovljena i količinom apsorbovane vlage, odnosno relativnom vlažnošću samih materijala. Jedna od važnijih toplotnih karakteristika odjeće je, svakako, toplotna otpornost; koja predstavlja sposobnost materijala da se odupre prenosu toplote. Kanat i saradnici, u istraživanju koje su sprovedi, ispitali su uticaj relativne vlažnosti tekstilnih materijala na promjenu vrijednosti toplotne otpornosti (Kanat, Özdil i Marmarali, 2014). Za potrebe istraživanja iskoristili su pletenine koje se uobičajeno koriste za izradu sportske odjeće, izrađene sa lijevo desnim prepletajem od: pamučnih, poliestarskih, modalnih i akrilnih vlakana. U samom istraživanju prvo su odredili toplotnu otpornost apsolutno suvih pletenina, pri čemu su u komori za sušenje izložili uzorke temperaturi vazduha od 105 °C u trajanju od 4 časa. Nakon toga, uzorci su potopljeni u vodi i filter papirom im je uklonjen višak vode. Tako pripremljeni uzorci su izloženi procesu sušenja u standardnim klimatskim uslovima. Tokom procesa sušenja mjerena je toplotna otpornost uzoraka pri relativnoj vlažnosti od 100%, 75%, 50% i 25%. Na osnovu dobijenih rezultata upotrebom višestruke linearne regresione analize izrađeni su modeli statističke zavisnosti toplotne otpornosti sa određenim sadržajem vlage. Na osnovi korelacijske analize značaja pojedinih parametara pletenina na toplotnu otpornost uzoraka, kao nezavisne promjenljive veličine u kreiranom modelu korištene su: toplotna provodljivost vlakana, gustina pletenja, debljina pletenina, i veličina očice. U studiji su kreirana dva tipa statističkih modela zavisnosti. Prvi tip modela kao nezavisnu promjenljivu veličinu uključio je i sadržaj relativne vlage, tako da se ovaj model može koristiti za predviđanje toplotne otpornosti pri različitim nivoima relativne vlažnosti pletenina. Drugi tip modela iz nezavisno promjenljivih veličina je isključio sadržaj relativne vlažnosti. Na ovaj način kreirano je više modela statističke zavisnosti, koji odvojeno predviđaju vrijednosti toplotne otpornosti pri unaprijed definisanom sadržaju relativne vlažnosti. Kreirani modeli statističke zavisnosti toplotne otpornosti su ispitani i utvrđeno je da nema velikih odstupanja u izmjenjenim veličinama toplotne otpornosti i modelima predviđenih veličina. Oba tipa modela posjeduju visok koeficijent višestruke regresije. Ipak, drugi tip modela daje modele sa nešto višim koeficijentima višestruke regresije i upotrebom ovih modela dobijene predviđene vrijednosti su manje odstupale od izmjerenih vrijednosti.

Ovim je potvrđeno da se višestruka regresiona analiza može uspješno koristiti za predviđanje toplotne otpornosti pletenina izrađenih sa lijevo desnim prepletajem.

Otpor protoku vodene pare predstavlja karakteristiku odjevnog sistema koja je ključna pri održavanju toplotno ravnotežnog stanja nosioca odjevnog sistema. Tokom povećane fizičke aktivnosti ili izloženosti višim temperaturama odjeća sa visokom propustljivošću prema vodenoj pari omogućava prenos vlage sa kože kroz slojeve odjevnog sistema u okolinu (Huang, 2007). Prenos vodene pare kroz odjevni sistem, pored karakteristika samog odjevnog sistema zavisi i od parametara okoline, a prije svih: temperature vazduha, relativne vlažnosti i brzine vjetra (Huang i Qian, 2008). Do sada je rađeno više istraživanja o pojedinačnom uticaju temperature vazduha, relativne vlažnosti i brzine vjetra na otpor protoku vodene pare tekstilnih materijala. Međutim, sprovedeno je vrlo malo istraživanja o kombinovanom kvantitativnom uticaju ova tri parametra okoline na vrijednosti otpora protoku vodene pare. Jedno takvo istraživanje 2010. godine su predstavili Huang i Chen, u okviru kojeg su ispitivali varijantni uticaj: temperature vazduha, relativne vlažnosti i brzine vjetra (Huang i Chen, 2010). U istraživanju su ispitivana četiri materijala: PTFE laminiran u obliku mikroporoznih membrana na najlon, pamučna tkanina, poliestarska tkanina laminirana filmom poliuretana i poliestarska tkanina laminirana hibridnim PTFE membranama. S obzirom da se tekstilni materijali mogu podijeliti na četiri tipa, navedeni izbor materijala obuhvatio je sve tipove materijala, i to redom: materijale laminirane mikroporoznim membranama, vazdušno propustljive materijale, materijale laminirane hidrofilnim membranama i hibridno laminirane materijale (Gretton i ostali, 1996). Rezultati mjerenja otpora protoku vodene pare su pokazali da povećavanjem temperature vazduha dolazi do eksponencijalnog pada vrijednosti otpora protoku vodene pare pri različitim nivoima relativne vlažnosti. Bitan činiac pri prenosu vodene pare kroz odjevni sistem je i brzina vjetra. Rezultati istraživanja su pokazali da povećavanjem brzine vjetra dolazi do pada vrijednosti otpora protoku vodene pare. Navedeni trend važi pri svim ispitivanim temperaturama vazduha. Dobijeni rezultati ispitivanja su podvrgnuti višestrukoj nelinearnoj regresionoj analizi u cilju dobijanja statističkog modela zavisnosti otpora protoku vodene pare od temperature vazduha, relativne vlažnosti i brzine vjetra. Dobijeni statistički model zavisnosti provjeren je tako što je otpor protoku vodene pare ispitivanih materijala izmjeren pod drugim eksperimentalnim uslovima. Tako izmjereni rezultati su upoređeni sa vrijednostima predviđenim upotrebom kreiranog statističkog modela zavisnosti, te je dobijen visok stepen podudarnosti vrijednosti. Na ovaj način je pokazano da se dobijeni model može koristiti za predviđanje otpora protoku vodene pare pod svim klimatskim uslovima, čime se olakšava izbor odgovarajuće voodootporne i prozračne odjeće za odeđene uslove krajnje upotrebe. Ovo je posebno važno s obzirom na činjenicu da se većina odjeće za rekreaciju nosi u različitim klimatskim uslovima, često pri temperaturi oko ili ispod 10 °C; dok se ispitivanja otpora protoku vodene pare uglavnom vrše pri stan-

dardnim uslovima na temperaturi od oko 20 °C. S druge strane, ne može se zanemariti ni to da relativna vlažnost i brzina vjetra variraju sa vremenom i sa promjenom mjesta.

Doprinos razumijevanju procesa prenosa vodene pare kroz tekstilne materijale su dali i Lee i Obendorf studijom u kojoj su vršili ispitivanje otpora protoku vodene pare kroz tkanine (Lee i Obendorf, 2012). Za potrebe istraživanja izradili su tkanine sa različitom površinskom masom, gustinom tkanja, stepenom uvijenosti pređe, prečnikom pređe, veličinom pora između pređa i različitom hidrofilnošću vlakana. Mjerenjem otpora protoku vodene pare ustanovljeno je da se vrijednosti otpora povećavaju povećavanjem: debljine tkanina, gustine tkanja, uvijenošću pređe, sabijenošću pređe i povećavanjem hidrofilnosti vlakana. S druge strane, vrijednosti otpora protoku vodene pare opadaju sa porastom poroznosti pređe. Na osnovu obrade eksperimentalno dobijenih rezultata upotrebom višestruke polinomne regresione analize ustanovljeno je da je debljina tkanine veoma bitan pretskazivač otpora protoku vodene pare. Potvrđeno je i to da su gustina tkanja i poroznost tkanine bitni strukturni parametri pri predviđanju otpornosti protoku vodene pare. Uz strukturne parametre, bitna uloga u predviđanju otpornosti pripada i hidrofilnosti vlakana, drugim riječima, sirovinski sastav vlakana u velikoj mjeri utiče na otpornost protoku vodene pare. Primjenjena regresiona analiza pokazala je i to da su uvijenost i sabijenost pređe zanemarljivi parametri pri predviđanju otpora protoku vodene pare, sa stepenom značaja od 5% za sprovedene eksperimentalne uslove. Dobijena saznanja studije, bazirana na statističkoj obradi rezultata eksperimentalnih istraživanja sprovedenih u studiji, daju praktičan značaj pri projektovanju tkanina sa višim vrijednostima propustljivosti prema prolasku vodene pare.

Upotrebom nanotehnologija omogućeno je dobijanje novih materijala sa širokom mogućnošću primjene. Zadnjih godina prisutan je prodor nanotehnologija i u područje tekstilnih materijala. Akçam i Karaca istraživali su efekat primjene nano čestica kamena perlita u mješavini sa vlaknima poliestra na vrijednosti otpora protoku vodene pare (Akçam i Karaca, 2013). U cilju ispitivanja uticaja nano čestica perlita izrađene su dvije vrste tkanina, referenta tkanina izrađena od poliestarskih vlakana i tkanina izrađena od poliestarskih vlakana sa dodatkom nano čestica perlita. Tkanine su izrađene pod istim uslovima, te su dobijene tkanine sa identičnim vrijednostima: gustine tkanja, površinske mase, debljine tkanina i vrste tkanja. Rezultati mjerenja su pokazali da je upotrebom nano čestica perlita vrijednost otpora protoku vodene pare smanjena za oko 22%. Smanjenje vrijednosti otpora protoku vodene pare posledica je porozne strukture visoko adsorpcijskih čestica perlita dodatih vlaknima poliestra. Ovim istraživanjem je pokazano da je upotrebom nano čestica moguće znatno poboljšati karakteristike materijala, što pak omogućava izradu odjeće visokih performansi.

Proučavanjem uticaja nano čestica na karakteristike odjeće bavili su se i Hsu i saradnici. U studiji koju su predstavili ispitivali su uticaj oslojavanja odjeće srebrenim nano žicama na gubitak toplote kroz odjevni sistem i mogućnostima uštede energije razvojem

personalnog upravljanja toplotom (Hsu i ostali, 2015). U istraživanju su na odjevni sistem aplicirali nano žice koje su formirale mrežastu strukturu. Istraživanjem je potvrđeno da mrežasta struktura nano žica, za razliku od laminiranja polimernih filmova, sprečava gubitak toplote, te omogućava vazдушnu propustljivost i neometan prolazak isparene vodene pare, pri čemu ne dolazi do smanjenja udobnosti nošenja odjeće. Pored pasivnog zadržavanja toplote, odjeća sa srebrenim nano žicama može i aktivno učestvovati u zagrijavanju. Propuštanjem električne struje kroz nano žice, prema Džulovom zakonu, dolazi do oslobađanja toplote. Hsu i saradnici su ustanovili da bi se upotrebom odjeće sa apliciranim nano žicama godišnje moglo uštedjeti nekoliko stotina kWh po osobi, na osnovu uštede energije, što utiče na smanjenje zavisnosti od fosilnih goriva. Iz predstavljenog istraživanja može se zaključiti da je upotrebom nano tehnologija moguće razviti savremene, ekološki prihvatljive, tekstilne materijale, sa poboljšanim toplotnim karakteristikama. Pri tome, poboljšavanje toplotnih karakteristika moguće je izvršiti bez da se negativno utiče na ostale parametre udobnosti odjeće.

Predstavljena istraživanja se mogu podijeliti u dvije osnovne grupe. Prvu grupu istraživanja čine istraživanja procesa štampe tekstilnih materijala, dok drugu grupu čine istraživanja toplotnih svojstava tekstilnih materijala i udobnosti odjeće. Istraživači koji su se bavili ispitivanjem procesa štampe tekstilnih materijala nastojali su poboljšavanjem procesnih parametara dobiti kvalitetniji i dugotrajniji otisak. S druge strane, pri ispitivanju toplotnih svojstava istraživači su nastojali dobiti materijale sa optimalnim toplotnim karakteristikama varirajući parametre materijala kao i parametre izrade ispitivanih materijala. S obzirom da se proces štampe tekstilnih materijala sve više primjenjuje pri izradi odjevnih predmeta, interesantno je da u proučenoj literaturi niko nije ispitivao uticaj procesa štampe na toplotna svojstva tekstilnih materijala na kojima je aplicirana štampa. U planiranim istraživanjima akcenat je dat upravo tom segmentu. Istraživaće se kako parametri procesa jedne od tehnika štampe- digitalne štampe koja se značajno primjenjuje u štampi tekstila, kroz variranje broja nanešenih slojeva tzv. broj nanosa boje u štampi i tonske pokrivenosti. Cilj je istražiti uticaj na toplotna svojstva različitih tekstilnih materijala koji se vrlo često upotrebljavaju kao odjevni predmeti, a time i na udobnost odjevnih predmeta izrađenih od tih materijala.

3. PREDMET, PROBLEM I CILJ ISTRAŽIVANJA

Planirana istraživanja su usmjerena na analizu procesnih parametara štampe i mjerenja toplotnih i sorpcijskih svojstava odštampanih tekstilnih materijala namijenjenih za izradu odjevnih predmeta. Procesom štampe na površinu tekstilnog materijala odnosno odjeće se nanosi sloj štamarske boje. Dio odštampane boje zadržava se na površini materijala, a dio prodire u unutrašnjost, ispunjavajući pore između pređe u tkaninama i pleteninama i dalje između vlakana u pređi. Odštampana boja, svojim karakteristikama, izaziva promjenu postojećih i dovodi do novih vrijednosti toplotnih i sorpcijskih parametara. U odnosu na tekstilna vlakna štamarska boja ima druge vrijednosti koeficijenta toplotne provodljivosti, što svakako utiče na toplotna svojstva. Toplotna svojstva odjevnih predmeta uslovljena su i količinom vazduha koji popunjava pore između vlakana u pređi, kao i pore između pređe u tkaninama i pleteninama. Zamjena vazduha u navedenim porama štamarskom bojom, takođe, utiče na toplotna svojstva odjeće. Pored toplotnih svojstava, štamarska boja izaziva promjenu i sorpcijskih svojstava materijala. Svojim karakteristikama boja znatno utiče na sposobnost vezivanja vode u odjevnom predmetu, što se utvrđuje na osnovu ispitivanja sposobnosti zadržavanja vode u materijalima, relativne vlažnosti materijala, ali i na osnovu propustljivosti vazduha odštampanih odjevnih predmeta.

Parametrima procesa, kao što su broj nanosa boje u štampi i tonska pokrivenost, moguće je uticati na količinu boje koja se nanosi na i u odštampani materijal. Upravljanjem procesnim parametrima moguće je uticati i na ostvarivanje željenih vrijednosti toplotnih i sorpcijskih parametara odštampanih materijala. Tačno određivanje veličine promjene svih procesnih parametara stvara uslov za tačno određivanje neophodnih parametara u pripremi i proizvodnji štampanih uzoraka, koji utiču na toplotna svojstva odštampanih materijala. Analizom prikupljenih podataka, dobijenih ispitivanjem toplotnih i sorpcijskih svojstava različito štampanih tekstilnih materijala, stvara se dobra podloga za tačno definisanje uticaja procesnih parametara na toplotno fiziološka svojstva odštampanih odjevnih predmeta u realnim uslovima.

Osnovna istraživanja su usmjerena na uticajne parametre procesa štampe na toplotna svojstva odjeće. Cilj je ispitati varijantni uticaj odštampane boje sloj na sloj na toplotna svojstva odjevnih predmeta. Pri tome, kao bitni parametri procesa štampanja ispitaće se uticaj različitog broja nanosa pri štampi i različite tonske pokrivenosti. Kao podciljevi istraživanja mogu se izdvojiti: određivanje uticaja parametara štampe na sorpcijska svojstva štampanih odjevnih predmeta, definisanje uticaja različitih boja, u smislu upotrebe boja sa različitim pigmentima, i materijala različitog sirovinskog sastava i površinske strukture na pomenuta svojstva.

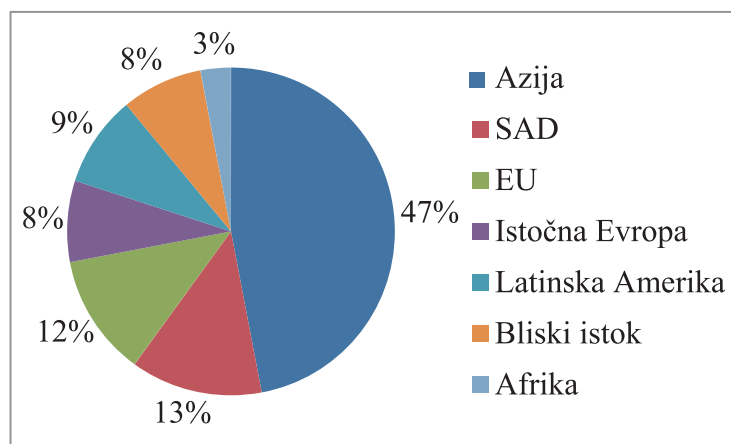
Na osnovu postavljenih ciljeva istraživanja očekuju se nova saznanja o uticaju samog procesa štampe, uključujući različite parametre štampe, i vrste materijala na toplot-

na i sorpcijska svojstva odštampanih odjevnih predmeta. Značajan doprinos istraživanju će predstavljati razvoj modela funkcijske zavisnosti toplotnih i sorpcijskih svojstava od broja nanosa u štampi, tonske pokrivenosti, vrste boje i vrste materijala.

3.1. Štampa odjevnih predmeta

Cjelokupan razvoj tehnike doveo je do promjena u načinu života savremenog čovjeka, koje su se odrazile i na industriju štampe tekstilnih materijala. Ova industrija je danas pod velikim pritiskom stalnih promjena. Tržište štampe tekstilnih materijala je sezonsko i veoma zavisno od modnih kretanja (Gupta, 2001). Ekskluzivan i originalan dizajn trenutno je vodeći zahtjev u modnom svijetu. Mogućnost izražavanja individualnosti uz fleksibilnost izbora različitih stilova, dostupnih boja i dizajna predstavlja sve veći zahtjev savremenog korisnika tekstilnih materijala (Choi i ostali, 2003). Ovaj trend poznat je kao personalizacija ili masovna individualizacija. Konvencionalne tehnike štampe nisu u stanju da odgovore na ovaj trend, usled zahtjeva za visokim tiražima, potrebnog vremena i visokih troškova podešavanja i pripreme mašina pri izmjeni, odnosno zamjeni poslova (Weiser, 2001).

Štampa tekstilnih materijala velikim dijelom je preseljena u zemlje sa jeftinom radnom snagom, prije svih u azijske zemlje. Glavni razlozi toga su to što tehnologija konvencionalne štampe tekstilnih materijala koja je još uvijek dominantna tehnika štampe, u cilju ekonomske isplativosti, zahtijeva visoke tiraže, a time i viša kapitalna ulaganja. Pored toga, konvencionalna štampa tekstilnih materijala spada u zagađujuće tehnologije (Gupta, 2001). Samim time, štamparima u razvijenijim zemljama preostaje da se fokusiraju na tržišne segmente i da razvijaju strategije za povećavanje konkurentne prednosti kako bi opstali na tržištu (Holme, 2004). Geografski raspored industrije štampe tekstilnih materijala prikazan je na slici 3.1. (Momin, 2008).



Slika 3.1. Štampa tekstilnih materijala po geografskim područjima (Momin, 2008)

Veletrgovci, u cilju smanjenja troškova zaliha i skladištenja, teže ka tome da naručuju minimalne zalihe uz veću frekvenciju naručivanja radi dopunjavanja potrošenih zaliha

(Holme, 2004; Ross, 2001). Većina kupaca prije potvrđivanja narudžbe želi da se upozna sa izgledom budućeg proizvoda. Izrada probnih otisaka konvencionalnim tehnikama štampe tekstilnih materijala zahtijeva i izradu štamparskih formi finalnih proizvoda, što je pak vremenski zahtijevan i skup proces i često zahtijeva više od pola vremena potrebnog za štampanje čitavog tiraža. Takođe, današnji kupac očekuje i brzi odgovor i *“just in time”* isporuku personalizovanih proizvoda.

Konvencionalne tehnike štampe, da bi bile ekonomične, zahtijevaju velike tiraže. Prosječan tiraž 1992. godine iznosio je 4200 dužnih metara, a 2006. godine 2000 dužnih metara, što je pad za više od 50% (Phillips, 2010). Smanjenjem tiraža konvencionalne tehnike štampe sve teže se nose sa mogućnošću ostvarivanja ekonomske isplativosti (Gherzi, 1997).

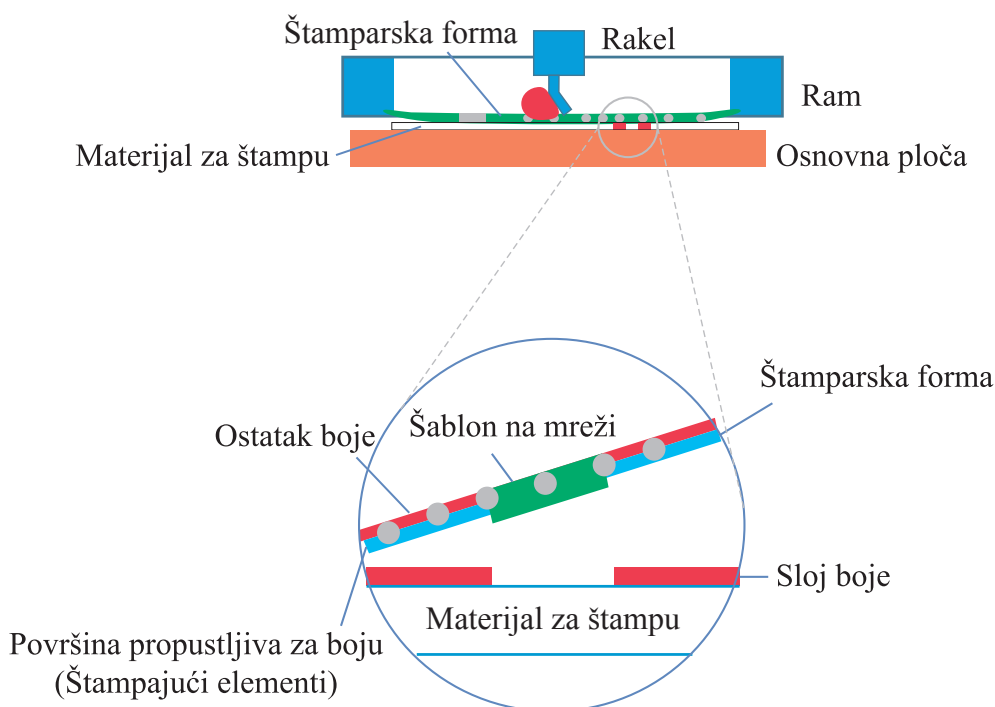
Jedan od većih problema u grafičkoj tekstilnoj industriji je i izrada probnih uzoraka. Procjene su da od pet izrađenih probnih uzoraka samo jedan ide u proizvodnju, odnosno štampu tiraža. Troškovi izrade probnih uzoraka, koji su znatni kod konvencionalnih tehnika štampe tekstilnih materijala, predstavljaju ozbiljan ograničavajući faktor koji smanjuje broj rješenja predstavljenih potencijalnim kupcima (Ross, 2001).

Pri štampi tekstilnih materijala potrebne su nove tehnologije koje omogućavaju: brži odgovor na zahtjeve tržišta, masovnu individualizaciju te mogućnost isplativog štampanja malih i srednjih tiraža. Tehnika digitalne štampe tekstilnih materijala ima potencijal da zadovolji ove zahtjeve. Takođe, bitno je naglasiti da se upotrebom ove tehnike štampe pri štampi tekstilnih materijala omogućava zaustavljanje prenosa proizvodnje iz razvijenih zemalja u zemlje sa jeftinom radnom snagom.

Proces štampanja tekstilnih materijala moguće je vršiti primjenom različitih tehnika štampe (Novaković i ostali, 2010). Pogodne tehnike pri štampi tekstilnih materijala su: sito štampa, digitalna štampa i štampa pomoću termo transfera (Novaković, Kašiković i Vladić, 2010). U današnje vrijeme najveći broj tekstilnih podloga štampa se pomoću sito tehnike štampe (Kašiković, 2012; Kašiković i ostali, 2012; Kiatkamjornwong, Putthimai i Noguchi, 2005; Onar Çatal, Özgüney i Akçakoca Kumbasar, 2012). Sito štampa predstavlja tehniku štampe u kojoj se otisak dobija tako što se boja protiskuje kroz djelomično propustljivu mrežu koja je zategnuta na ram (Slika 3.2.). Štamparska forma sastoji se od mreže ili sita i šablona koji je nanešen na mrežu. Šablon zatvara određene dijelove mreže čineći ih nepropusnim za boju, te na taj način nastaju neštampani elementi. Nepokriveni dijelovi mreže predstavljaju propusne ili štampane elemente. Pritiskom gumenog ili silikonskog rakela boja prolazi kroz propusne elemente direktno na podlogu za štampu (Novaković i Kašiković, 2013).

Prednosti sito štampe pri štampi tekstilnih materijala ogledaju se u jednostavnosti i brzini štampe (Lee i ostali, 2008; Krebs i ostali, 2008). Značajna prednost ove tehnike štampe je i to što je jedinična cijena po komadu znatno niža ukoliko se radi o štampi tiraža većeg od 20 komada (Novaković, Kašiković i Vladić, 2010). Takođe, bitna karakteristika ove štampe

je i to što štamparski sistemi koji rade na ovom principu štampe imaju nižu cijenu koštanja u odnosu na sisteme koji rade na principu drugih tehnika štampe (Lee i ostali, 2008).



Slika 3.2. Osnovni princip sito štampe (Weng i ostali, 2010)

Tehniku sito štampe karakteriše visoki nanos boje na površini otisnutog materijala. Debljina nanosa boje obično se kreće između 20 i 100 μm , što predstavlja znatno viši nanos u odnosu na ostale tehnike štampe (Weng i ostali, 2010). Na debljinu nanosa uglavnom se utiče linijaturom tkanja mreže sita i debljinom niti sita (Szentgyörgyvölgyi i Borbély, 2010; Kašiković i ostali, 2013). Ukoliko se želi dobiti bolji kvalitet reprodukcije pri procesu štampe koriste se veće gustine tkanja sita pri čemu odnos niti po centimetru treba tri do četiri puta biti veći od linijature reprodukcije na otisku (linija/centimetru) (Kašiković i ostali, 2014).

Faktori koji utiču na kvalitet sito štampe su u tijesnoj vezi jedan sa drugim (Board, 2003). Reprodukcijske vrijednosti zavisi od karakteristika mreže sita (Szentgyörgyvölgyi i Borbély, 2010), dok na reprodukciju linija i tačaka svojim karakteristikama utiču štamparska forma, boja i podloga (Ingram, 1999). Karakteristike podloge u pogledu upojnosti dosta utiču na postojanost, jačinu i uniformnost odštampane boje, ali i na kvalitet reprodukcije rasterskih tačaka i linija (Stančić i ostali, 2012). Na kvalitet štampe utiču i parametri procesa, kao što su: brzina štampe, tvrdoća rakela, pritisak rakela i rastojanje sita od podloge za štampu. Ranijim istraživanjima je utvrđeno da na kvalitet štampe presudan uticaj imaju tvrdoća rakela i brzina štampe (Pan, Tonkay i Quintero, 1998).

Tehnika sito štampe je trenutno dominantna pri štampi tekstilnih materijala sa učešćem od 80% u industriji štampe tekstilnih materijala (Phillips, 2010). Međutim, intenzivne promjene u industriji dovele su do toga da ova tehnika štampe konstantno gubi tržišno učešće.

S toga je za očekivati da će u narednom periodu, daljim razvojem i usavršavanjem visoko produktivnih ink jet mašina za štampu tekstilnih materijala, tehnika sito štampe izgubiti svoju vodeću poziciju na tržištu štampe ovih materijala.

Štampanje tekstilnih materijala pomoću termo transfera vrši se na način da se željena štampana slika prvo štampa na transfernu foliju, a zatim, dejstvom toplote, prenosi sa transferne folije na tekstilnu podlogu koja se štampa. Štampanje transfernih podloga ranije se vršilo tehnikom sito štampe, međutim, u današnje vrijeme štampanje transfernih podloga vrši se isključivo digitalnom ink jet štampom.

Proces štampe tekstilnih materijala tehnikom termo transfer štampe se može vršiti upotrebom transfernih folija namijenjenih bojama na vodenoj bazi i folija namijenjenih bojama na bazi organskih rastvarača (Majnarić, Bolanča i Golubović, 2010). Transferne folije namijenjene bojama na vodenoj bazi sastoje se od: osnovnog papirnog sloja, otpuštajućeg sloja, sloja ljepila, polietilenskog sloja, sloja za prihvatanje boje i završnog sloja koji je često oslojen drugim slojem za prihvatanje boje. Dejstvom toplote, temperature od oko 80 °C, transparentni polietilenski sloj se prihvata za tekstilnu podlogu uz fiksiranje odštampanog sloja boje (Shih i Kung, 2006; Dalvey i Nasser, 2004). Transferne folije namijenjene bojama na bazi organskih rastvarača se sastoje od dva sloja, polietilenske folije i sloja monomernog vinila, koji su međusobno povezani termostabilnim ljepilom. U toku procesa štampe sloj monomernog vinila prihvata boju. Po završavanju procesa štampe odštampana strana folije dovodi se u kontakt sa površinom tekstilnog materijala. Usled dejstva visoke temperature (od oko 130 °C) i pritiska (od oko 25 kPa) dolazi do polimerizacije monomernog vinila, usled čega nastaje mekani polivinil koji se zajedno sa odštampanom bojom veže za površinu tekstilnog materijala. Nakon hlađenja, noseća polietilenska folija se ljušti te se na taj način završava proces termo transfera (Shih i Kung, 2006; LaPorte i ostali, 2003).

Tehnika štampe pomoću termo transfera postala je popularna na tržištu sredinom 1970-ih godina te je u to vrijeme imala značajniji udio na tržištu (Momin, 2008). Najveći nedostatak ove tehnike štampe pri upotrebi kod štampe tekstilnih materijala je to što je ograničena samo na upotrebu kod 100% poliestarskih materijala. S obzirom da je u današnje vrijeme trend ka sve većem korištenju celuloznih vlakana, ova tehnika štampe ima trend pada učešća na tržištu (Holme, 2004). Procjenjuje se da štampa tekstilnih materijala pomoću termo transfera, trenutno, ima tržišno učešće od oko 5% (Phillips, 2010).

3.2. Digitalna Štampanje odjevnih predmeta

Današnja tekstilna industrija i zahtjevi kupaca se veoma brzo mijenjaju, tako da se kolekcije često mijenjaju u dva mjeseca (Özgüney, Özerdem i Özkaya, 2007). Trendovi na tržištu, kao što su: smanjenje tiraža, zahtjevi za većim kavalitetom štampe, brza izmjena poslova i kratki rokovi isporuke, jedinstvena i personalizovana štampa, doveli su do porasta

interesovanja za digitalnom štampom pri štampi tekstilnih materijala (Kanik i ostali, 2004; Mikuž, Šostar-Turk i Pogačar, 2005; Stančić i ostali, 2013). Efikasnost digitalne štampe, kao fleksibilnog načina prenosa boje u obliku željenog dizajna na podlogu, prvenstveno se ogleda u pogledu troškova i vremena izrade manjih tiraža (Novaković i ostali, 2010). U odnosu na sito štampu, digitalna štampa omogućava: bržu pripremu i štampu novih uzoraka, mogućnost štampanja velikim brojem boja, bolje vizuelne efekte, dobar kontrast, oštre linije na otisku, štampu velikih formata (Owen, 2003; Xue, Shi i Chen, 2006; Ujiie, 2006). Tehnologija digitalne štampe odjevnih predmeta podržava industrijske trendove, kao što su: integracija u digitalne radne tokove, izradu manjih tiraža, kratko vrijeme izrade narudžbe i brzu isporuku, smanjenje rizika zaliha, omogućava jedinstven dizajn i personalizovanu štampu (Onar Çatal i ostali, 2012). Pored toga, tehnika digitalne štampe omogućava lakše postizanje ujednačenog kvaliteta štampe kroz štampu čitavog tiraža, kao i ujednačenu štampu prilikom ponavljanja tiraža (Choi i ostali, 2005; Masaru i ostali, 2010). Značajno je i to da digitalna štampa u odnosu na sito štampu predstavlja čišću i ekološki prihvatljiviju tehniku štampanja (Tyler, 2005; Changa i ostali, 2009).

Digitalna štampa 2007. godine je imala učešće od oko 1% na tržištu štampe tekstilnih materijala (Phillips, 2010). U istraživanju iz 2004. godine došlo se do zaključka da ova tehnika štampe tekstilnih materijala ima godišnju stopu rasta od 1% (Byrne, 2004). S druge strane, u analizi tržišta urađenoj od strane kompanije Gherzi Research navodi se podatak da se očekuje godišnji rast digitalne štampe tekstilnih materijala od 20% (Phillips, 2010). Na osnovu toga realno je za očekivati da će do kraja ove decenije digitalna štampa tekstilnih materijala postati jedna od najznačajnijih tehnika štampe tekstilnih materijala, sa tržišnim učešćem od najmanje 10%.

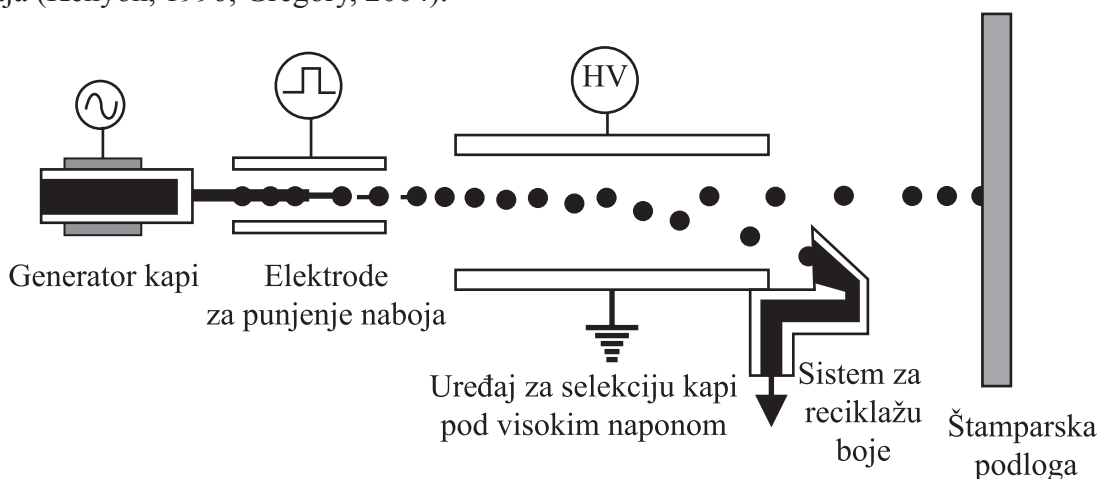
Ova tehnika štampe danas se suočava sa dva glavna ograničenja, a to su brzina štampe i ograničena dostupnost boja, u smislu troškova i učinkovitosti (Winkelbeiner, 1998; Choi i ostali, 2003; Onar Çatal, Özgüney i Akçakoca Kumbasar, 2012). S toga je i većina istraživanja u sferi digitalne štampe, danas, usmjerena ka poboljšanju brzine mašina, te razvoju novih tehnologija boja koje bi omogućile jeftiniju proizvodnju boja uz poboljšanje samih štamparskih karakteristika (povećanje opsega boja, postojanosti otisaka na spoljašnja dejstva i slično) (Phillips, 2010).

Kada se govori o digitalnoj štampi tekstilnih materijala prvenstveno se misli na *ink jet* tehniku štampe. Ova tehnika se u osnovi može podijeliti na dva osnovna principa: *Continuous ink jet* i *Drop on Demand ink jet*. Kod oba primjenjena postupka boja se izbacuje iz mlaznica, pri čemu se oslikavanje vrši direktno ili indirektno na materijal za štampu (Novaković i Kašiković, 2013). I jedan i drugi princip *ink jet* štampe ima određene prednosti kao i nedostatke pri štampi tekstilnih materijala.

Kod *Continuous ink jet* principa boja se dovodi u mlaznice iz kojih se, pod visokim pritiskom, pomoću visoko oscilirajućeg piezo-električnog elementa kontinualno izbacuje u

obliku kapi. Izbačene kapi iz mlaznica, u zavisnosti od signala štampane slike, selektivno dobijaju jedno od dva stanja napona. Prolaskom kroz električno polje kapi pod naponom se skreću ka štamparskoj podlozi na kojoj se formira štampana slika. U isto vrijeme kapi bez napona skreću se u uređaj za sakupljanje boje, te se vrši njihova recirkulacija (Le, 1998). Osnovna prednost *Continuous ink jet* principa štampe je visoka brzina štampe. Pored toga, kod ovog princip štampe, za razliku od *Thermal ink jet* tehnologije, nema zagrijavanja boje te otuda ni posebnih ograničenja pri formulisanju boja. Nedostatak ovog principa ink jet štampe je to što grafički sistemi koji rade na ovom principu zahtijevaju uređaj za selekciju kapi boje i sistem za raciklažu boje, čime ovi sistemi postaju skuplji. Nedostatak ovih sistema su i nešto složenije ink jet glave, jer svaka mlaznica posjeduju pumpu za boju (Momin, 2008). U zavisnosti od primjenjenog metoda skretanja kapi boje *Continuous ink jet* princip štampe se može podijeliti na dvije varijante postupka: *Binary-Deflecting* (binarna defleksija) i *Multi-Deflecting* (višestruka defleksija) (Novaković i Kašiković, 2013).

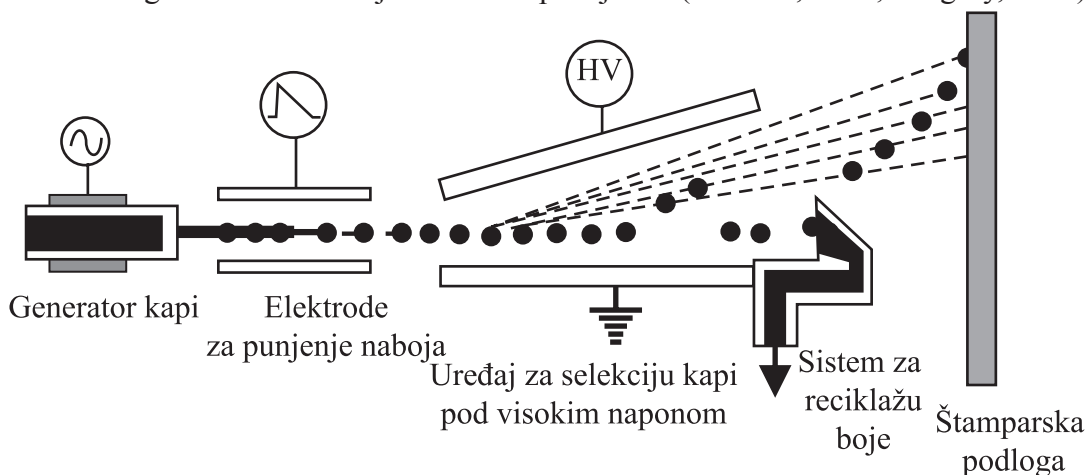
U slučaju sistema na *Binary-Deflecting* principu kapi boje mogu imati jedno od dva stanja naboja. Kapi bez naboja se prenose na štamparsku podlogu, dok se kapi sa nabojem u električnom polju skreću u sistem za reciklažu boje (Slika 3.3.). Prednost ovog postupka je to što je jednostavniji u poređenju sa *Multi-Deflecting* sistemom *Continuous ink jet* štampe, te je manje podložan pojavi začepljenja mlaznica. S druge strane, nedostatak ovog postupka je slaba prilagođenost višebojnoj štampi te niža brzina štampanja (u poređenju sa *Multi-Deflecting* sistemima). Nedostatak ovih sistema su i viši troškovi proizvodnje te održavanja uređaja (Kenyon, 1996; Gregory, 2004).



Slika 3.3. Način funkcionisanja *Continuous ink jet* tehnologije po principu *Binary-Deflecting* postupka (Bae, 2007)

Kod sistema koji rade na *Multi-Deflecting* principu kapi bez naboja skreću se u sistem za reciklažu boje. U isto vrijeme kapi pod nabojem se usmjeravaju na podlogu za štampu. Kapi pod naponom mogu imati različit nivo naboja, čime se omogućava da se kapi u električnom polju mogu usmjeriti na različita mjesta na materijalu za štampu (Slika 3.4.). Sistemi koji rade na ovom principu pogodni su za veće brzine štampe, jer omogućavaju generisanje

većeg broja kapi boje u jedinici vremena. Ovi sistemi, takođe, nisu podložni pojavi začepljenja mlaznica. *Multi-Deflecting* sistemi su posebno pogodni pri štampi tekstilnih materijala, i drugih visoko upojnih podloga, jer su generisane kapi boje nešto veće u odnosu na kapi dobijene drugim ink jet principima štampe, čime se omogućava veći nanos boje u jedinici vremena. Nedostaci ovog postupka ink jet štampe su ti što: posjeduju kompleksan uređaj za selekciju kapi boje, zahtijevaju sistem za reciklažu boje i imaju nešto veće kapi boje, što često dovodi do gubitka finih detalja na odštampanoj slici (Dawson, 2004; Gregory, 2004).

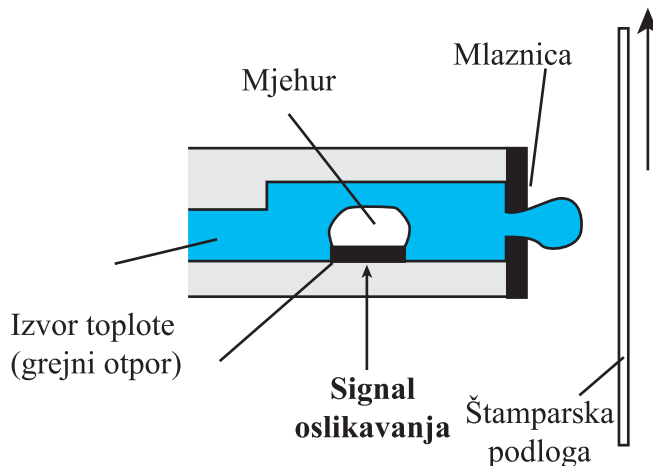


Slika 3.4. Način funkcionisanja Continuous ink jet tehnologije po principu *Multi-Deflecting* postupka (Bae, 2007)

Drop on Demand ink jet postupak štampe karakteriše se po tome što se kapi boje generišu samo kada to zahtijeva štampana slika, odnosno kada je potrebna informacija za štampu. Na taj način je kod sistema koji rade pomoću ovog principa izbjegnuta potreba za uređajima za selekciju kapi boje i sistemima za reciklažu boje. Većina istraživanja u oblasti ink jet štampe danas je usmjerena upravo razvoju sistema koji rade na ovom principu štampe. *Drop on Demand* tehnologija se može podijeliti na četiri metoda: termalni, piezoelektrični, elektrostatički i akustički. Prva dva metoda predstavljaju tehnologije koje su tržišno usvojene, dok su druga dva metoda još uvijek u fazi razvoja (Yang, 2003).

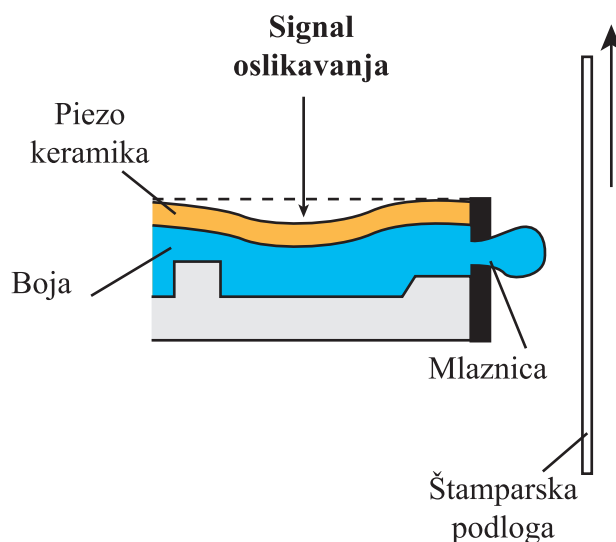
Sistemi koji rade na principu termalnog ink jet postupka posjeduju otpornik čije zagrijavanje se upravlja preko računara. Zagrijavanjem otpornika (pri temperaturi od 300 do 400 °C) dolazi do nastanka mjehura isparene boje. Širenjem mjehura pare dolazi do istiskivanja boje iz mlaznice (Slika 3.5.). Formiranje mjehura pare i istiskivanje boje traje manje od 10 mikro sekundi, dok ponovno punjenje mlaznice bojom između 80 i 200 mikro sekundi. Zapremina boje koja se istisne u jednoj kapi je obično u rasponu od 20 do 30 piko litara što znači da jedna termalna ink jet mlaznica oslobodi približno 0,1 ml boje u minuti. Prednost termalnog ink jet postupka prije svega se ogleda u niskoj cijeni izrade mlaznica i štamparskih glava. S druge strane, najveći nedostatak ovih sistema je pojava začepljenja ink jet mlaznica. Pojava začepljenja ink jet mlaznica, često, je posljedica naglih temperaturnih promjena usled kojih dolazi do razlaganja komponenti boje i njihovog taloženja na otporniku. Temperaturne

promjene mogu dovesti i do nekonzistentnosti boje što, pak, dovodi do smanjenja kvaliteta štampe (Le, 1998; Bae, 2007).



Slika 3.5. Način funkcionisanja termalne Drop on Demand tehnologije (Novaković i Kašiković, 2013)

Najčešće korišten princip ink jet štampe pri štampi tekstilnih materijala je piezoelektrični ink jet postupak (Bae, 2007). Kod sistema baziranih na piezoelektričnom ink jet principu računarom kreirani električni signal izaziva promjene u piezoelektričnom kristalu od kojeg je izgrađena komora za boju. Ove deformacije dovode do promjene zapremine komore za boju, što dovodi do izbacivanja boje iz mlaznice. Po prestanku električnog signala piezoelektrični signal se vraća u početni položaj, te se vrši ponovno punjenje mlaznice bojom (Slika 3.6.) (Tincher, 2003). Ciklus pražnjenja i punjenja mlaznica bojom nešto je kraći u odnosu na ciklus kod termalnog ink jet postupka (Provost, 1995).



Slika 3.6. Način funkcionisanja piezoelektrične Drop on Demand tehnologije (Novaković i Kašiković, 2013)

Piezoelektrične ink jet glave za štampanje imaju oko 100 puta duži vijek trajanja u odnosu na glave za štampanje kod termalnog ink jet principa. Zapremina kapi boje kod pie-

zoelektričnog ink jet postupka je manja (oko 15 piko litara), čime se omogućava postizanje veće rezolucije pri štampi. Bitna prednost ovog postupka je i mogućnost korištenja širokog spektra različitih boja, uključujući: boje na vodenoj bazi, boje na bazi rastvarača, UV boje, pigmentne boje, pa čak i pigmentne boje koje sadrže sredstva za vezivanje sa podlogom (Le, 1998; Bea, 2007).

3.3. Boje za štampu

Sito štamparske boje treba da imaju mogućnost dobrog vezivanja za različite podloge. Iz tog razloga, danas, postoji veliki broj različitih boja namijenjenih tehnici sito štampe. Uopšteno, sito štamparske boje se sastoje od: pigmenata, rastvarača, vezivnog sredstva i sredstva za punjenje. Sušenje ovih boja vrši se isparavanjem rastvarača ili procesima oksidacije i polimerizacije (Eldred, 2001).

U slučaju štampanja tekstilnih materijala sito štamparske boje trebaju imati mogućnost vezivanja sa različitim prirodnim i sintetičkim vlaknima. Pri tome, boje moraju posjedovati i dobru otpornost ka pranju i hemijskom čišćenju. Aplicirana boja, takođe, treba da je postojana prema izbjeljivanju, te ne bi trebalo da utiče na mehaničke karakteristike štampane tkanine, tj. na opip i teksturu. Štampanje tekstilnih materijala tehnikom sito štampe vrši se upotrebom ili emulzionih sito štamparskih boja ili plastizol boja.

Emulzione boje omogućavaju štampanje različitih tekstilnih vlakana. Suše se isparavanjem na sobnoj temperaturi, ali da bi se obezbijedila postojanost ka pranju potrebno ih je fiksirati pri temperaturi od oko 160 °C u periodu od 2-3 minuta. Zasnivaju se na vodenoj disperziji akrilnih kopolimera, i obično se sastoje od: vode (10%), emulgatora (1%), sredstva za punjenje (4%), bijelog špirita- tečni destilat nafte koji služi kao rastvarač (62%), katalizatora rastvora (3%), sredstava za vezivanje sa podlogom (15%) i pigmentne disperzije (5%). Visok sadržaj rastvarača u boji olakšava proces štampanja te sprečava nastanak debelog sloja odštampane boje, čime se sprečava da proces štampe utiče na opip odštampanog tekstilnog materijala. Na osnovu prethodno navedene recepture moguće je dobiti i emulzione boje u potpunosti na vodenoj bazi, zamjenom bijelog špirita vodom. U tom slučaju dobijaju se tamnije boje, čijom aplikacijom na tekstilnom materijalu dolazi do promjene karakteristika opipa. Kao sredstva za vezivanje sa podlogom u ovim bojama najčešće se koriste akrilni kopolimeri, koji polimerizuju pod dejstvom toplote i katalizatora. Katalizatori su najčešće amonijumove soli neorganskih kiselina, npr. diamonium fosfat ili amonijum tiocijanat. Obojenje ovih boja postiže se dodavanjem prethodno dispergovane pigmentne paste. Kao pigmentne paste obično se koriste disperzije organskih pigmenata specijalno formulisane za štampu na tekstilnim materijalima, koje omogućavaju dobru postojanost pri pranju, te dejstvima svjetlosti i toplote (Leach i Pierce, 2007).

Drugi tip sito štamparskih boja namijenjenih štampi na tekstilnim materijalima su plastizol boje. Ovo su boje koje u potpunosti ne sadrže isparljive supstance ili rastvarače. Sastoje se od vinilnih smola dispergovanih u ftalatnom plasticizeru (omekšivaču). Kao vinilna smola obično se koristi PVC puder, a kao tečni plasticizeri uglavnom dialkil ftalat ili di-izooktil ftalat. Ove boje sadrže i tečni barium/kadmium/cink kombinovan sa epoksi plasticizerima čija je uloga da spriječe degradaciju PVC pudera, do koje može doći dejstvom toplote ili svjetlosti (Eldred, 2001; Leach i Pierce, 2007). Odštampane plastizol boje podvrgavaju se procesu fiksiranja na temperaturi od 170 °C. U toku fiksiranja vinilne smole upijaju plasticizer, te na taj način dolazi do njihovog spajanja i stvaranja čvrstog sloja boje. Plastizol boje prodiru u tekstini materijal i nakon sušenja stvaraju odličnu vezu sa tkaninom što ovakav proizvod čini veoma otpornim prilikom višestrukog pranja i sušenja. Karakteriše ih veoma dobra pokrivenost kao i odlično ponašanje prilikom štampanja (Novaković, Pavlović i Kašiković, 2011).

Ink jet boje namijenjene štampi tekstilnih materijala razlikuju se od ink jet boja namijenjenih štampi papirnih podloga. Pri štampi tekstilnih materijala od odštampane boje se očekuje da ima dobru otpornost ka pranju, trenju, toplotnom dejstvu (procesu peglanja) i svjetlosti. Odštampana boja, takođe, ne bi trebalo da utiče na prirodni opip odštampanih tekstilnih materijala, odnosno kožno-senzorsku udobnost odjevnih predmeta izrađenih od tih materijala.

U cilju stabilnog formiranja kapi boje, nesmetanog procesa štampe i visokog kvaliteta odštampane slike od boja namijenjenih digitalnoj ink jet štampi tekstilnih materijala zahtijevaju se posebno prilagođene karakteristike viskoznosti, elektro provodljivosti, površinskog napona, fizičko-hemijske stabilnosti, pH vrijednosti, uz određeni sadržaj sredstava protiv pojave pjene (Gupta, 2001). Varijacije fizičkih osobina, kao što su promjena viskoznosti i površinskog napona, izazivaju promjene veličine generisanih kapi boje te promjene brzine kapi pri napuštanju mlaznica. Ove nedoslednosti rezultuju smanjenjem kvaliteta štampe. Pad kvaliteta štampe, prvenstveno, se ogleda u pojavi otisaka sa izraženom površinskom šarom ili makro neuniformnošću, do koje dolazi usled nejednakog nanosa boje. S druge strane, promjene fizičkih karakteristika boje, često, su praćene i pojavom satelitskih kapi na otisku, čime se smanjuje oštrina štampe, što, takođe, negativno utiče na kvalitet odštampane slike (Li, 2003). Eksperimentalno je utvrđeno da bi viskoznost ink jet boja namijenjenih štampi tekstilnih materijala trebalo da se kreće u opsegu od 20 do 30 mPa·s, a površinski napon u opsegu od $25 \cdot 10^{-5}$ do $60 \cdot 10^{-5}$ N/cm (Daplyn i Lin, 2003).

Ink jet boje za štampu tekstilnih materijala, u zavisnosti od vrste baze, se mogu podijeliti na: boje na vodenoj bazi, na bazi ulja, na bazi rastvarača, fazno promjenljive boje (tečno-čvrste, tečno-gel boje) i UV boje. Najčešće korištene ink jet boje su boje na vodenoj bazi. Ove boje se uglavnom sastoje od: demineralizovane vode (60-90%), u vodi rastvorljivog rastvarača (5-30%), bojila ili pigmenta (1-10%), površinski aktivnih materija (0,1-10%),

biocida (0,05-1%), pufera (0,1-0,5%) i ostalih aditiva- sredstva za vezanje sa podlogom, antipjenušavci i sl. (>1%) (Le, 1998). Voda kao baza u ink jet bojama široku upotrebu, prije svega, duguje povoljnim vrijednostima viskoznosti i svom jonskom karakteru. Velikom korištenju boja na vodenoj bazi doprinijelo je i to što su ove boje manje štetne po životnu sredinu u odnosu na ostale, a značajno je i to što je proizvodnja ovih boja jeftinija u odnosu na proizvodnju ostalih boja, a time je i cijena koštanja manja.

U zavisnosti od upotrijebljenog tipa obojenja, boje za ink jet štampu tekstila grubo se mogu podijeliti na boje na bazi bojila i pigmentne boje (Ujiie, 2006). Boje na bazi bojila su obično na bazi vode i u zavisnosti od vrste i tipa bojila moguće ih je podijeliti na: reaktivne, disperzne, kisele, direktne i na bazi rastvarača (Le, 1998). Pri tome, najčešće korištene boje su reaktivne i kisele. Boje na bazi bojila su prve boje koje su razvijene za potrebu ink jet štampe tekstilnih materijala. Razlog za to je, vjerovatno, bilo postojanje i laka dostupnost opreme za prečišćavanje i filtriranje (Aston, Masselink i Provost, 1993).

Boje na bazi bojila omogućavaju visok kvalitet odštampane boje, odnosno reprodukciju širokog opsega boja. Bez obzira na to ove boje imaju ozbiljne nedostatke. Prije svega, zavisne su od podloge koja se štampa i zahtijevaju različite setove boja pri štampi različitih tekstilnih vlakana. Zavisnost od podloge zahtijeva čestu promjenu boje, uz pranje kompletnog sistema za boju na korištenom ink jet sistemu, što dovodi do skupog zastoja mašine (Momin, Padhye i Khatri, 2011). Takođe, upotrebom ovih boja nije moguće štampati materijale dobijene od mješavine različitih vlakana. Upotreba boja na bazi bojila zahtijeva i skupe pred- i post-tretmane, kao što su sušenje i pranje, radi fiksiranja odštampane boje. Ovi procesi mogu dodatno negativno uticati na životnu sredinu, te često iziskuju dodatna novčana sredstva u cilju sprečavanja onečišćenja (Ujiie, 2006). Dodatno, ove boje nisu vodootporne i podložne su dejstvu UV svjetlosti, što vremenom dovodi do promjene tona odštampane boje. Takođe, pri upotrebi ovih boja pažnju treba posvetiti i konstrukciji materijala. Prilikom štampe tekstilnih materijala sa povećanom gustinom tkanja/pletanja boja ne može da proдре u unutrašnjost materijala što dovodi do stvaranja zrna boje na površini, čime se smanjuje otpornost ka trenju odštampane slike. U slučaju štampe materijala sa smanjenom gustinom dolazi do povišene apsorpcije boje i do pojave prevelikog porasta tonskih vrijednosti odštampane slike, čime se mijenja ton odštampane boje, odnosno narušava kvalitet štampane reprodukcije (Gupta, 2001).

Pigmentne ink jet boje predstavljaju boje novije generacije (Hauser i Buehler, 1998). Sastoje se od rastvarača, što je najčešće voda, obojenja u obliku čvrstih supstanci, sredstava za vezivanje sa podlogom i određenih aditiva. U procesu fiksiranja odštampane boje dolazi do isparavanja vode i vezivanja čvrstih pigmenata sa tekstilnim materijalom. Samo vezivanje pigmenata vrši se preko sredstava za vezivanje. Kao sredstva za vezivanje koriste se specijalno razvijeni polimeri, najčešće na bazi vinila ili akrila, koji se prilikom procesa fiksi-

ranja spajaju sa tekstilnim materijalom “zarobljavajući” čestice pigmenata te ih na taj način vežu za površinu tekstilnih vlakana.

Pigmenti koji se koriste pri formulaciji ink jet boja za štampu tekstilnih materijala ne razlikuju se od pigmenata korištenih u komercijalnim bojama namijenjenih štampi papira. Najčešće korišteni pigmenti u bojama na vodenoj bazi i na bazi rastvarača su: *pigment red* 122 (dimetil hinakridon), *pigment yellow* 74 (monoazo), *pigment blue* 15 (bakar ftalocijanin) i *pigment black* 1 (anilin crna) (Momin, 2008).

Pored vrste pigmenata, kvalitet pigmentnih ink jet boja uveliko zavisi i od veličine pigmenata, stabilnosti disperzije te karakteristika sredstva za vezivanje sa podlogom (Ujiie, 2006). Veličina čestica pigmenata, u cilju sprečavanja začepjenja mlaznica, trebalo bi da bude ispod 1 μm . Razvoj nano tehnologije je omogućio uspješnu izradu pigmentnih boja sa nano pigmentima (Mendel, Bugner i Bermel, 1999). Upotrebom čestica pigmenata od 500 nm ili manjih se omogućava stabilnost disperzija, poboljšava optička gustina odštampanih boja, proširuje reprodukovani opseg boja i sjaj (Bermel i Bugner, 1999). Ipak, preveliko smanjivanje veličine pigmenata (ispod 200 nm) se negativno odražava na postojanost ka svjetlosti, te uopšteno ka otpornosti ka spoljnim dejstvima (Zollinger, 2003).

Pri izradi boja, čestice pigmenata su dispergovane u vodi ili drugom korištenom rastvaraču. Da bi se spriječila pojava rasta kristala pigmenata, a time i začepljenje mlaznica, pri izradi boja potrebno je koristiti različita sredstva za dispergovanje kao i površinski aktivne materije. U novije vrijeme sve više je primjetan trend upotrebe procesa mikro enkapsulacije te površinske modifikacije čestica pigmenata (Momin, 2008).

Pored pigmenata, koji pružaju sliku, ključni sastojci pigmentnih boja su i sredstva za vezivanje sa podlogom. Spajanje polimernih sredstva za vezivanje sa ostalim komponentama ink jet boje predstavlja dosta zahtijevan proces. Posebno je težak pri izradi ink jet boja za štampu na tekstilnim materijalima, kod kojih se očekuje i visok sadržaj sredstava za vezivanje, ali i niska temperatura staklenog prelaza, radi obezbjeđenja dobrih svojstava opipa. Uslovi koji se postavljaju pred pigmentne boje donose određene zahtjeve i sredstvima za vezivanje. Naime, sredstva za vezivanje treba da ostanu meka sa niskom temperaturom staklenog prelaza kako bi se spriječilo začepljenje mlaznica. Pigmentna boja treba imati nisku vrijednost viskoznosti kako bi se omogućilo formiranje kapi boje uz neometano odvijanje procesa štampe, ali u isto vrijeme neophodna je dovoljna količina sredstava za vezivanje kako bi se dobila odgovarajuća postojanost prema spoljašnjim dejstvima, prije svih prema procesu pranja. Sredstva za vezivanje tokom životnog vijeka boje (1 do 2 godine) trebaju posjedovati stabilnost prema sedimentaciji, homo- i hetero-koagulaciji te faznoj separaciji (Ujiie, 2006). Kao sredstva za vezivanje sa podlogom uglavnom se koriste polimerni materijali, dobijeni od neobnovljivih petrohemijskih sirovina. Međutim, u zadnje vrijeme prisutan je trend korištenja i biopolimera iz obnovljivih sirovina.

U odnosu na boje na bazi bojila, pigmentne boje omogućavaju manju gustinu boje, manje zasićene boje, te mogućnost reprodukcije manjeg opsega boja (Ujiie, 2006). Međutim, i pored ovih par nedostataka pigmentne boje imaju značajne prednosti nad bojama na bazi bojila. Osnovna prednost ovih boja je to što su nezavisne od vrste štamparske podloge i mogu se primjenjivati pri štampi svih tekstilnih podloga, uključujući i mješavine (Momin, Padhye i Khatri, 2011). Druge značajne prednosti ovih boja su te što se odlikuju jednostavnošću primjene, te omogućavaju bolju produktivnost, što smanjuje i cijenu izrade. Bitna karakteristika ovih boja je i to što se fiksiranje odštampane boje, za razliku od boja na bazi bojila koje za tu svrhu zahtijevaju komplikovane pre- i post-tretmane, koristi samo jednostavan proces izlaganja odštampanog materijala visokoj temperaturi u periodu od 2-3 minuta. Na ovaj način, pigmentne boje omogućavaju i manju emisiju štetnih materija (Hees i ostali, 2002). Dalje, ove boje, u odnosu na boje na bazi bojila, imaju mnogo veću otpornost prema UV svjetlosti, te su mnogo postojanije na pojavu blijedenja boje (Gupta, 2001). Na osnovu svih ovih prednosti, očekuje se da će pigmentne boje, pri ink jet štampi tekstilnih materijala, u vrlo skoroj budućnosti imati učešće od preko 50% (Ujiie, 2006).

Štampa tekstilnih materijala metodom termo transfera, u današnje vrijeme, vrši se štampanjem transfernih folija digitalnom ink jet tehnikom štampe upotrebom pigmentnih boja na vodenoj bazi ili upotrebom boja baziranih na bojilima sa organskim rastvaračima (Majnarić i ostali, 2010). Prilikom štampe transfernih folija namijenjenih bojama na vodenoj bazi koriste se boje koje se sastoje od: demineralizovane vode (51%), odgovarajućeg pigmenta (1-5%), polietilen glikola (14%), dietilen glikola (12%), n-metil pirolidona (15%), polivinil alkohola (3%), trietanol amina (1%), biocida (0,1%) i pufera (0,3%) (Williams, 2001). Štampanje transfernih folija namijenjenih bojama na bazi organskih rastvarača vrši se pomoću ink jet boja sa bojilima baziranim na organskim rastvaračima, koje se obično sastoje od: dietilenglikoldietil estera (55-66 %), gamabutirolaktona (10-20 %), tetraetilenglikol dimetil etera (10-20 %), tetraetilenglikol monobutil etera (10-20 %), aditiva (1-5 %) i sintetičkih polimera (1-5 %) (Oyamada, Ishiko i Terao, 2003).

3.4. Odjevni materijali

Najčešće korišteni materijali pri izradi odjevnih predmeta su: pamuk, poliestar i mješavina ova dva materijala. Od ukupnog broja odštampanih tekstilnih materijala 35% pripada štampi pamučnih podloga, 25% štampi poliestarskih podloga, a 16% štampi mješavina pamuka i poliestera (Momin, 2008; Simensmeyer i ostali, 1999).

Pamuk je najznačajnije tekstilno vlakno, koje se koristi više od 7000 godina (Khatri, 2010; Grujić, 2010). I pored razvoja različitih vještačkih vlakana, pamuku pripada više od 50% učešća na svjetskom tržištu materijala namijenjenih izradi odjevnih predmeta (Gordon i Hsieh, 2007). Veliko učešće na tržištu odjevnih materijala pamuku pripada zahvaljujući od-

ličnim svojstvima, kao što su: prozračnost, mogućnost provođenja vlage i toplote, mekoća, niska alergena svojstva i anti-statička svojstva. Pored toga, pamuk je jeftin, ima dobra mehanička svojstva, ne zahtijeva posebnu njegu, dobro se pere i dugo traje (Lam, Kan i Yuen, 2011). Odjevni predmeti izrađeni od pamučnih vlakana imaju prijatan opip, dobru toplotnu provodljivost i ugodni su za nošenje, posebno u ljetnim uslovima (Petrova, Volkova i Zakharov, 2003). Zahvaljujući svim ovim osobinama očekuje se da će upotreba pamuka pri izradi odjevnih predmeta u narednim godinama biti sve veća (Brandon, 2010).

Vlakna pamuka sačinjena su od polimera celuloze, najviše od α -celuloze (Gordon i Hsieh, 2007). Osnovna gradivna jedinica u celulozi od koje je izrađen pamuk je celobioza, čiji je stepen polimerizacije baziran na oko 5000 jedinica celobioze. Vlakna pamuka zahvaljujući hidroksilnim grupama celuloze imaju hidrofilan karakter i dobro apsorbiraju vodu. Apsorpcijom vode pamučna vlakna bubre, usled bubrenja sekundarnog zida, i jedna su od rijetkih vlakana čija čvrstoća se povećava apsorpcijom vlage (Gohl i Vilensky, 1983).

Iako pamučna vlakna dobro provode toplotu, pretjeranim izlaganjem prevelikoj toploti dolazi do njihovog ugljelenisanja i spaljivanja (Gohl i Vilensky, 1983). Zagrijavanje vlakana izaziva dehidraciju i raspadanje celuloze od koje su vlakna sačinjena (Gordon i Hsieh, 2007). Pri temperaturama iznad 150 °C javlja se tamnjenje i očvršćavanje vlakana (Broadbent, 2001). U slučaju da procesi obrade pamuka, kao što je npr. fiksiranje odštampane boje, zahtijevaju dejstvo visoke temperature treba voditi računa o tome da porast temperature dejstva mora biti praćen i smanjenjem trajanja dejstva.

Poliestarska vlakna imaju vodeće mjesto među sintetičkim tekstilnim vlaknima zahvaljujući dobrim fizikalnim, mehaničkim i tekstilnim svojstvima, kao i zbog ekonomičnog postupka dobijanja ovih vlakana. Njihova primjena je vrlo rasprostranjena u različitim tekstilnim proizvodima, bilo kao čista PES vlakna ili u mješavini sa drugim vlaknima (Grujić, 2010).

Poliestar se najčešće dobija kondenzacijom etilen glikola (1,2-etandiol) i tereftalne kiseline (1,4-benzendicarboksilne kiseline). Ovako dobijen poliestar naziva se polietilentereftalat (PET) i danas se u tekstilnoj industriji pod poliestrom podrazumijevaju PET vlakna (Ziabicki, 1976). Poliestarska vlakna se dobijaju topljenjem i ekstrudiranjem u debelu traku, koja se hladi i usitnjava. Usitnjena traka se ponovo topi uz dodatak azota i prede u fina vlakna. Proes predenja se odvija pri temperaturi od 70 °C, pri čemu se PES vlakna izvlače u 4-5 prvobitnih dužina (Broadbent, 2001).

Poliestarska vlakna imaju sposobnost apsorpcije vlage od svega 0,4%. Izrazito hidrofoban karakter omogućava lako pranje proizvoda izrađenih od ovog materijala uz brzo sušenje. Negativna strana hidrofobnog karaktera je to što otežava proces bojenja i izaziva pojavu elektrostatičkog elektriciteta u procesu predenja. Pojava elektrostatičkog elektriciteta smanjuje se impregnacijom vlakana sa antistatičkim sredstvima (Škundrić i ostali, 2008).

Poliestar kao tekstilni materijal se odlikuje dobrom dimenzionom stabilnošću i sposobnošću zadržavanja oblika, čak i u mokrom stanju, što je bitno pri izradi odjevnih predmeta. Dobra strana poliestarskih vlakana je i to što su teško zapaljiva, imaju veliku čvrstoću, te veliku otpornost prema: trenju, visokoj temperaturi, kiselinama, svjetlosti i atmosferilijama. Nedostaci poliembra pri izradi odjevnih predmeta, uz prethodno naveden hidrofoban karakter i sklonost ka pojavi elektrostatičkog elektricitet, su i: loša otpornost prema alkalijama, opip i sklonost ka pojavi pilinga (Dovečar i ostali, 1987). Poliestarska vlakna su u suvom stanju otporna protiv dužeg dejstva temperature od 150 °C, što je bitna osobina pri štampi poliestarskih materijala, jer se time olakšava postupak fiksiranja odštampane boje.

Pri izradi odjevnih predmeta često se koriste mješavine poliembra i drugih materijala. U novonastalim materijalima dobra svojstva poliestarskih vlakana racionalno se iskorištavaju, dok se negativne osobine ovih vlakana popravljaju ili u potpunosti iskorjenjuju dodatkom drugih vlakana. Najčešće korištena mješavina poliembra je mješavina sa pamukom.

Tekstilni materijali namijenjeni izradi odjevnih predmeta koriste se u obliku pletenina i tkanina. Na tržištu štampe tekstilnih materijala dominantne su tkanine sa učešćem od 83%, ali u zadnjih 10-ak godina primjetno je i sve veće učešće pletenina (Momin,2008).

Pletenine su tekstilni materijali koji su izrađeni od jednog ili više sistema niti, koje prolaze horizontalno u redovima (pletivo po potki) ili vertikalno po kolonama (pletivo po osnovi). Ove niti se oblikuju u petlje, koje se međusobno povezuju i prepliću. Nit koja stvara petlju u prinudnoj je vezi sa susjednim petljama, te stoga petlje zadržavaju dati oblik i veličinu. Petlja povezana sa susjednom niti predstavlja očicu, koja se karakteriše sa četiri vezna mjesta- dva gornja i dva donja. Sklop očica koje stvaraju horizontalni red po širini pletiva se naziva red očica, a sklop očica koje su vezane međusobno vertikalno, tj. po dužini pletiva nazivaju se niz očica. Pletivo proizvedeno od horizontalnih redova očica predstavlja kulirno pletivo ili pletivo po potki. Karakteristika ovog pletiva je da se može parati red po red (Dovečar i ostali, 1987). Jedno od najznačajnijih kulirnih pletiva je pletivo sa desno-lijevim prepletajem. Ovo pletivo se koristi pri izradi majica, džempera, košulja, bluza, haljina i donjeg rublja. Karakteriše se mogućnošću rastezanja kako u poprečnom tako i u uzdužnom pravcu. Negativna strana ovog pletiva je uvijanje lica prema naličju u smjeru petlji, kao i to što je podložno paranju u oba smjera pletenja.

Tekstilni materijali u obliku pletenina pružaju odličnu udobnost i imaju široku rasprostranjenost pri izradi različitih odjevnih predmeta. Pored udobnosti, rastegljiva struktura pletenina omogućava osjećaj lagane topline, sprečava stvaranje nabora, te omogućava jednostavno održavanje (Ogulata i Mavruz, 2010). Pletenine imaju znatno otvoreniju strukturu od tkanina, što se odražava na fizičke osobine, kao što su: zapreminska gustina, sposobnost apsorpcije vlage, prenos čestica i toplotna provodljivost (Dias i Delkumburewatte, 2008). Dodatno, pletenine se odlikuju i mogućnošću rastezanja, mogućnošću prilagođavanja obliku tijela, velikom vazdušnom propustljivošću, te prijatnim opipom (Benltoufa i ostali, 2007).

Tkanine spadaju u grupu tekstilnih materijala koji nemaju stohastičku strukturu. Međutim, oblik strukture im se ponavlja sa svakim elementom tkanine. Zbog toga se tkanine često koriste kao djelotvorna prepreka koja omogućava kontrolisan protok, penetraciju i propuštanje tečnosti, toplote, svjetlosti, jonskog i elektromagnetnog zračenja, te čestica od mikro do makro veličina (Szosland, 2003). Tkanine predstavljaju tekstilne strukture dobijene spajanjem dva sistema niti preplitanjem pod pravim uglom. Elementi od kojih nastaju su niti, koje se, prema položaju kod tkanja i funkciji u tkanini, dijele na osnovu i potku. Uzdužni sistem niti je osnova, a poprečni potka. Konzistencija i izgled tkanina u velikoj mjeri zavise od vrste i načina prepletanja niti (Dovečar i ostali, 1987). Najčešće korištene vrste tkanja, tj. prepletanja niti, pri izradi tkanina su: platno, krep i pike. Platno je tkanina dobijena najjednostavnijim preplitanjem niti uzduž i poprijeko. Ranije se proizvodilo od lana i kono-plje dok se danas proizvodi, uglavnom, od pamuka i sintetičkih vlakana. Platno je dugo bila jedina dostupna tkanina od koje se izrađivala odjeća i donje rublje. Međutim, danas se koristi za proizvodnju košulja i hlača. Takođe, koristi se i pri izradi proizvoda za koje je potrebna čvrstoća kao što su: posteljine, šatori, jedra, nadstrešnice, ruksaci, torbe i slični proizvodi.

3.5. Fiziologija Odjevnih predmeta

Fiziologija odjeće kao interdisciplinarna naučna disciplina razvila se u poslednjih nekoliko decenija. Zasniva se na saznanjima fiziologije, medicine, psihologije, fizike, hemije, te odjevne tehnologije. Osnovna područja ispitivanja fiziologije odjeće su (Umbach, 1983):

- istraživanja interakcije između tijela, odjavnog sistema i okoline,
- istraživanja uticaja tekstilnih i konstrukcijskih parametara odjevnih predmeta na prenos toplote i vlage s površine kože u okolinu,
- istraživanja zahtjeva za optimalno projektovanje odjeće za određenu namjenu i
- istraživanja uticaja odjeće na čovjekov organizam s mogućnošću povećanja udobnosti, zdravlja i higijene korisnika.

Fiziološki parametri ljudskog tijela koji izražavaju čovjekovu udobnost su: prosječna temperatura kože, stepen vlažnosti kože, količina izlučenog znoja, količina apsorbovanog znoja od strane odjeće i broj otkucaja srca (Das i Alagirusamy, 2010). Toplotni efekti u velikoj mjeri doprinose udobnosti pojedinca, pri čemu složeni fiziološki i psihološki faktori zajedno sa odjećom imaju važnu ulogu pri definisanju složenog fenomena udobnosti (Andreen, Gibson i Wetmore, 1953). Fizička udobnost u mnogome zavisi od taktilnih i toplotnih osjećaja koji proizilaze iz kontakta kože i neposredne okoline (Slater, 1986). Pri tome, udobnost se može definisati kao prijatno stanje fiziološke, psihološke i fizičke harmonije između čovjeka i okoline (Li, 1998). Takođe, udobnost se može definisati i kao holistički koncept, koji je stanje višestruke integracije fizičkih, fizioloških i psiholoških faktora (Wong i ostali, 2003).

Ljudsko tijelo konstantno proizvodi toplotu kroz metaboličke procese. Količina proizvedene toplote sastoji se od bazalne toplote, koja je nezavisna od fizičke aktivnosti, i količine toplote koja se proizvede pri fizičkoj aktivnosti, a koja se proporcionalno povećava sa povećavanjem intenziteta aktivnosti (Umbach, 1978; Gisolfi i Wenger, 1984). Ljudsko tijelo ima razvijen toplotno regulacijski sistem koji omogućava održavanje temperature unutrašnjosti tijela na oko 37 °C, pri čemu se, u cilju održavanja toplotne ravnoteže, vrši balansiranje proizvedene i izgubljene toplote (Das i Alagirusamy, 2010).

U slučaju povišene tjelesne temperature vene u koži se šire, što dovodi do povećanja krvnog protoka i frekvencije srca (vazodilatacija), čime se povećava gubitak toplote. Ako se i pored toga temperatura tijela nastavi povećavati dolazi do aktivacije znojnog mehanizma, kako bi se povećao gubitak toplote isparavanjem znoja. U suprotnom slučaju, tj. kada je temperatura tijela preniska, dolazi do sakupljanja vena u koži, smanjenja protoka krvi i frekvencije srca (vazokonstrikcija), te povećanja metabolizma stimulacijom mišića, usled čega dolazi do pojave drhtanja (Li i ostali, 2006).

Razmjena toplote između ljudskog tijela i okoline se vrši u dva koraka. U prvom koraku krv, koja u unutrašnjosti tijela ima funkciju i rashladne tečnosti, organizmu oduzima višak proizvedene toplote i protokom krvi konvektivno ga vodi do površine kože, koja je po pravilu hladnija od krvi. Drugi korak predstavlja oslobađanje toplote s površine tijela u okolinu, kroz odjevni sistem putem kondukcije, konvekcije, radijacije i isparavanja (Grujić, 2010).

Procesi razmjene toplote kod obučenog i neobučenog čovjeka su kvalitativno jednaki, dok kvantitativno zavise od termodinamičkih svojstava odjeće, koja predstavlja razdvajajuću površinu između tijela i okoline (Mechells, 1991; Grujić, 2010). Čovjek bez odjeće može živjeti u jako kratkom opsegu temperatura okoline od 26 do 30 °C. Sa odjećom je, pak, moguće udobno živjeti i obavljati različite fizičke aktivnosti u širokom opsegu temperatura okoline, od -40 do +40 °C (Fanger, 1986). Prema tome, odjeća pruža toplotnu zaštitu tijelu stvarajući ugodnu mikroklimu između tijela i odjavnog sistema, omogućavajući nesmetano odvijanje fizioloških funkcija pri temperaturama okoline sa kojima se ljudsko tijelo samo ne može nositi (Das i Alagirusamy, 2010).

Oko 90% površine ljudskog tijela je pokriveno odjećom, koja se praktično nosi 24 časa na dan, pri radu, odmoru i noću u postelji. Na osnovu toga se vidi da su toplotna svojstva odjeće veoma bitna, jer ljudsko tijelo na toplotne uslove okoline reaguje, upravo, preko odjeće (Mechells, 1991).

Razmjena toplote između ljudskog tijela i okoline zavisi prvenstveno od toplotnih svojstava odjeće i proizvodnje toplote u tijelu sa jedne strane, a sa druge strane od klimatskih parametara okoline, kao što su: temperatura, relativna vlažnost, brzina kretanja vazduha i srednja temperatura zračenja (Verhovnik, 1983). Proces razmjene toplote između tijela i okoline može se sažeti na (Ogulata, 2007; Aihua i ostali, 2008):

- metaboličke biohemijske procese proizvodnje toplote, cirkulaciju krvi kroz različite dijelove tijela u cilju prenosa toplote, znojenje, drhtanje, razmjenu toplote između tijela i spoljašnje okoline preko kože (kondukcijom, konvekcijom i radijacijom), gubitak toplote isparavanjem vlage kroz znojenje,
- razmjenu toplote kroz odjevni sistem (kondukcijom, konvekcijom i radijacijom) uključujući i latentnu promjenu različitih faza u odjevnom materijalu, kao što su razmjena toplote kondenzacijom ili isparavanjem ili, pak, smrzavanjem ili topljenjem,
- prenos vlage kroz odjevni sistem, uključujući difuziju vodene pare i konvekciju u porama između pređe, difuziju vlage u vlaknima, kapilarni prenos vlage kroz odjevni materijal, kondenzaciju ili isparavanje vlage i slično, te
- uticaj odjevnog sistema i vazduha zarobljenog u odjeći na prenos toplote i čestica između ljudskog tijela i okoline.

3.6. Toplotna svojstva odjeće

Ljudsko tijelo procesom metabolizma hemijsku energiju hrane pretvara u rad i toplotu. Proizvedena toplota preko kože se prenosi u okolinu. Pri tome, u stanju toplotne ravnoteže količina proizvedene toplote jednaka je količini toplote izgubljene kondukcijom, konvekcijom, radijacijom, isparavanjem i disanjem (Stoecker i Jones, 1982). Osnovni termodinamički proces razmjene toplote između tijela i okoline se može opisati jednačinom toplotne ravnoteže (3.1) (Butera, 1998; Oğulata, 2007):

$$M - W = C + C_k + C_{res} + R + E_{res} + E_{sk} \quad (3.1)$$

gdje je:

- M - količina proizvedene toplote (energija metabolizma) [W/m²],
- W - mehanički rad (u jednačini obično ima nisku vrijednost, koja se u većini slučajeva zanemaruje) [W/m²],
- C - gubitak toplote konvekcijom [W/m²],
- C_k - gubitak toplote kondukcijom [W/m²],
- C_{res} - gubitak toplote disanjem [W/m²],
- R - gubitak toplote radijacijom [W/m²],
- E_{res} - gubitak toplote isparavanjem usled disanja [W/m²],
- E_{sk} - gubitak toplote isparavanjem kroz kožu [W/m²].

Procesom kondukcije (provodljivosti) toplota se prenosi sa tijela u okolinu, kroz slojeve odjeće i vazduha, pri čemu osoba miruje. Provodljivost toplote u odjeći zavisi od toplotne

provodljivosti vlakana od kojih je odjeća izrađena, provodljivosti vazduha zarobljenog u porama odjeće i vazduha na površini odjeće, površine sloja odjeće kroz koju prolazi toplota i debljine odjeće (Grujić, 2010; Herr, 1997). Količina toplote koja se prenese kondukcijom je obično zanemarljiva, jer odjeća, svojim karakteristikama, usporava prenos toplote na ovaj način (Oğulata, 2007).

Procesom konvekcije toplota se prenosi kretanjem gasa ili tečnosti. Količina izgubljene toplote konvekcijom određena je razlikom temperature površine odjeće i vazduha, kao i koeficijentom konvektivnog prenosa toplote, koji je, pak, određen brzinom kretanja vazduha (Persons, 2003). Prenos toplote sa tijela u okolinu procesom konvekcije može se opisati preko sledećeg izraza (3.2) (English, 2001):

$$C = f_{cl} \cdot h_c \cdot A \cdot (T_{cl} - T_a) \quad (3.2)$$

gdje je:

- C - toplotni tok, koji se prenosi procesom konvekcije [W],
- f_{cl} - faktor pokrivenosti kože odjećom [-],
- h_c - koeficijent prenosa toplote konvekcijom [W/m²],
- A - površina kroz koju prolazi toplota [m²],
- T_{cl} - temperatura na površini odjeće [K],
- T_a - temperatura vazduha u okolini [K].

Koeficijent prenosa toplote konvekcijom zavisi od brzine vazduha koji struji uz tijelo, a samim tim i od položaja i orijentacije osobe prema struji vazduha (Stoecker i Jones, 1982). Približna vrijednost h_c koeficijenta prilikom prisilne konvekcije se može odrediti prema izrazu (3.3) (Oğulata, 2007):

$$h_c = 12,1 \cdot V_a^{0,5} \quad (3.3)$$

gdje je:

- V_a - brzina vazduha [m/s].

Faktor pokrivenosti kože odjećom (f_{cl}) u izrazu (3.2) može se izračunati preko sledeće empirijske jednačine (3.4) (ASHRAE, 1993):

$$f_{cl} = 1,05 + I_{cl} \quad (3.4)$$

gdje je:

- I_{cl} - koeficijent toplotne izolacije odjeće [clo].

Vrijednosti koeficijenta toplotne izolacije (I_{cl}) za neke tipične odjevne sisteme su date u tabeli 3.1.

Tabela 3.1. I_{cl} vrijednosti tipičnih odjevnih sistema (Ogulata, 2007)

Odjevni sistem	I_{cl}
Muški	
Čarape za hladno, donji veš, cipele, košulja, hlače	0,42
Čarape za toplo, donji veš, cipele, košulja, hlače	0,42
Čarape za hladno, donji veš, cipele, džemper, hlače	0,55
Čarape za hladno, donji veš, potkošulja, cipele, košulja, hlače	0,51
Čarape za hladno, donji veš, potkošulja, cipele, košulja, jakna, hlače	0,73
Čarape za hladno, donji veš, cipele, hlače	0,31
Ženski	
Haljina, hula-hop čarape, donji veš, cipele	0,21
Džemper, haljina, hula-hop čarape, donji veš, cipele	0,30
Topla haljina, hula-hop čarape, donji veš, cipele	0,49
Topla suknja, topla bluza, hula-hop čarape, donji veš, cipele	0,41
Topli džemper, topla suknja, topla bluza, hula-hop čarape, donji veš, cipele	0,64
Topli džemper, tople hlače, topla bluza, hula-hop čarape, donji veš, cipele	0,77
Topli džemper, tople hlače, hula-hop čarape, donji veš, cipele	0,59

Ljudsko tijelo toplotu oslobađa i radijacijom, tj. emisijom elektromagnetnog zračenja talasnih dužina većih od 760 nm. Kako u ljudskom okruženju, u normalnim uslovima, obično nema predmeta toplijih od temperature tijela, procesom radijacije dolazi do gubitka toplote (Verhovnik, 1983). Količina izgubljene toplote zavisi od srednje temperature okruženja, temperature površine odjeće, te karakteristika odjeće i okoline (Das i Alagirusamy, 2010). Kvantifikacija izgubljene toplote radijacijom se može izvršiti pomoću sledećeg izraza (3.5) (Persons, 2003):

$$R = f_{cl} \cdot k_r \cdot A \cdot (T_{cl} - T_r) \quad (3.5)$$

gdje je:

- R - toplotni tok, koji se prenosi procesom radijacije [W],

- f_{cl} - faktor pokrivenosti kože odjećom [-],
- k_r - koeficijent prenosa toplote radijacijom [W/m²],
- A - površina kroz koju prolazi toplota [m²],
- T_{cl} - temperatura na površini odjeće [K],
- T_r - srednja temperatura zračenja [K].

Razmjena toplote između tijela i okoline procesom isparavanja vrši se isparavanjem znoja. Do isparavanja znoja dolazi u slučaju nedovoljne razmjene toplote ostalim procesima razmjene, posebno pri povišenoj fizičkoj aktivnosti ili u veoma vrućem okruženju. Pri tome, žlijezde znojnice na površinu kože izlučuju vodu, koja isparava, te se na taj način oduzima suvišna toplota (Grujić, 2010). Isparavanjem znoja isključivo dolazi do gubitka toplote (Stoecker i Jones, 1982). Gubitak toplote isparavanjem određen je koeficijentom prenosa mase i koeficijentom vlažnosti vazduha određene temperature površine tijela (Threlkeld, 1970).

Toplota isparavanja zavisi od veličine površine odjeće i toplotnog otpora protoku vodene pare, a izražava se preko izraza (3.6) (Grujić, 2010):

$$H_e = \frac{(p_k - p_v) \cdot A}{R_e} \quad (3.6)$$

gdje je:

- H_e - toplota isparavanja, odnosno vlažni protok toplote [W],
- p_k - parcijalni pritisak vodene pare na površini kože [Pa],
- p_v - parcijalni pritisak vodene pare vazduha [Pa],
- A - površina kroz koju se odvija vlažni protok toplote [m²],
- R_e - otpor protoku vodene pare [Pa m²/W].

Pored svih ovih mehanizama, do gubitka toplote ljudskog tijela dolazi i usled odvijanja procesa disanja. Međutim, ovaj mehanizam je manje značajan, jer se na ovaj način gubi neznatna količina toplote (Oğulata, 2007). Takođe, ovaj mehanizam razmjene toplote sa okolinom nije povezan sa karakteristikama odjevnih predmeta (Das i Alagirusamy, 2010).

Toplotna svojstva odjevnih predmeta izražavaju, odnosno kvantifikuju, razmjenu toplote između ljudskog tijela i okoline, a koriste se za predviđanje fizioloških varijabli u uslovima toplotnog stresa (Huang, 2006). Ova svojstva je moguće izraziti pomoću nekoliko parametara, od kojih su najčešće korišteni: toplo-hladni osjećaj, toplotna provodljivost, toplotna otpornost i otpor protoku vodene pare.

Toplo-hladni osjećaj (q_{max}) koji izazivaju materijali od kojih su izrađeni odjevni predmeti poznat je od davnina od strane Kineza. Oni su otkrili da su tkanine od pamuka, lana

i svile dobre za ljetnu odjeću zbog osjećaja hladnoće koji je povezan sa njima (Li i Wang, 2006; Vivekandan i ostali, 2011). Toplo-hladni osjećaj posljedica je pojave prolaznog provođenja toplote, do koje dolazi prilikom kontakta ljudske kože sa drugim objektom. U slučaju dodira ljudske kože i odjeće, koja obično ima nižu temperaturu od kože, dolazi do prenosa toplote sa kože. Gubitak toplote izaziva pad temperature kože, koji registruju termo receptori u dermalnom sloju kože. Povećavanjem prelaza toplote dolazi do većeg pada temperature kože u okolini termo receptora i pojave intenzivnijeg osjećaja hladnoće (Hensel, 1981). Maksimalna stopa protoka toplote javlja se unutar 0,2 sekunda od trenutka kontakta kože i odjevnog predmeta. Ovaj početni osjećaj najvažniji je za percepciju toplote ili hladnoće na dodir. Osjećaj hladnoće procjenjuje se mjerenjem stope početne promjene temperature i veća stopa promjene temperature rezultuje osjećajem veće hladnoće i višim vrijednostima toplo-hladnog osjećaja (Das i Alagirusamy, 2010).

Vrijednosti toplo-hladnog osjećaja su u funkciji vrste vlakana, te karakteristika tekstilnih materijala kao što su: gustina, specifična toplota i toplotna provodljivost. Materijali sa višim vrijednostima toplotne provodljivosti omogućavaju brži i viši gubitak toplote sa kože, a time i hladniji osjećaj (Das i Alagirusamy, 2010). Strukturne karakteristike tekstilnih materijala, takođe, utiču na vrijednosti toplo-hladnog osjećaja. Među strukturnim karakteristikama posebno se ističu karakteristike površine, kao što su glatkoća i maljavost. Finije tkanine sa većom glatkoćom omogućavaju više vrijednosti toplo-hladnog osjećaja, tj. hladniji osjećaj (Schneider i Holcombe, 1991; Vivekandan i ostali, 2011). S druge strane, broj slojeva materijala tkanine nema značajan uticaj na osjećaj hladnoće. Vrijednosti toplo-hladnog osjećaja dosta zavise i od sadržaja vlage u materijalu, pri čemu povećavanjem relativne vlažnosti dolazi i do rasta vrijednosti toplo-hladnog osjećaja (Kawabata i Akagi, 1977). Debljina i zapreminska masa tkanina, pak, imaju negativnu korelaciju sa vrijednostima toplo-hladnog osjećaja, tj. njihovim povećavanjem dolazi do pada vrijednosti toplo-hladnog osjećaja (Vivekandan i ostali, 2011).

Toplotna provodljivost predstavlja svojstvenu karakteristiku materijala koja ukazuje na mogućnost provođenja toplote kroz tekstilni materijal (Chidambaram, Govindan i Venkattraman, 2012; Onofrei, Rocha i Catarino, 2011; Oğlakcioğlu i Marmarali, 2007). Vrijednosti toplotne provodljivosti zavise od različitih karaktersitika tekstilnog materijala, a kao najvažnije se mogu izdvojiti debljina materijala, te karakteristike pređe od kojih je izrađen tekstilni materijal. Povećavanjem debljine materijala dolazi do smanjenja mogućnosti provođenja toplote (Stanković, Popović i Poparić, 2008; Saleh, 2011). Ovo se može objasniti time što povećavanjem debljine materijala dolazi i do povećavanja količine zarobljenog vazduha u materijalu, a s obzirom da vazduh ima manju toplotnu provodljivost od tekstilnih vlakana (tabela 3.2.) otuda i niže vrijednosti toplotne provodljivosti materijala (Morton i Hearle, 2008; Oğlakcioğlu i ostali, 2009).

Tabela 3.2. Toplotna provodljivost tekstilnih vlakana i vazduha (Morton i Hearle, 2008)

Vrsta materijala	Toplotna provodljivost [W/m K]
Polietilen	0,340
Poliamid	0,250
Poliester	0,140
Polipropielen	0,120
Pamuk	0,071
Vuna	0,054
Svila	0,050
Toplotna provodljivost vazduha	0,025

Karakteristike pređe koje utiču na toplotnu provodljivost tekstilnih materijala su, prije svih, zbijenost i poroznost. Obe ove osobine su, u suštini, povezane sa količinom vazduha prisutnog u pređi, a time i u tekstilnom materijalu izrađenom od date pređe. Zbijene pređe, zbog malog sadržaja zarobljenog vazduha, daju tekstilnom materijalu mogućnost većeg provođenja toplote (Das, Kothari i Balaju, 2007; Jirsak i ostali, 2000; Kopitar, Skenderi i Mijović, 2014). U slučaju poroznijih pređa dio tekstilnih vlakana zamijenjen je mikro porama, te stoga, povećavanjem poroznosti pređa dolazi do pada toplotne provodljivosti materijala (Das, Ishitiae i Singh, 2009; Milenković i ostali, 1999).

Toplotna otpornost tekstilnih materijala predstavlja sposobnost materijala da se odupru prolasku toplote (Oğlakcioğlu i Marmarali, 2007). Može se izraziti pomoću izraza (3.7) (Frydrych, Dziworska i Bilska, 2002):

$$R = \frac{h}{\lambda} \quad (3.7)$$

gdje je:

- R - toplotni otpor,
- h - debljina materijala,
- λ - toplotna provodljivost.

Toplotna otpornost odjevnih predmeta, sačinjenih od niza tekstilnih materijala, najviše zavisi od debljine i poroznosti pojedinih slojeva (Matusiak, 2010). Tako, povećavanjem debljine materijala dolazi do rasta vrijednosti toplotnog otpora (Oğlakcioğlu i Marmarali, 2007). U manjoj mjeri, toplotni otpor tekstilnih materijala je određen i toplotnom provod-

ljivošću vlakana materijala (Haghi, 2004). Na osnovu izraza (3.7) za očekivati je postojanje inverznog odnosa između toplotne otpornosti i toplotne provodljivosti. Međutim, rezultati različitih ispitivanja su pokazali da postoje i određeni slučajevi pri kojima povećanjem toplotne provodljivosti dolazi do rasta toplotne otpornosti odjevnih predmeta. Ovo se može objasniti strukturnim karakteristikama i debljinom materijala. Naime, u slučaju da je obim povećanja debljine materijala veći od obima povećanja toplotne provodljivosti materijala, doći će do porasta vrijednosti toplotne otpornosti (Chidambaram, Govindan i Venkatraman, 2012; Oğlakcioğlu i Marmarali, 2007).

Otpor protoku vodene pare odjevnih predmeta predstavlja sposobnost prenosa isparene vodene pare, tj. znoja, sa površine tijela u okolinu (Chidambaram, Govindan i Venkatraman, 2012; Oğlakcioğlu i Marmarali, 2007). Sposobnost odjevnih predmeta da prenose vodenu paru zavisi od tipa vlakana od kojih su izrađeni, te od strukturnih karakteristika, odnosno stepena poroznosti materijala. Prenos vodene pare kroz odjevni predmet sastoji se od difuzije vodene pare kroz pore između vlakana u pređi, te difuzije vodene pare kroz sama vlakna. Stopa difuzije kroz tekstilni materijal zavisi od poroznosti materijala kao i od koeficijenta difuzije vlakana. Sam koeficijent difuzije raste sa higroskopnošću materijala (Das i ostali, 2009). Karakteristike vlakana, kao što su poprečni presjek i sposobnost zadržavanja vode nemaju značajniji uticaj na otpor protoku vodene pare (Prahsarn, Barker i Gupta, 2005).

Pored toplotnih svojstava tekstilnih materijala toplotno fiziološka svojstva odjevnih predmeta, a time i udobnost nošenja, uslovljena su i sorpcijskim svojstvima materijala (Das i ostali, 2007). Među najvažnija sorpcijska svojstva ubrajaju se: vazдушna propustljivost, sposobnost zadržavanja vode i relativna vlažnost. Vazдушna propustljivost tekstilnih materijala uslovljena je strukturnim karakteristikama materijala (Mezarciöz, Mezarciöz i Oğulata, 2014; Oğulata i Mavruz, 2010). S druge strane, sposobnost zadržavanja vode tekstilnih materijala, najvećim dijelom, zavisi od tipa vlakana, odnosno od stvaranja hemijskih veza između molekula vode i vlakana. Relativna vlažnost tekstilnih materijala, pored tipa vlakana, uslovljena je i klimatskim uslovima koji vladaju u okruženju u kojem se nalaze materijali.

4. HIPOTEZA ISTRAŽIVANJA

Istraživanje uticaja parametara digitalne štampe na toplotna svojstva različitih vrsta tekstilnih materijala namjenjenih za izradu odjevnih predmeta ima višestruke prednosti. Pronalaženje određenih zavisnosti između procesnih parametara štampe i postignutih vrijednosti parametara toplotnih svojstava odštampanih tekstilnih materijala omogućava upravljanje procesom štampanja u cilju postizanja odgovarajuće toplotne udobnosti odjeće u zavisnosti od njene namjene.

Poznavanjem uticaja parametara digitalne štampe odnosno uticaja količine nanese štamarske boje na konačne vrijednosti parametara toplotnih svojstava materijala dobijaju se određene smjernice za unapređenje samog procesa štampe, kao i kvaliteta odštampanih materijala.

Na osnovu ovih vrijednosti moguće je definisati pouzdane modele zavisnosti toplotnih svojstava materijala od parametara štampe, a koje je moguće koristiti pri projektovanju odjeće u cilju predviđanja cjelokupnog kvaliteta izrađenog proizvoda.

Na osnovu vladajućih saznanja u predmetnoj oblasti istraživanja, tj. istraživanja uticaja parametara digitalne štampe na toplotna i sorpcijska svojstva odjevnih predmeta, moguće je postaviti sledeću hipotezu:

Moguće je razviti model toplotnih svojstava štampanih tekstilnih materijala kojim će se ocijeniti uticaj parametara digitalne štampe na toplotna svojstva odštampanih odjevnih predmeta, koji će imati poseban značaj za predviđanje toplotno fiziološke udobnosti odjeće tokom upotrebe.

Za dokazivanje hipoteze rada neophodno je realizovati prethodno postavljene ciljeve, tj. ispitati varijantni uticaj odštampane boje na toplotna svojstva odjevnih predmeta. Stoga, eksperimentalna istraživanja će se usmjeriti ka utvrđivanju uticaja parametara procesa štampe, koji se sastoje od različitog broja nanosa u štampi i različite tonske pokrivenosti, na toplotna svojstva tekstilnih materijala, različitog sirovinskog sastava i površinske strukture, koji imaju široko rasprostranjenu upotrebu pri izradi odjevnih predmeta.

5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Dokazivanje postavljene hipoteze, te realizacija postavljenih ciljeva vršiće se preko istraživanja koja obuhvataju analizu, trenutno, aktuelnih rezultata iz oblasti istraživanja toplotnih svojstava i štampe tekstilnih materijala.

U teorijskom dijelu rada izvršen je pregled aktuelnih istraživanja iz predmetne oblasti istraživanja, te je izvršena analiza zakonitosti i parametara vezanih za način povećavanja estetskih vrijednosti odjevnih predmeta i njihovog uticaja na toplotno-fiziološku udobnost odštampanih odjevnih predmeta. Pri tom, definisani su: procesi štampe i dobijanja otisaka na odjevnim predmetima (sa posebnim osvrtom na proces i parametre digitalne štampe ovih materijala), štamparske boje namijenjene štampi tekstilnih materijala, odjevni materijali sa naglaskom na njihov sirovinski sastav i površinsku strukturu, parametri fiziološke udobnosti odjevnih predmeta, te parametri toplotnih svojstava tekstilnih materijala. Eksperimentalni dio istraživanja sastojao se od praćenja procesnih parametara digitalne štampe tekstilnih materijala i promjena koji ti procesi izazivaju na odštampanim materijalima, a koje se reflektuju na promjenu toplotnih karakteristika odštampanih materijala.

5.1. Razvoj metodologije istraživanja

Eksperimentalni dio istraživanja definisan je preko detaljne analize drugih istraživanja i na osnovu sinteze tih istraživanja postavljena je adekvatna metodologija praćenja uticaja procesnih parametara štampe na toplotna svojstva štampanih materijala. Ukratko, metode od značaja pri realizaciji ciljeva su:

Izbor podloga za štampu

Kao podloga za štampanje razvijene test kontrolne mjerne karte koristiće se po tri, namjenski izrađene, pletenine i tkanine približno iste površinske mase i površinske strukture, a različitog sirovinskog sastava, za koje se može reći da su široko rasprostranjeni materijali u izradi odjevnih predmeta. U pogledu sirovinskog sastava, koristiće se tkanine i pletenine iz 100%-tnih pamučnih vlakana, 100%-tnih poliestarskih vlakana i njihova mješavina (50% pamuk / 50% poliestar).

Proces štampe uzoraka

Za potrebe istraživanja u okviru istraživanja kreirana je posebna test kontrolna mjerna karta. Kreirana karta sastoji se od polja veličine 20 x 20 cm. Pri tome, polja će biti odštampana sa tonskim vrijednostima od 10%, 50% i 100% procesnih boja (cijana, magente, žute i crne). Štampanje uzoraka vršiće se tehnikom digitalne ink jet štampe, pomoću grafičkog sistema Polyprint TexJet, upotrebom pigmentnih boja na vodenoj bazi namijenjenih za štampu na tekstilnim materijalima. Pri štampi će se varirati broj nanosa, tako da će se test kontrolna mjerna karta odštampati sa jednim, tri i pet nanosa boje.

Metode ispitivanja parametara toplotno-fiziološke udobnosti

U istraživanjima će se primjeniti dvije osnovne grupe metoda. U prvu grupu spadaju metode ispitivanja toplotnih svojstava štampanih tekstilnih materijala, dok drugu grupu čine metode ispitivanja sorpcijskih svojstava štampanih tekstilnih materijala. Ispitivanje toplotnih svojstava sastojće se od određivanja toplo-hladnog osjećaja ($q_{\max}$), koeficijenta toplotne provodljivosti (λ), toplotnog otpora tekstila (R_c) i otpora protoku vodene pare (R_e) ispitivanih materijala štampanih sa varijacijom parametara štampe. Ispitivanje sorpcijskih svojstava sastojće se od određivanja relativne vlažnosti tekstilnih materijala, vazdušne propustljivosti i sposobnosti zadržavanja vode ispitivanih materijala štampanih, takođe, varijacijom procesnih parametara štampe.

Za dokazivanje hipoteze istraživanja da postoje uticajni faktori procesa štampe na toplotna svojstva odštampanih odjevnih predmeta neophodno je statističkim metodama dokazati da postoje statistički značajne razlike među rezultatima dobijenim variranjem parametara procesa štampe. Za statističku obradu rezultata ispitivanja i utvrđivanja zavisnosti toplotnih i sorpcijskih svojstava tekstilnih materijala od parametara štampe, korišćiće se prosta i višestruka linearna regresiona analiza.

Potrebni eksperimenti će biti urađeni sa strogom kontrolom svih varijabilnih faktora koji mogu da utiču na rezultate eksperimenta. Izvođenje promjena u procesnim parametrima će biti takvo da se mjerne greške svedu na minimum da bi se dobijeni rezultati mogli što tačnije prikazati u određenim korelacijama, odnosno da se ukaže na njihovu signifikantnost.

6. POSTAVKA ISTRAŽIVANJA

Eksperimentalno istraživanje uticaja različite tonske pokrivenosti i različitog broja nanosa boje na toplotna i sorpcijska svojstva tekstilnih materijala ima značaj pri projektovanju odjeće i naknadnoj analizi odštampanih izrađenih proizvoda u cilju predviđanja fiziološke udobnosti i cjelokupnog kvaliteta izrađenog proizvoda.

Kvantifikovanjem određenih zavisnosti procesnih parametara i postignutih vrijednosti parametara toplotnih i sorpcijskih svojstava odštampanih tekstilnih materijala pomaže se tačnijoj simulaciji i mogućnosti predviđanja procesa koji se dešavaju tokom procesa proizvodnje. Pored veličina koje daju predviđanja ponašanja ovo omogućava unapređenje kvaliteta odštampanih materijala pošto se tačno definiše zavisnost nanosene količine štamparske boje i konačnih vrijednosti parametara toplotnih i sorpcijskih svojstava odštampanih tekstilnih materijala.

Neophodno je istražiti uticaj vrste podloge na kojoj se štampa, kroz njene fizičke karakteristike (sirovinski sastav, površinska masa, površinska struktura, gustina pletenja/tkanja), u kombinaciji sa različitom tonskom pokrivenošću i različitim brojem nanosa boje kako bi se zaključilo pomoću kojih kombinacija je moguće postići optimalnu udobnost odštampanih tekstilnih materijala.

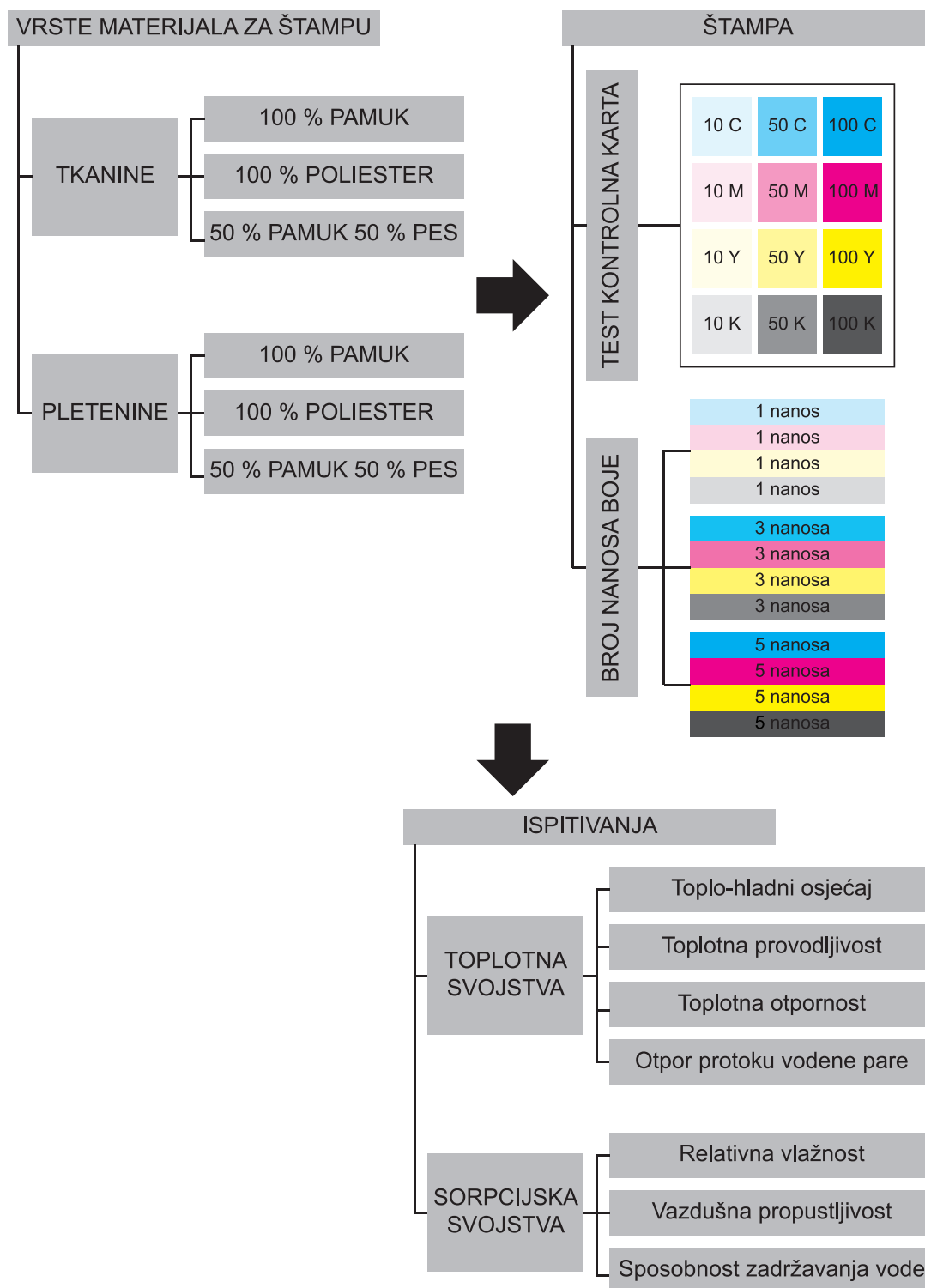
6.1. Plan eksperimenta

S obzirom na namjenu istraživanja u eksperimentalnom dijelu će se ispitati odštampani uzorci dobijeni tehnikom digitalne ink jet štampe na šest tekstilnih materijala. Kao varijabilni parametri procesa štampanja uzeće se različita tonska pokrivenost i broj nanosa boje. Pri tome, uzorci će se štampani sa tri različite tonske pokrivenosti (10%, 50% i 100% TV) za sve četiri procesne boje sa tri različita nanosa boje (štampa sa jednim, tri i pet nanosa). Kako će se u eksperimentu koristiti šest materijala, tri različita broja nanosa boje, četiri procesne boje i tri različite tonske pokrivenosti ukupno će se analizirati 216 odštampanih uzoraka.

Osnova istraživanja je praćenje uticaja procesnih parametara štampe na toplotna svojstva tekstilnih materijala, te se uzorci podvrgavaju različitim ispitivanjima kako bi se stekao uvid u to koja kombinacija procesnih parametara štampe obezbjeđuje optimalnu toplotnu udobnost odštampanih tekstilnih materijala. U cilju toga, uzorci će se podvrgnuti analizi toplotnih i sorpcijskih parametara. Kao toplotni parametri analiziraće se: toplo-hladni osjećaj, toplotna provodljivost, toplotna otpornost i otpor protoku vodene pare. Analiza sorpcijskih parametara sastojće se od određivanja: relativne vlažnosti odštampanih materijala, vazdušne propustljivosti i sposobnosti zadržavanja vode.

Na osnovu rezultata ispitivanja toplotnih i sorpcijskih svojstava pletenina i tkanina te promjene istih usled procesa štampanja ustanoviće se matematički modeli funkcijske zavi-

snosti toplotnih i sorpcijskih karakteristika tekstilnih materijala od tonske pokrivenosti, broja nanosa boje u štampi, vrste boje i vrste materijala. Plan istraživanja dat je na slici 6.1.



Slika 6.1. Prikaz plana istraživanja

6.2. Materijali i uređaji

U ovom poglavlju su predstavljene najvažnije karakteristike materijala i uređaja korištenih u eksperimentalnom istraživanju za koje se smatra da su bitne za proces zaključivanja.

6.2.1. Karakteristike uređaja za štampanje otisaka

Ispitivani uzorci štampani su pomoću ink jet štamparskog sistema Polyprint TexJet pod jednakim proizvodnim uslovima, u smislu jednake temperature i relativne vlažnosti pri štampi (slika 6.2.). Karakteristike štamparskog sistema su predstavljene u tabeli 6.1.



Slika 6.2. Štamparski sistem Polyprint TexJet (Gojković, 2013)

Tabela 6.1. Tehnička specifikacija štamparskog sistema Polyprint TexJet (Polyprint, 2013)

PolyPrint TexJet		
Glava za štampanje	Metod	Piezo električni kap po zahtjevu ink jet
	Specifikacija	8 DX5 glava za štampanje poredanih u liniju
	Mlaznice	180 mlaznica po boji
	Rezolucija	360, 720 i 1440 dpi
Visina glave za štampu		Max 25 mm / automatsko podešavanje
Dimenzije štampe		Max 42 x 60 cm
Brzina štampe		Max 60 bijelih majica na sat Max 15 tamnih majica na sat
Podloge za štampu		Pamuk, poliester, pamuk/poliester mješavine, lan, viskoza i druge

Tabela 6.1.- nastavak

PolyPrint TexJet	
Pravac štampe	Bi-direction ili Uni-direction
Grafičke boje	Pigmentne boje na vodenoj bazi
Gabaritne dimenzije mašine	130 x 68 x 45 cm (D x Š x V)
Masa uređaja	80 kg
Snaga	AC 230 V/ 60 W
Radni uslovi	Temperatura 10-25 °C Vlažnost 50-80 RH

6.2.2. Karakteristike uređaja za sušenje otisaka

Nakon procesa štampe, otisci su, u cilju sušenja i fiksiranja odštampanih boja na materijalu, podvrgnuti toplotnom dejstvu. Toplotno dejstvo je izvršeno industrijskom peglom tp 4040s (slika 6.3.), proizvođača “Opremakv” iz Kraljeva. Tehničke karakteristike uređaja su predstavljene u tabeli 6.2.

Tabela 6.2. Tehničke karakteristike uređaja za sušenje (Opremakv, 2008)

tp 4040s	
Dimenzije pritisne ploče	40 x 40 cm
Tip grijača	Izmjenjivi grijač ugrađen u žlijeb gornje ploče termo pritiskivača; 1,4 kW / 220V / 50Hz
Regulacija temperature	Elektronski termostat; 0-400 °C
Regulacija vremena zagrijavanja	0-10 s ili 0-100 s
Priključak	Monofazni, 220 V 50 Hz
Navlačenje odjevnog predmeta	Da, na donju ploču
Regulacija pritiska	Da, na prednjoj strani
Masa uređaja	49 kg



Slika 6.3. Uređaj za sušenje otisaka tp 4040s (Opremakv, 2008)

6.2.3. Karakteristike boja korištenih za štampu

Pri štampi uzoraka korištene su DuPont Artistri Pigment- 5000 Series boje i to četiri procesne boje: cijan, magenta, žuta i crna. Riječ je o pigmentnim bojama na vodenoj bazi koje su projektovane za upotrebu na digitalnim štamparskim sistemima sa piezo-električnim glavama, koje zahtijevaju boje niske viskoznosti. Specijalno su unaprijeđene za “*Direct to Garment*” ili “*Roll to Roll*” digitalnu štampu.

Prema podacima proizvođača ocjene postojanosti otisaka odštampanih ovim bojama predstavljene su u tabeli 6.3.

Tabela 6.3. Vrijednosti ocjena za postojanost otisaka odštampanih DuPont Artistri- 5000 Series bojama (DuPont, 2013)

Postojanost	Standard	Cijan P5100	Magenta P5200	Žuta P5300	Crna P5400
Otpornost na pranje (70 °C)	vizuelna promjena prema sivoj skali (ISO 105-C06)	2,5/3,5	3,5/4,5	3,5/4,5	3,5/4,5
Optička gustina		1,1	1,02	1,14	1,18
Otpornost pri izlaganju svjetlosti (Xenon Lamp 40 hr)	AATC 16 (ISO 105-B02)	4,8	4,6	3,8	4,8
Otpornost pri izlaganju svjetlosti (Xenon Lamp 20 hr)	AATC 16 (ISO 105-B02)	4,8	4,83	4	4,8
Otpornost na mokro i suvo otiranje	AATC 8 (ISO 105-X12)	2,5/4	3/4,5	3/4,5	2,5/4,5

6.2.4. Karakteristike podloga korištenih za štampu

Za potrebe istraživanja namjenski je urađeno po tri vrste tkanina i pletenina različitog sirovinskog sastava, a približno iste površinske mase i površinske strukture. Osnovne karakteristike upotrijebljenih pletenina su predstavljene u tabeli 6.4., a tkanina u tabeli 6.5. Karakterizacija materijala je izvršena preko sledećih parametara: sirovinskog sastava, površinske mase i gustine pletenja/tkanja, pri tome kao referentna dokumenta su korišteni važeći međunarodni ISO standardi (ISO, 1977; ISO 1984; ISO 2006).

Tabela 6.4. Rezultati ispitivanja pletenina korištenih u eksperimentu

Oznaka materijala	Vrsta materijala	Vrsta prepletaja	Sirovinski sastav (%)	Površinska masa (g/m ²)	Gustina pletenja (cm ⁻¹)
P-A	Pletenina	Desno-lijevi prepletaj	Pamuk 100 %	111,89	Po vertikali: Gv = 17 Po horizontali: Gh = 17
P-B	Pletenina	Desno-lijevi prepletaj	Poliestar 100 %	114,12	Po vertikali: Gv = 12 Po horizontali: Gh = 20
P-C	Pletenina	Desno-lijevi prepletaj	Pamuk 50 % Poliestar 50 %	128,50	Po vertikali: Gv = 14 Po horizontali: Gh = 20
Metod			ISO 1833-1	ISO 3801	ISO 7211-2

Tabela 6.5. Rezultati ispitivanja tkanina korištenih u eksperimentu

Oznaka materijala	Vrsta materijala	Vrsta tkanja	Sirovinski sastav (%)	Površinska masa (g/m ²)	Gustina tkanja (cm ⁻¹)
T-A	Tkanina	Platno	Pamuk 100 %	177,68	Po osnovi: Go = 20 Po potki: Gp = 20
T-B	Tkanina	Platno	Poliestar 100 %	153,73	Po osnovi: Go = 18 Po potki: Gp = 20
T-C	Tkanina	Platno	Pamuk 50 % Poliestar 50 %	166,32	Po osnovi: Go = 18 Po potki: Gp = 20
Metod			ISO 1833-1	ISO 3801	ISO 7211-2

6.3. Izbor metoda

6.3.1. Metode izrade otisaka

Prije samog procesa štampanja test kontrolne mjerne karte izvršeno je podešavanje, priprema i kalibracija štamparskog sistema Polyprint TexJet prema preporukama proizvođača. U toku procesa štampanja, uzorci su odštampani sa tri različita nanosa boje. Pri tome, štampani su sa jednim, tri i pet nanosa boje, bez međusušenja u slučaju štampe sa više nanosa boje. Štampanje je izvršeno pri rezoluciji štampanja od 720 x 720 dpi, pri čemu je štampanje test kontrolne mjerne karte vršeno u segmentima, tj. štampanjem pojedinačnih polja test kontrolne mjerne karte veličine 20 x 20 cm.

Nakon procesa štampanja, otisci su podvrgnuti procesu sušenja i fiksiranja odštampanih boja. Svi uzorci su sušeni toplotnim dejstvom pri temperaturi od 130 °C u trajanju od 120 sekundi.

6.3.2. Metode uzorkovanja i mjerenja

Nakon procesa štampanja odabrani su uzorci sa kombinacijom svih parametara, tj. različite podloge, procesne boje, tonske pokrivenosti, različit broj nanosa boje. Na ovaj način odabrano je 216 uzoraka na kojima su ispitivani različiti toplotni i sorpcijski parametri odštampanih materijala.

Uzorci koji su podvrgnuti analizama toplotnih parametara ispitani su u Laboratoriji za tekstilno inženjerstvo i fiziologiju u konstrukciji odjeće Instituta za inženjerske materijale i oblikovanje na Mašinskom fakultetu, Univerziteta u Mariboru. Vazдушna propustljivost i relativna vlažnost odštampanih uzoraka ispitani su u Laboratoriji za obradu i ispitivanje polimernih materijala, takođe, Instituta za inženjerske materijale i oblikovanje na Mašinskom fakultetu, Univerziteta u Mariboru. Ispitivanje sposobnosti zadržavanja vode odštampanih uzoraka izvršeno je u Laboratoriji za tekstilne tehnologije na Tehnološkom fakultetu, Univerziteta u Banjoj Luci.

Prije laboratorijskih mjerenja uzorci su označeni i pravilno pripremljeni. Pri tome su, minimalno 24 časa kondicionirani na standardnu atmosferu (temperatura od 20 °C i relativna vlažnost vazduha od 60 %). U cilju postizanja veće tačnosti rezultata mjerenja, mjereno je više uzoraka sa ponavljanjem na pojedinačnim uzorcima. Kao rezultati mjerenja uzimane su aritmetičke sredine deset puta izmjerenih numeričkih vrijednosti.

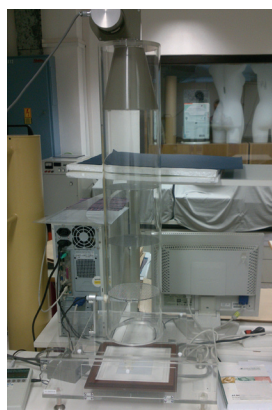
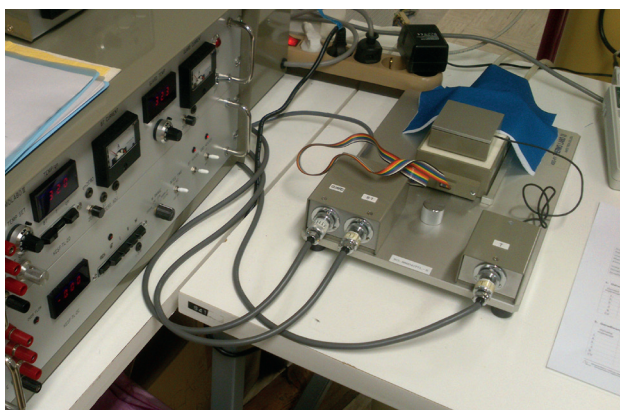
6.3.3. Metode mjerenja toplotnih karakteristika tekstilnih materijala

Analiza toplotnih karakteristika tekstilnih materijala sastojala se od određivanja: toplotnog hladnog osjećaja ($q_{\max}$), koeficijenta toplotne provodljivosti (λ), toplotnog otpora tekstila-

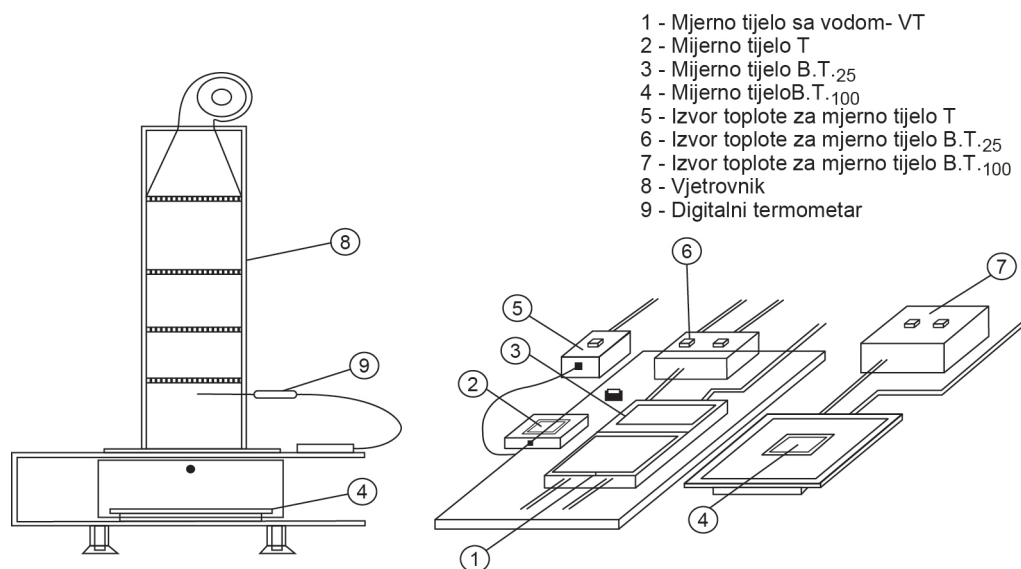
toplotne izolacije (R_c) i otpora tekstila protoku vodene pare (R_{vp}). Mjerenje toplotnih karakteristika izvršeno je pomoću KES-F7 Thermo Labo II mjernog uređaja (slika 6.4.).

Mjerni uređaj KES-F7 Thermo Labo II sastoji se od sledećih komponenti (slika 6.5.):

- mjernog tijela T, koje se upotrebljava za mjerenje toplo-hladnog osjećaja;
- mjernog tijela BT, koje se upotrebljava za mjerenje konstante toplotne provodljivosti;
- većeg mjernog tijela BT, koje se upotrebljava za mjerenje gubitka toplote, a služi za određivanje toplotnog otpora, otpora protoku vodene pare i za određivanje sposobnosti zadržavanja toplote;
- mjernog tijela sa vodom VT, koje služi za održavanje konstantne temperature pri mjerenju toplo-hladnog osjećaja i koeficijenta toplotne provodljivosti; i
- vjetrovnika, u kojem je prisutno konstantno kretanje vazduha brzinom od 1 ms^{-1} pri konstantnoj temperaturi vazduha $20 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$. U vjetrovniku se mjeri gubitak toplote odnosno toplotnog toka, koji služi za određivanje koeficijenta sposobnosti zadržavanja toplote, toplotnog otpora i otpora protoku vodene pare (Kato Tech Co. Ltd., 1998).



Slika 6.4. Mjerni uređaj KES-F7 Thermo Labo II sa vjetrovnikom



Slika 6.5. Komponente uređaja KES-F7 Thermo Labo II (Kato Tech Co. Ltd., 1998)

6.3.3.1. Određivanje toplo-hladnog osjećaja

Toplo-hladni osjećaj predstavlja prenos toplote sa zagrijanog mjernog tijela na uzorak koji je niže temperature. Najviša vrijednost prenesene toplote, koja se dostigne za 0,2 sekunde od momenta kontakta, predstavlja toplo-hladni osjećaj- $q_{\max}$ [W/cm²]. Pri određivanju toplo-hladnog osjećaja upotrijebljeni su: BT ploča sa toplotnim izvorom zagrijana na temperaturu od 32 °C, koja je simulirala temperaturu kože čovjeka, mjerno tijelo T i mjerno tijelo sa vodom VT, na koje je položen dio uzorka dimenzija 50 x 50 mm. Na zagrijanu BT ploču položeno je mjerno tijelo T, koje je zagrijavano do temperature 32 °C. Po dostizanju željene temperature mjernog tijela T isto je položeno na uzorak, koji je položen na mjerno tijelo sa vodom, te je očitana vrijednost $q_{\max}$, koja se prikaže približno nakon dvije sekunde na zaslonu. Vrijednosti za $q_{\max}$ mogu biti više ili niže u zavisnosti od ispitivanog materijala, tj. ako su dobijene vrijednosti više, to govori da odjeća izrađena od ispitivanog materijala pri nošenju daje osjećaj hladnoće i obrnuto.

6.3.3.2. Određivanje koeficijenta toplotne provodljivosti

Toplotna provodljivost je jedan od kriterijuma izolacionih sposobnosti tekstilnih materijala. Kako sva tekstilna vlakna, osim staklenih, provode toplotu bolje od vazduha, toplotna izolacija ne zavisi samo od specifične provodljivosti upotrijebljenog materijala, već i od zapremine vazduha, koji se nalazi u tekstilnom materijalu, tj. od strukture i debljine tekstilnog materijala (Grujić, 2010).

Mjerenje toplotne provodljivosti se temelji na prelasku toplote iz toplijeg dijela na hladniji, odnosno na principima kondukcije toplote. Za mjerenje koeficijenta toplotne pro-

vodljivosti upotrebljava se mjerno tijelo BT sa toplotnim izvorom zagrijano na 35 °C i mjereno tijelo sa vodom VT. Pri mjerenju uzorak se položi na mjereno tijelo sa vodom VT. Kada temperatura mjernog tijela BT dostigne zadanu vrijednost od 35 °C, mjereno tijelo BT položi se na uzorak postavljen sa licem na gore. Vrijednost toplotnog toka ϕ se očitava na digitalnom zaslonu uređaja.

Dobijene vrijednosti toplotnog toka služe za izračunavanje konstante toplotne provodljivosti odnosno koeficijenta toplotne provodljivosti prema izrazu (6.1) (Kato Tech Co. Ltd., 1998):

$$\lambda = \frac{\phi \cdot h}{A \cdot (T_{BT} - T_a)} \quad (6.1)$$

gdje je:

- λ - koeficijent toplotne provodljivosti [W/mK],
- A - površina BT ploče [0,0025m²],
- h - debljina materijala [m],
- T_{BT} - temperaturna BT ploče [K],
- T_a - temperature okoline [K],
- ϕ - toplotni tok [W].

6.3.3.3. Određivanje toplotne otpornosti tekstilnih materijala

Toplotna otpornost odnosno toplotna izolacija je najveća kada čovjek miruje, jer tada miruje i vazduh ispod odjeće. Određivanje toplotne otpornosti ispitivnih materijala, tj. mjerenje toplotnog toka izvršeno je pomoću većeg mjernog tijela BT, koje je smješteno u vjetrovniku i koje je zagrijano na temperaturu od 35 °C. Pri tome, u vjetrovniku se konstantno kretao vazduh brzinom od 1 ms⁻¹, pri temperaturi od 20 °C ± 2 °C. Konstantno kretanje vazduha postiže se uključivanjem ventilatora. Gubitak toplote ili toplotni tok, se može odrediti prema sledećim metodama: suha kontaktna metoda, suha bezkontaktna metoda, mokra kontaktna metoda, mokra bezkontaktna metoda. Pri određivanju toplotne otpornosti tekstilnih materijala korištena je suha bezkontaktna metoda. Iz dobijenih vrijednosti toplotnog toka određena je toplotna otpornost tekstilnih materijala prema izrazu (6.2) (Kato Tech Co. Ltd., 1998):

$$R_c = \frac{(T_s - T_a) \cdot A}{H_{ct}} \quad (6.2)$$

gdje je:

- R_c - toplotna otpornost tekstila [m²K/W],

- H_{ct} - suhi toplotni tok, koji ide kroz materijal [W],
- A - površina BT ploče [m²],
- T_s - temperatura BT ploče (skin temperature) [°C],
- T_a - temperatura vazduha u vjetrovniku (air temperature) [°C].

6.3.3.4. Određivanje otpora tekstilnih materijala protoku vodene pare

Pri isparavanju vode, tj. kada se čovjek znoji, znoj se kroz odjeću odvodi u okolinu. Brzina isparavanja znoja u mnogome zavisi od odjeće koja predstavlja barijeru procesu isparavanja. U suštini, odjeća ometa isparavanje znoja sa površine kože i ovo nedovoljno isparavanje vrlo često pri nošenju odjeće stvara osjećaj neudobnosti (Kim, 1999). Sama brzina isparavanja utiče na udobnost koja se osjeća pri nošenju odjeće. Toplotni otpor tekstila protoku vodene pare se određuje prema izrazu (6.3) (Kato Tech Co. Ltd., 1998):

$$R_e = \frac{(p_s - p_a) \cdot A}{H_{et}} \quad (6.3)$$

gdje je:

- R_e - otpor protoku vodene pare [Pa m²/W],
- H_{et} - ispareni toplotni tok [W],
- A - površina BT ploče [m²],
- p_s - parcijalni pritisak na površini BT ploče [Pa],
- p_a - parcijalni pritisak vazduha u vjetrovniku [Pa].

Mjerenje otpora tekstilnih materijala protoku vodene pare, kao i mjerenje toplotnog toka, vršeno je u vjetrovniku pomoću većeg mjernog tijela BT, zagrijanog na temperaturu od 35 °C, pri temperaturi od 20 °C ± 2 °C i konstantnim kretanjem vazduha brzinom od 1 ms⁻¹, što je u skladu sa standardom ISO 11092:2014 (ISO, 2014).

6.3.4. Metode mjerenja sorpcijskih karakteristika tekstilnih materijala

Pri analizi sorpcijskih karakteristika ispitanih tekstilnih materijala određena je: relativna vlažnost materijala, vazдушna propustljivost i sposobnost zadržavanja vode.

6.3.4.1. Određivanje relativne vlažnosti tekstilnih materijala

Relativna vlažnost tekstilnih materijala određena je mjernim uređajem Mettler Toledo Moisture Analyzer HB43 (slika 6.6.), čije tehničke karakteristike su date u tabeli 6.6. Prije mjerenja uzorci su kondicionirani u saglasnosti sa standardom ISO 139:2005, koji definiše

karakteristike i upotrebu standardne atmosfere za kondicioniranje i određivanje fizičkih i mehaničkih svojstava tekstilnih materijala (ISO, 2005). Sadržaj vlage u uzorku izražava se kao % mokre mase i označava kao MC (MC = moisture content). Relativna vlažnost tekstilnih materijala se određuje prema izrazu (6.4) (Mettler Toledo GmbH, 2005):

$$MC[0... 100\%] = \frac{WW - DW}{WW} \quad (6.4)$$

gdje je:

- MC - sadržaj vlage [%],
- WW - masa mokrog uzorka (početna masa) [g],
- DW - masa suhog uzorka [g].



Slika 6.6. Mjerni uređaj Mettler Toledo Moisture Analyzer HB43

Tabela 6.6. Tehničke karakteristike uređaja za mjerenje relativne vlažnosti (Mettler Toledo GmbH, 2005)

Moisture Analyzer HB43	
Modul za grijanje	Halogeni grijač u obliku prstena
Temperaturni opseg	50 - 200 °C
Temperaturni korak	5 °C
Minimalna masa uzorka	0,5 g
Maksimalna masa uzorka	41 g
Ponovljivost sa 1 g uzorka	0,3 %
Ponovljivost sa 10 g uzorka	0,03 %

Tabela 6.6.- nastavak

Moisture Analyzer HB43	
Vrijeme sušenja	ručno, 30 sekundi do 480 minuta
Posuda za uzorak, ø	90 mm
Radni uslovi (temperatura)	5 - 40 °C
Radni uslovi (relativna vlažnost)	80 % RH pri 30 °C
Dimenzije (d x š x v)	36 x 23 x 15 cm
Masa	4,3 kg

6.3.4.2. Određivanje vazdušne propustljivosti tekstilnih materijala

Pod pojmom vazdušna propustljivost tekstilnih materijala podrazumijeva se propustljivost prolasku vazduha kroz materijal. Pri prolasku vazduha kroz odjeću pospješuje se hlađenje organizma, jer se odvodi dio proizvedene toplote. Do prolaska vazduha kroz odjeću dolazi u slučaju da je parcijalni pritisak na površini odjeće veći od pritiska koji je u neposrednoj okolini površine kože.

Mjerenje vazdušne propustljivosti izvršeno je u skladu sa standardom ISO 9237:1995 (ISO, 1995). Ispitivanja su vršena na različitim mjestima materijala, te na udaljenosti od oko 10 cm od krajeva materijala. Mjerenja su izvršena pomoću uređaja Karl Schröder KG Air Permeability Tester, koji je prikazan na slici 6.7.



Slika 6.7. Mjerni uređaj za mjerenje vazdušne propustljivosti

Dobijene vrijednosti vazdušne propustljivosti su preračunate u količinu propuštenog vazduha u m³ u toku jedne minute pomoću izraza (6.5) (ISO, 1995):

$$Q = \frac{q}{6 \cdot F} \quad (6.5)$$

gdje je:

- Q - količina propuštenoga vazduha pri određenoj visini vodenog stuba [$\text{m}^3/\text{min m}^2$],
- q - količina vazduha, koji prolazi kroz površinu ispitivanog uzorka [dm^3/h],
- F - ispitivana površina [cm^2].

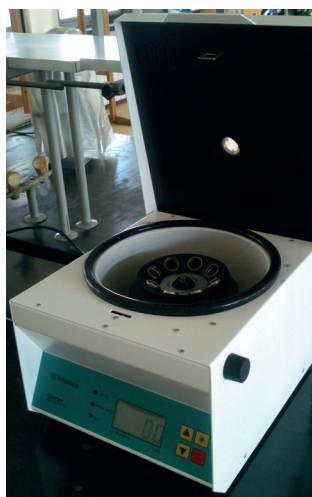
6.3.4.3. Određivanje sposobnosti zadržavanja vode tekstilnih materijala

Određivanje sposobnosti zadržavanja vode u tekstilnim materijalima W_{RV} izvedeno je prema standardu DIN 53 814 (DIN, 1974). Klimatizovani uzorci materijala (približno 1,6 g) su isječeni na sitne komade. Za svaki uzorak su urađene po četiri paralelne probe, pri čemu je u svaku kivetu, koja je prethodno izvagana, stavljeno po 0,4 g uzorka. Kivete sa uzorcima su stavljene u čašu i prelivene su prethodno pripremljenim rastvorom (1g nejonogenog sredstva u 1 l destilovane vode). Iglom su istjerani mjehurići iz kiveta i tako pripremljeni uzorci su ostavljeni da stoje 2 sata. Nakon toga kivete su centrifugirane 20 min pri 3000 ob/min, na uređaju za centrifugiranje CENTRIC 150 A proizvođača Tehnica (Slika 6.8.). Posle centrifugiranja kivete sa uzorcima su izvagane i iz razlike u masi kivete sa uzorkom nakon centrifugiranja i prazne kivete dobijena je masa obrađenog uzorka. Sposobnost zadržavanja vode u tkaninama W_{RV} izražava se u %, a izračunava prema izrazu (6.6):

$$W_{RV} = \frac{m_c - m_{kl}}{m_{kl}} \cdot 100 \quad (6.6)$$

gdje je:

- m_c - masa centrifugiranog uzorka [g],
- m_{kl} - masa klimatizovanog uzorka [g].



Slika 6.8. Uređaj za centrifugiranje Tehnica CENTRIC 150 A

6.3.5. Metode statističke obrade rezultata mjerenja

U cilju određivanja zavisnosti toplotnih i sorpcijskih svojstava štampanih tekstilnih materijala od parametara štampe, pri štampi različitim brojem nanosa boje i sa različitom tonskom pokrivenošću upotrebom različitih boja i materijala, kreirani su matematički modeli, zasnovani na višestrukoj linearnoj regresionoj analizi.

Višestruki linearni regresioni model u obliku jednačine izražava prosječan kvantitativni odnos između zavisne promjenljive Y i k nezavisnih promjenljivih $X_1, X_2, \dots, X_k$. Za proizvoljnu zavisno promjenljivu Y_i i odabrane vrijednosti nezavisno promjenljivih iz osnovnog skupa, višestruki linearni regresioni model dat je u obliku (Komić, 2000; Grujić, 2010):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i \quad (6.7)$$

gdje je:

- Y_i - zavisna promjenljiva,
- $x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki}$ - vrijednosti nezavisno promjenljivih,
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ - parametri modela,
- ε_i - stohastički član ili slučajna greška i
- k - broj nezavisnih promjenljivih.

Višestruki linearni regresioni model sa dvije nezavisne promjenljive moguće je predstaviti izrazom (Grujić, 2010):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \varepsilon_i \quad (6.8)$$

a odgovarajuća regresiona jednačina može se zapisati u obliku:

$$\bar{Y} = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} \quad (6.9)$$

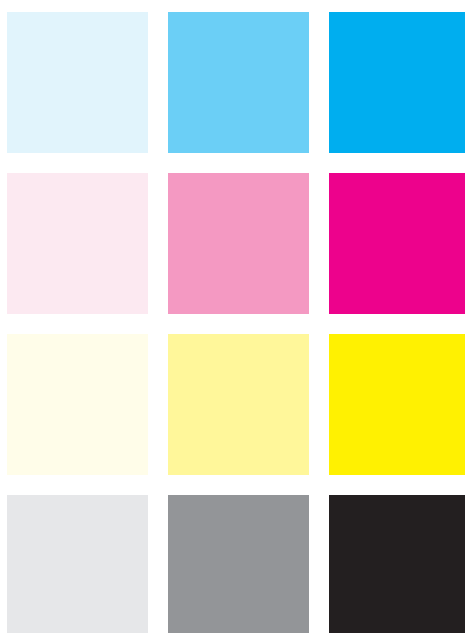
u kome je $\bar{Y}$ prilagođena ili predviđena vrijednost zavisne promjenljive Y_i . Regresijski koeficijenti b_0, b_1 i b_2 koji predstavljaju teorijsku ocjenu parametara β_0, β_1 i β_2 , određuju se na osnovu eksperimentalno dobijenih rezultata istraživanja.

Višestruki linearni regresioni model kao indikator zavisnosti zavisno promjenljive vrijednosti od nezavisno promjenljivih veličina koristi koeficijent višestruke regresije (R^2). Dati koeficijent predstavlja relativni broj koji utvrđuje koliko je promjene zavisno promjenljive objašnjeno promjenom nezavisno promjenljivih veličina. Vrijednosti koeficijenta višestruke regresije se mogu kretati u rasponu od 0 do 1. Poželjno je da su vrijednosti koeficijenta što bliže broju 1 i veće vrijednosti datog koeficijenta ukazuju na manju pojavu rasipanja vrijednosti oko regresije.

Pri računanju vrijednosti parametara modela statističke zavisnosti toplotnih i sorpcijskih svojstava štampanih tekstilnih materijala od parametara štampe kao nezavisno promjenljive vrijednosti korištene su vrijednosti parametara procesa štampe, tj. vrijednosti broja nanosa boje u štampi te vrijednosti tonske pokrivenosti. U isto vrijeme kao zavisno promjenljive vrijednosti korištene su eksperimentalno dobijene vrijednosti parametara toplotnih i sorpcijskih svojstava, dobijene varijacijom procesnih parametara. Dobijeni modeli zavisnosti toplotnih i sorpcijskih svojstava štampanih tekstilnih materijala od parametara štampe smatrani su statistički pouzdanim u slučaju da im je vrijednost koeficijenta višestruke regresije iznosila iznad 0,75. U suprotnom, smatrano je da ne postoji statistički značajna veza između nezavisno promjenljivih veličina i zavisno promjenljive veličine, odnosno da se promjena zavisno promjenljive veličine ne može povezati sa promjenom nezavisno promjenljivih veličina.

6.4. Razvoj test kontrolne mjerne karte

Pomoću programske aplikacije Adobe Illustrator CS5 razvijena je posebna test kontrolna mjerna karta korištena u istraživanjima (slika 6.9.). Test kontrolna mjerna karta se sastojala od dvanaest polja veličine 20 x 20 cm, s pokrivenošću od 10%, 50% i 100% tonskih vrijednosti četiri procesne boje: cijana, magente, žute i crne. Navedene tonske vrijednosti su izabrane iz razloga što predstavljaju svijetle, srednje i tamne tonove; dok su boje odabrane iz razloga što se na osnovu miješanja ovih boja, u određenim procentima, mogu dobiti i sve ostale boje. Na osnovu rezultata ispitivanja kombinacije ovih boja i tonskih vrijednosti nastojaće se dobiti statistički pouzdane zavisnosti ponašanja toplotnih i sorpcijskih karakteristika tekstilnih materijala štampanih kroz puni tonski opseg.



Slika 6.9. Test kontrolna mjerna karta korištena u eksperimentu

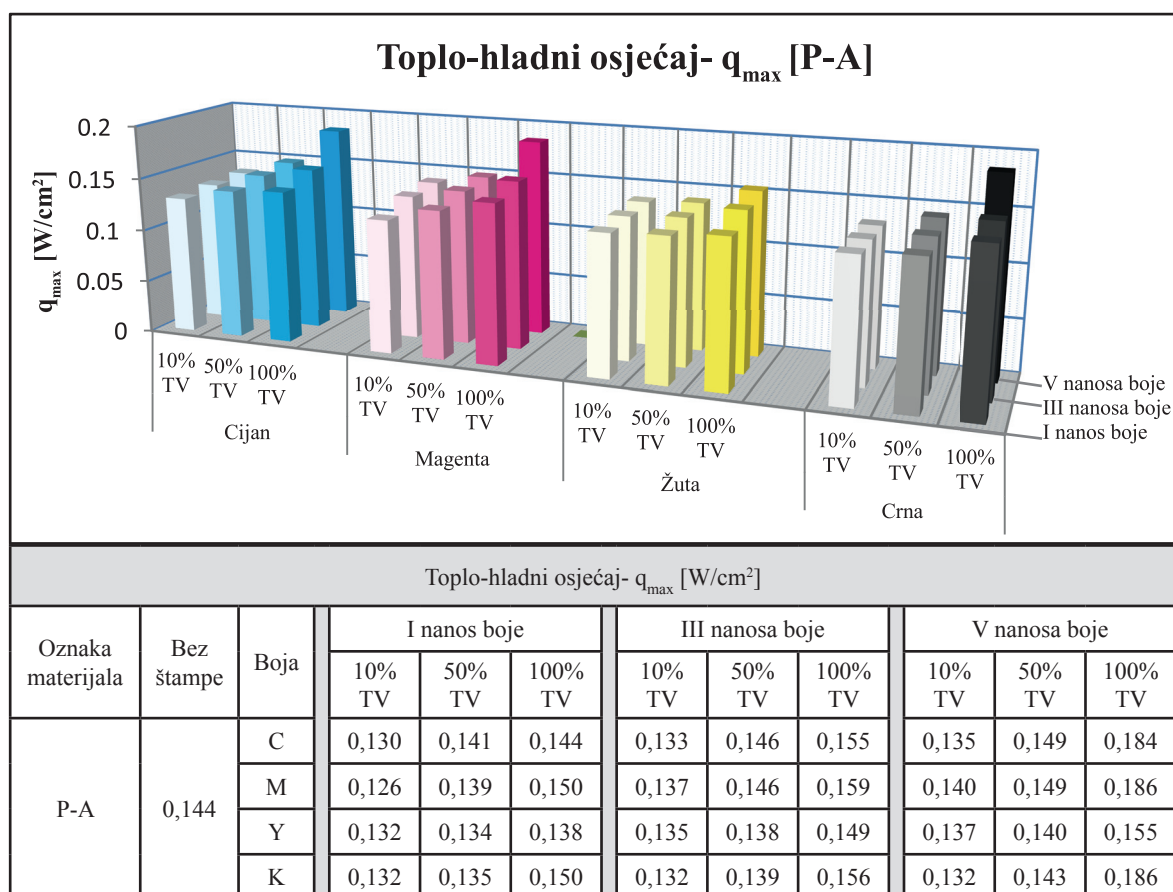
7. REZULTATI I DISKUSIJA REZULTATA

U ovom poglavlju su predstavljeni rezultati istraživanja uticaja parametara štampe, tj. tonske pokrivenosti i broja nanosa boje, i svojstava materijala (sirovinskog sastava i površinske strukture) na promjenu parametara toplotnih karakteristika odštampanih tekstilnih materijala. Pri tome, predstavljene su vrijednosti: toplo-hladnog osjećaja, toplotne provodljivosti, toplotne otpornosti i otpora protoku vodene pare, u zavisnosti od parametara štampe i karakteristika materijala.

7.1. Rezultati mjerenja toplo-hladnog osjećaja

7.1.1. Rezultati mjerenja toplo-hladnog osjećaja štampanih pletenina

Rezultati ispitivanja toplo-hladnog osjećaja štampanih pamučnih pletenina prikazani su na slici 7.1.



Slika 7.1. Toplo-hladni osjećaj štampanih pamučnih pletenina

Sagledavanjem vrijednosti toplo-hladnog osjećaja na štampanim pamučnim pleteninama (slika 7.1.) može se primjetiti da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta

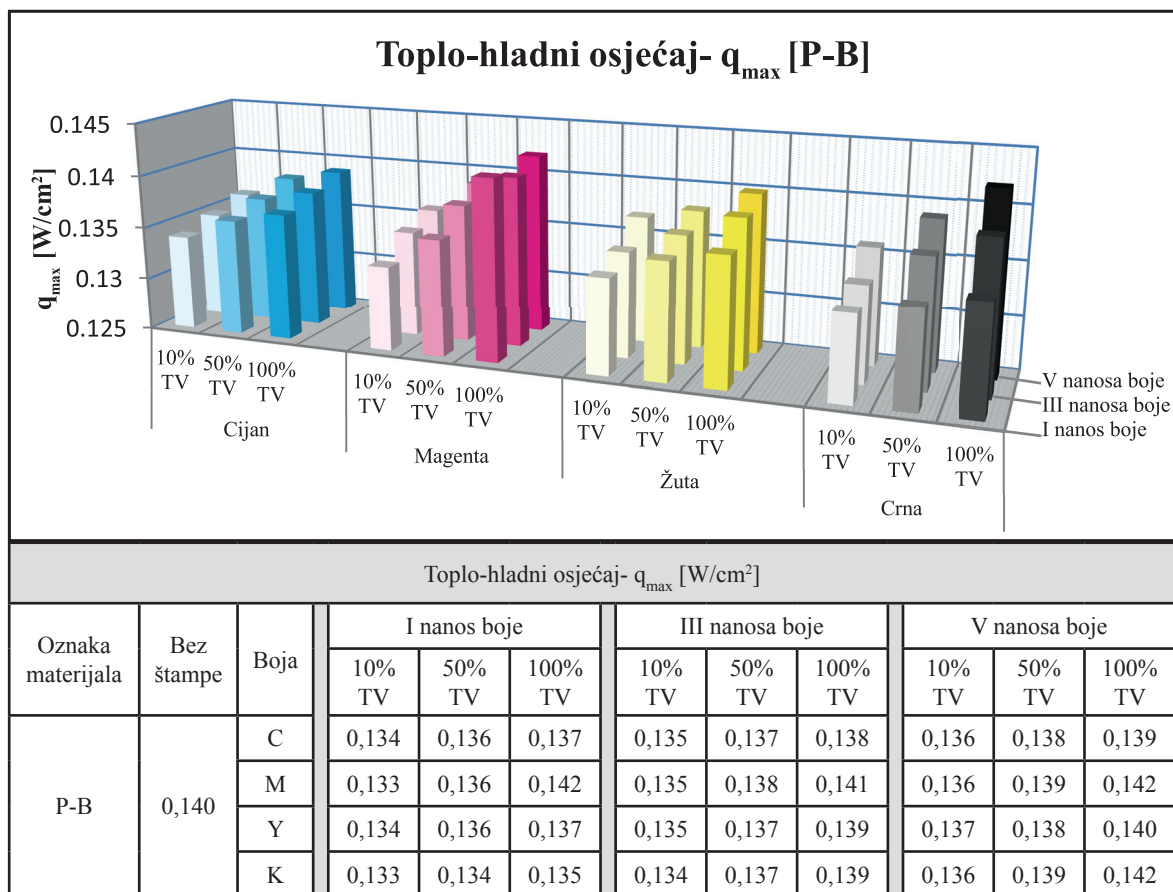
vrijednosti toplo-hladnog osjećaja, nezavisno od toga da li su uzorci štampani jednim, sa tri ili pet nanosa boje u štampi. Na osnovu dobijenih vrijednosti sa slike 7.1. može se uočiti i to da povećavanjem broja nanosa boje u štampi, takođe, dolazi do rasta vrijednosti toplo-hladnog osjećaja štampanih pamučnih pletenina. Kao jedini izuzetak, pri tome, javljaju se uzorci štampani sa 10% TV crne boje, kod kojih su postignute identične vrijednosti toplo-hladnog osjećaja pri štampi različitim brojem nanosa boje. Navedeni trendovi povećavanja vrijednosti toplo-hladnog osjećaja povećavanjem tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi važe za sve boje.

Vrijednosti sa slike 7.1. ukazuju i na to da su procesom štampe sa jednim nanosom boje dobijene vrijednosti toplo-hladnog osjećaja koje su niže u odnosu na vrijednosti toplo-hladnog osjećaja neštampanih pamučnih pletenina. Niže vrijednosti zabilježene su i kod uzoraka štampanih sa 10% TV sa tri i pet nanosa boje, te kod uzoraka štampanih sa 50% TV sa tri nanosa boje žutom i crnom bojom. Na osnovu toga, ovi uzorci odaju topliji osjećaj u odnosu na neštampane uzorke. Ostali uzorci imaju više vrijednosti toplo-hladnog osjećaja u odnosu na neštampane uzorke, te u odnosu na njih odaju hladniji osjećaj.

Analizom vrijednosti toplo-hladnog osjećaja štampanih pletenina može se uočiti i to da su u slučaju uzoraka štampanih cijan bojom gotovo identične vrijednosti nastale u slučaju štampe uzoraka sa 50% TV sa tri nanosa boje i uzoraka štampanih sa 100% TV jednim nanosom boje. U slučaju magenta uzoraka gotovo identične vrijednosti nastale su prilikom štampe 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV sa pet nanosa boje, dok su identične vrijednosti dobijene štampanjem 10% TV sa pet nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje, te 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. Kod uzoraka štampanih žutom bojom identične vrijednosti toplo-hladnog osjećaja nastale su štampanjem uzoraka sa 50% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje, dok uzorci štampani sa 10% TV sa pet nanosa boje imaju gotovo identične vrijednosti ovim vrijednostima.

Posmatranjem vrijednosti toplo-hladnog osjećaja sa slike 7.1. može se uočiti da su vrijednosti toplo-hladnog osjećaja zavisne i od vrste korištenih boja. Tako su prilikom štampe uzoraka jednim nanosom boje u svijetlim tonovima najviše vrijednosti izmjerene na uzorcima štampanim žutom i crnom bojom. Štampanjem srednjih tonova najviše vrijednosti su nastale kod uzoraka štampanih cijan bojom, dok se kod tamnih tonova najviše vrijednosti javljaju na uzorcima štampanim magenta i crnom bojom. U slučaju uzoraka štampanih sa tri i pet nanosa boje najviše vrijednosti pri reprodukciji svijetlih tonova su nastale štampanjem magenta bojom. Na uzorcima sa srednjim tonovima najviše vrijednosti javljaju se štampanjem cijan i magenta bojama, dok su u tamnim tonovima najviše vrijednosti zabilježene kod uzoraka štampanih magenta bojom (u slučaju tamnih tonova štampanih sa pet nanosa boje identične vrijednosti magenta uzorcima su dobijene i prilikom štampe crnom bojom).

Rezultati ispitivanja toplo-hladnog osjećaja štampanih poliestarskih pletenina prikazani su na slici 7.2.



Slika 7.2. Toplo-hladni osjećaj štampanih poliestarskih pletenina

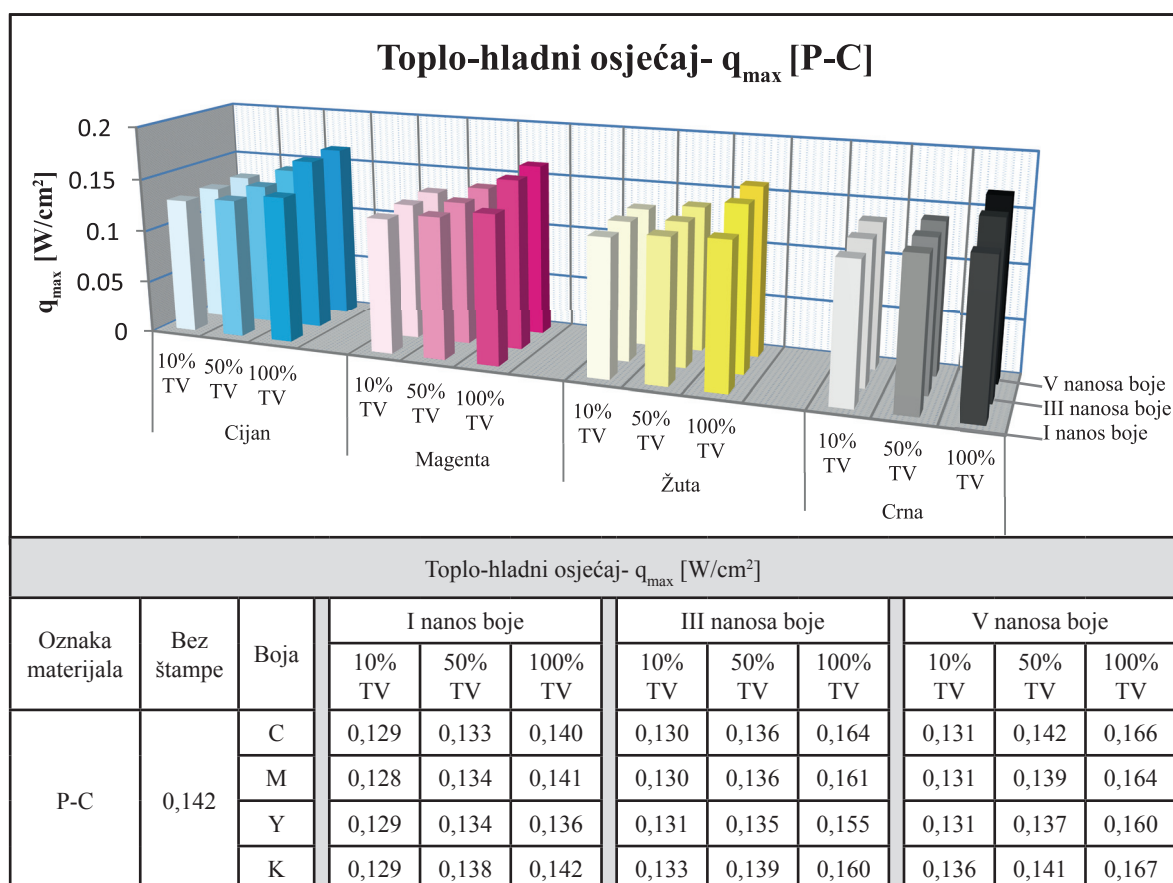
Vrijednosti toplo-hladnog osjećaja na štampanim poliestarskim pleteninama (slika 7.2.) ukazuju na to da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti toplo-hladnog osjećaja, nezavisno od toga da li su uzorci štampani jednim, sa tri ili pet nanosa boje u štampi. Analizom dobijenih vrijednosti sa slike 7.2. može se uočiti i to da povećavanjem broja nanosa boje u štampi, takođe, dolazi do rasta vrijednosti toplo-hladnog osjećaja štampanih poliestarskih pletenina. Kao jedini izuzetak, pri tome, javljaju se uzorci štampani sa 100% TV magenta boje, kod kojih su postignute jednake vrijednosti toplo-hladnog osjećaja pri štampi različitim brojem nanosa boje. Navedeni trendovi povećavanja vrijednosti toplo-hladnog osjećaja povećavanjem tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi važe za sve boje.

Posmatranjem vrijednosti toplo-hladnog osjećaja sa slike 7.2. uočava se da su procesom štampe većinom dobijene vrijednosti koje su niže u odnosu na iste vrijednosti koje se javljaju na neštampanim poliestarskim pleteninama. Na osnovu toga, može se zaključiti da dati uzorci odaju topliji osjećaj u odnosu na neštampane uzorke. Kao izuzeci, pri tome, javljaju se uzorci štampani tamnim tonovima magenta boje jednim, sa tri i pet nanosa boje, te uzorci sa reprodukovanim tamnim tonovima žute i crne boje štampani sa pet nanosa boje. Kod ovih uzoraka zabilježene su vrijednosti toplo-hladnog osjećaja koje su više od istih vrijednosti neštampanih pletenina i u odnosu na neštampane uzorke daju hladniji osjećaj.

Štampanjem poliestarskih pletenina cijan bojom može se uočiti da su jednake vrijednosti toplo-hladnog osjećaja nastale u slučaju štampe 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, zatim u slučaju štampe 50% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje, te u slučaju štampe 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. Na uzorcima štampanim magenta bojom identične vrijednosti toplo-hladnog osjećaja nastale su u slučaju uzoraka štampanih sa 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV štampanih jednim nanosom boje. U slučaju poliestarskih pletenina štampanih žutom bojom identične vrijednosti toplo-hladnog osjećaja su izmjerene kod uzoraka štampanih sa 10% TV sa pet nanosa boje, 50% TV sa tri nanosa boje, te kod uzoraka štampanih sa 100% TV jednim nanosom boje. Reprodukciom crnom bojom identične vrijednosti su se javile pri štampi 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, kao i kod uzoraka štampanih sa 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje.

Sagledavanjem vrijednosti toplo-hladnog osjećaja poliestarskih pletenina štampanih različitim bojama po dijelovima tonskog opsega i pri štampi različitim brojem nanosa boje uočava se da su vrijednosti ujednačene. Veća odstupanja pri tome javljaju se samo u slučaju uzoraka sa reprodukovanim tamnim tonovima sa jednim nanosom boje, kod kojih se više vrijednosti javljaju na uzorcima sa magenta bojom.

Rezultati ispitivanja toplo-hladnog osjećaja štampanih Co/PES pletenina prikazani su na slici 7.3.



Slika 7.3. Toplo-hladni osjećaj štampanih Co/PES pletenina

Analizom vrijednosti toplo-hladnog osjećaja štampanih Co/PES pletenina (slika 7.3.) može se primjetiti da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti toplo-hladnog osjećaja. Vrijednosti sa slike 7.3. ukazuju i na to da povećavanjem broja nanosa boje u štampi, takođe, dolazi do rasta vrijednosti toplo-hladnog osjećaja. Kao jedini izuzetak, pri tome, javljaju se uzorci štampani sa 10% TV žute boje, kod kojih su postignute identične vrijednosti toplo-hladnog osjećaja pri štampi sa tri i pet nanosa boje. Trend povećavanja vrijednosti toplo-hladnog osjećaja povećavanjem tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi javlja se kod svih Co/PES pletenina, bez obzira na to kojom bojom su štampane.

Štampanjem Co/PES pletenina tamnim tonovima sa tri i pet nanosa boje dobijene su vrijednosti toplo-hladnog osjećaja koje su više u odnosu na iste vrijednosti na neštampanim Co/PES pleteninama (slika 7.3.). Ovi uzorci odaju hladniji osjećaj u odnosu na neštampane. U slučaju štampe Co/PES pletenina svim ostalim kombinacijama tonske pokrivenosti i broja nanosa boje dobijene su vrijednosti toplo-hladnog osjećaja koje su niže u odnosu na iste vrijednosti na neštampanim uzorcima, i ovi uzorci djeluju toplije u odnosu na neštampane.

Posmatranjem vrijednosti toplo-hladnog osjećaja na Co/PES pleteninama štampanim cijan i crnom bojom uočava se da se približno jednake vrijednosti javljaju u slučaju štampe uzoraka sa 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, te u slučaju štampe 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje. U slučaju uzoraka štampanih magenta i žutom bojom približno jednake vrijednosti toplo-hladnog osjećaja nastale su u slučaju štampe 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje.

Sagledavanjem vrijednosti toplo-hladnog osjećaja Co/PES pletenina štampanih različitim bojama jednim nanosom boje uočava se da su vrijednosti ujednačene u slučaju reprodukcije svijetlih tonova. Reprodukcijskim srednjih i tamnih tonova više vrijednosti se javljaju na uzorcima štampanim crnom bojom. Reprodukcijskim svijetlih i srednjih tonova sa tri nanosa boje više vrijednosti su, takođe, nastale na uzorcima štampanim crnom bojom. Štampanjem tamnih tonova sa tri nanosa boje više vrijednosti su nastale na uzorcima sa magenta bojom. U slučaju uzoraka štampanih sa pet nanosa boje najviše vrijednosti u slučaju reprodukcije svijetlih tonova javljaju se prilikom štampe uzoraka crnom bojom. Reprodukcijskim srednjih i tamnih tonova više i približno jednake vrijednosti toplo-hladnog osjećaja zabilježene su na uzorcima štampanim cijan i crnom bojom

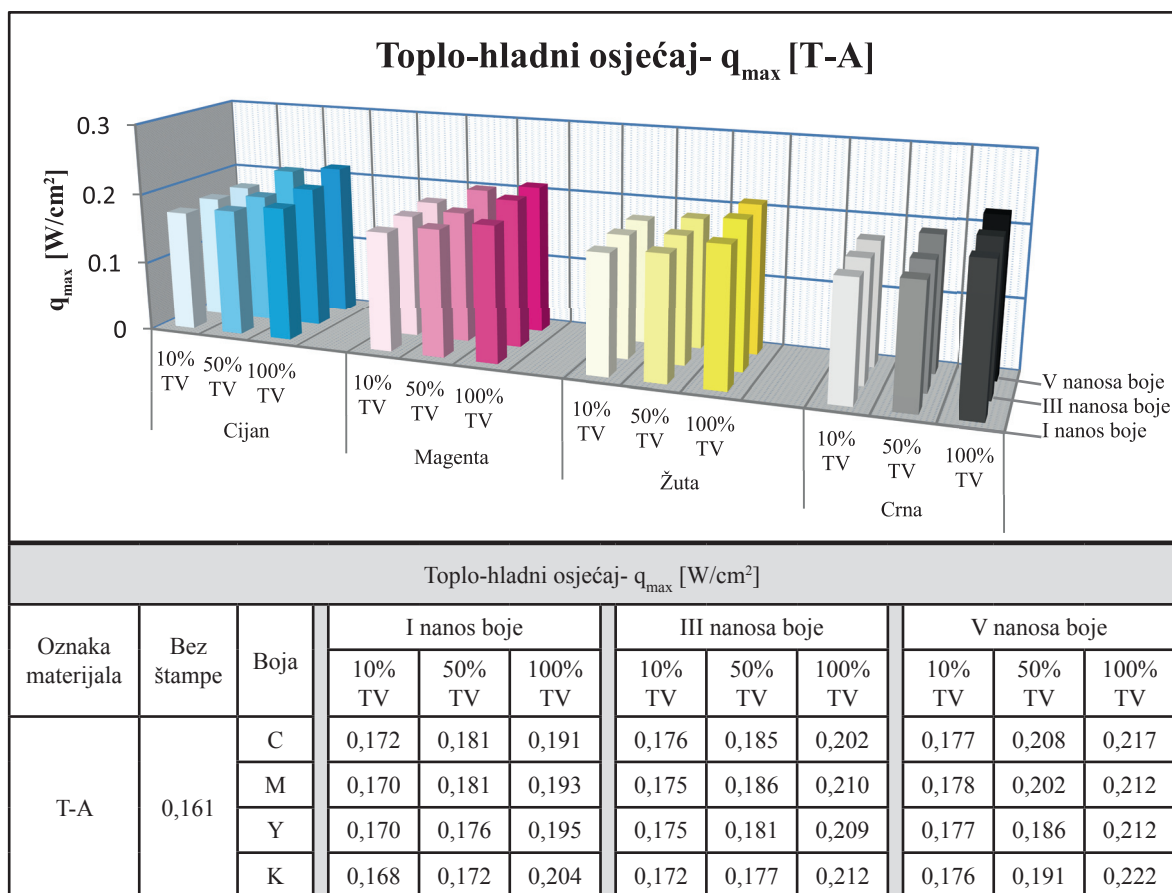
7.1.2. Rezultati mjerenja toplo-hladnog osjećaja štampanih tkanina

Rezultati ispitivanja toplo-hladnog osjećaja štampanih pamučnih tkanina prikazani su na slici 7.4.

Analiziranjem vrijednosti toplo-hladnog osjećaja štampanih pamučnih tkanina (slika 7.4.) primjećuje se da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti toplo-hladnog osjećaja, nezavisno od toga da li su uzorci štampani jednim, sa tri ili pet nanosa

boje u štampi. Rezultati sa slike 7.4. ukazuju i na to da povećavanjem broja nanosa boje u štampi, takođe, dolazi do rasta vrijednosti toplo-hladnog osjećaja štampanih pamučnih tkanina. Navedeni trendovi povećavanja vrijednosti toplo-hladnog osjećaja povećavanjem tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi važe za sve boje.

Posmatranjem vrijednosti sa slike 7.4. može se primjetiti i to da su apliciranjem procesa štampe dobijene vrijednosti toplo-hladnog osjećaja koje su više u odnosu na iste vrijednosti neštampanih pamučnih tkanina. Na osnovu toga, može se zaključiti da štampanjem pamučne tkanina daju hladniji osjećaj u odnosu na neštampane uzorke.



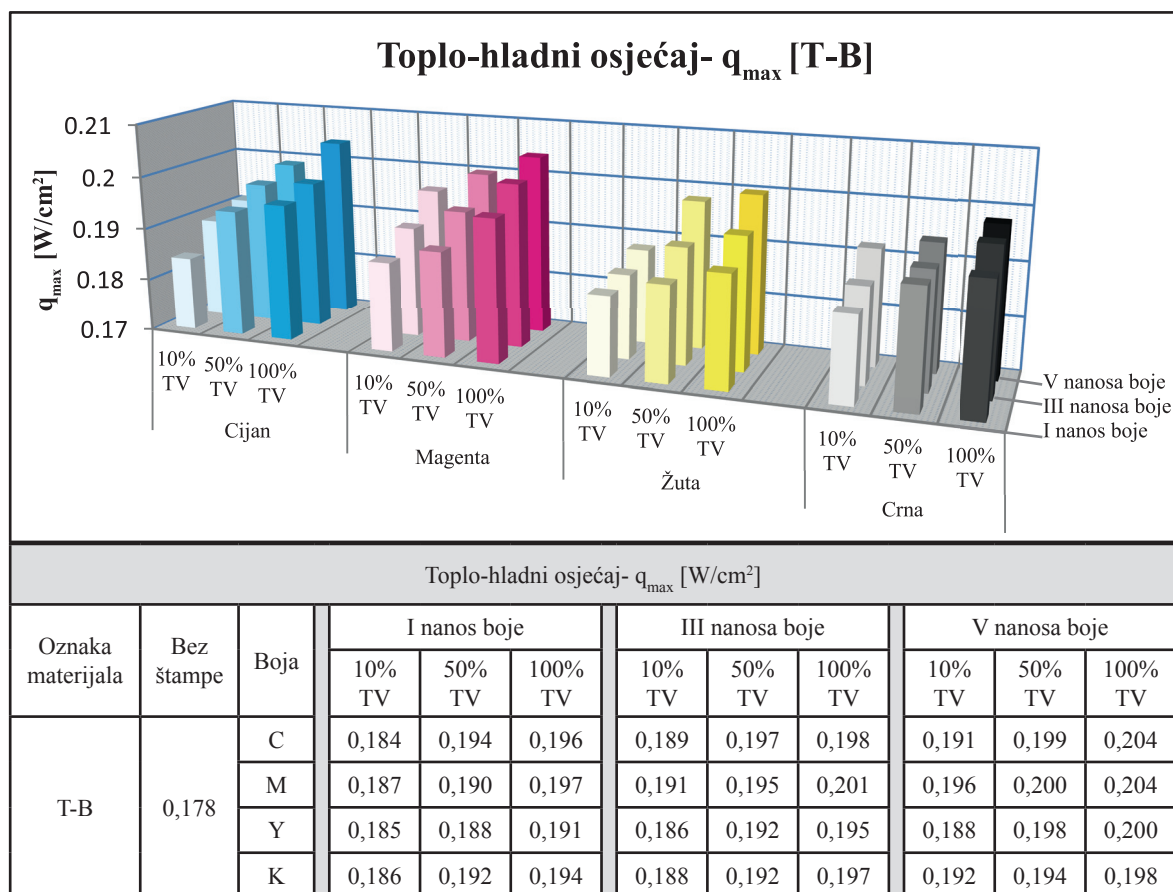
Slika 7.4. Toplo-hladni osjećaj štampanih pamučnih tkanina

Daljom analizom dobijenih rezultata toplo-hladnog osjećaja štampanih pamučnih tkanina (slika 7.4.) može se uočiti da su pri štampi pamučnih tkanina žutom bojom dobijene približno jednake vrijednosti toplo-hladnog osjećaja prilikom štampe 50% TV jednim nanosom boje, 10% TV sa tri nanosa boje, te 10% TV sa pet nanosa boje. Štampanjem pamučnih tkanina crnom bojom približno jednake vrijednosti nastale su u slučaju štampe 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, kao i u slučaju štampe 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV sa tri nanosa boje.

Međusobnim poređenjem vrijednosti toplo-hladnog osjećaja, štampanih pamučnih tkanina, dobijenih štampanjem različitim bojama može se primjetiti da su pri štampi jednim

i sa tri nanosa boje pri reprodukciji svijetlih i srednjih tonova najniže vrijednosti toplo-hladnog osjećaja dobijene u slučaju štampe crnom bojom. U isto vrijeme reprodukcijom tamnih tonova upotrebom crne boje dobijene su najviše vrijednosti toplo-hladnog osjećaja. Pamučne tkanine štampane sa pet nanosa boje u slučaju reprodukcije svijetlih tonova najniže vrijednosti toplo-hladnog osjećaja, takođe, posjeduju pri štampi crnom bojom. Reprodukcijom tamnih tonova, ponovo, su najviše vrijednosti nastale na uzorcima štampanim crnom bojom. Međutim, u slučaju reprodukcije srednjih tonova javlja se odstupanje u odnosu na uzorke štampane jednim i sa tri nanosa boje, koje se ogleda u tome da su najniže vrijednosti zabilježene na uzorcima štampanim žutom bojom.

Rezultati ispitivanja toplo-hladnog osjećaja štampanih poliestarskih tkanina prikazani su na slici 7.5.



Slika 7.5. Toplo-hladni osjećaj štampanih poliestarskih tkanina

Analizom vrijednosti toplo-hladnog osjećaja štampanih poliestarskih tkanina (slika 7.5.) može se primjetiti da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti toplo-hladnog osjećaja. Do rasta vrijednosti toplo-hladnog osjećaja dolazi i u slučaju povećavanja broja nanosa boje u štampi. Izuzeci, pri tome, su uzorci štampani sa 50% TV crne boje, kod kojih su postignute identične vrijednosti toplo-hladnog osjećaja pri štampi jednim i sa tri nanosa boje. Navedeni trendovi povećavanja vrijednosti toplo-hladnog osjećaja povećava-

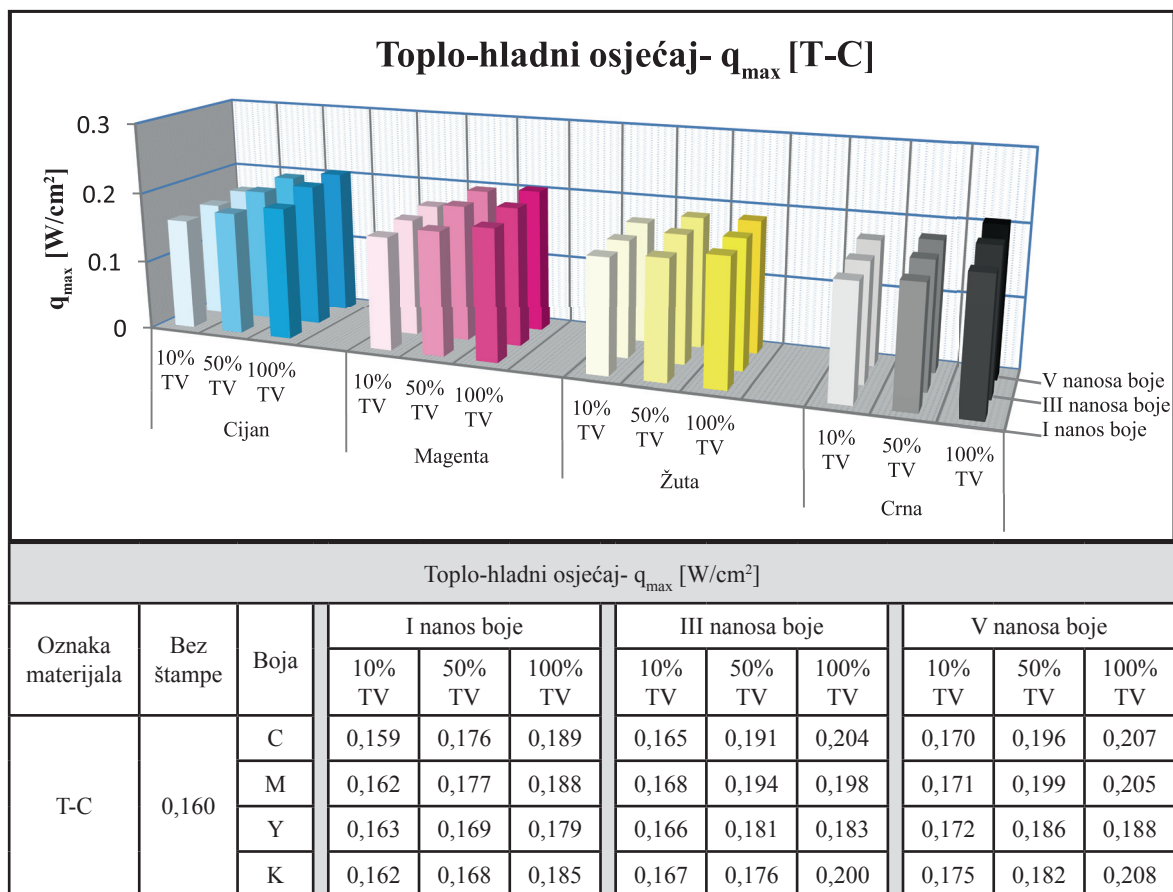
njem tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi javljaju se kod svih tkanina, bez obzira na to kojom bojom su štampane. Dalje, sa slike 7.5. može se uočiti i to da su apliciranjem procesa štampe na poliestarskim tkaninama nastale više vrijednosti toplo-hladnog osjećaja u odnosu na neštampane poliestarske tkanine, tj. procesom štampe poliestarske tkanine odaju hladniji osjećaj u odnosu na iste neštampane tkanine.

Dobijene vrijednosti toplo-hladnog osjećaja štampanih poliestarskih tkanina ukazuju na to da su prilikom štampe cijan bojom približno jednake vrijednosti nastale reprodukcijom 50% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje, kao i u slučaju reprodukcije 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje (slika 7.5.). Štampanjem magenta bojom približno jednake vrijednosti toplo-hladnog osjećaja dobijene su u slučaju reprodukcije 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, zatim reprodukcijom 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV sa tri nanosa boje, te u slučaju reprodukcije 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. U slučaju štampe žutom bojom identične vrijednosti su nastale reprodukcijom 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, približno jednake vrijednosti dobijene su reprodukcijom 50% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje, kao i u slučaju reprodukcije 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. Poliestarske tkanine štampane crnom bojom identične vrijednosti toplo-hladnog osjećaja imaju u slučaju reprodukcije 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV jednim i sa tri nanosa boje, zatim u slučaju reprodukcije 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje.

Vrijednosti toplo-hladnog osjećaja sa slike 7.5. ukazuju i na to da su najniže vrijednosti toplo-hladnog osjećaja štampanih poliestarskih tkanina postignute u slučaju štampe datih tkanina žutom bojom. Izuzeci pri tome su uzorci sa reprodukovanim srednjim i tamnim tonovima dobijeni štampanjem sa pet nanosa boje, kod kojih se najniže vrijednosti javljaju štampanjem uzoraka crnom bojom.

Rezultati ispitivanja toplo-hladnog osjećaja štampanih Co/PES tkanina prikazani su na slici 7.6.

Sagledavanjem vrijednosti toplo-hladnog osjećaja štampanih Co/PES tkanina (slika 7.6.) uočava se da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti toplo-hladnog osjećaja, nezavisno od toga da li su uzorci štampani jednim, sa tri ili pet nanosa boje u štampi. Pored toga, povećavanjem broja nanosa boje u štampi, takođe, dolazi do rasta vrijednosti toplo-hladnog osjećaja štampanih Co/PES tkanina. Navedeni trendovi povećavanja vrijednosti toplo-hladnog osjećaja povećavanjem tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi javljaju se kod svih tkanina, bez obzira na to kojom bojom su štampane. Vrijednosti sa slike 7.6. ukazuju i na to da štampanjem Co/PES tkanina nastalju više vrijednosti toplo-hladnog osjećaja u odnosu na neštampane Co/PES tkanine. Na osnovu toga, može se zaključiti da štampanjem i Co/PES tkanine daju hladniji osjećaj u odnosu na iste neštampane tkanine.



Slika 7.6. Toplo-hladni osjećaj štampanih Co/PES tkanina

Posmatranjem dobijenih vrijednosti toplo-hladnog osjećaja štampanih Co/PES tkanina (slika 7.6.) uočava se da su pri štampi datih uzoraka cijan bojom sa 50% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje dobijene približno jednake vrijednosti. Štampanjem datih uzoraka magenta bojom približno jednake vrijednosti toplo-hladnog osjećaja javile su se u slučaju štampe 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. U slučaju reprodukcije žutom bojom približno jednake vrijednosti su nastale u slučaju štampe uzoraka sa 50% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje. Na uzorcima štampanim crnom bojom približno jednake vrijednosti toplo-hladnog osjećaja javile su se u slučaju reprodukcije 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, kao i u slučaju reprodukcije 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV sa tri nanosa boje

Međusobnim poređenjem vrijednosti toplo-hladnog osjećaja štampanih Co/PES tkanina štampanih različitim bojama može se uočiti da su pri reprodukciji jednim nanosom boje najniže vrijednosti dobijene štampanjem cijan bojom. Štampanjem datih uzoraka sa tri nanosa boje najniže vrijednosti toplo-hladnog osjećaja dobijene su na uzorcima sa crnom bojom. U slučaju uzoraka štampanih sa pet nanosa boje najniže vrijednosti su nastale na uzorcima sa žutom bojom.

7.2. Statistička obrada rezultata mjerenja toplo-hladnog osjećaja

Obradom rezultata istraživanja toplo-hladnog osjećaja pomoću višestruke linearne regresione analize dobijene su statistički pouzdane zavisnosti toplo-hladnog osjećaja od ton-skih vrijednosti i broja nanosa boje pri štampi pojedinačnim bojama. Dobijeni statistički modeli predstavljeni su u tabeli 7.1.

Tabela 7.1. Vrijednosti koeficijenata višestruke linearne regresije za dobijene matematičke modele zavisnosti toplo-hladnog osjećaja od ton-skih vrijednosti i broja nanosa boje u štampi za ispitivane materijale štampane različitim bojama

P-A										
$q_{\max}(C) = 0,116 + 0,000315 \cdot TV + 0,004 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,116$			$b_1 = 0,000315$			$b_2 = 0,004$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,795	0,0084772	0,007	16,176	0,000004	0,000077	4,101	0,006	0,002	2,552	0,043
P-A										
$q_{\max}(M) = 0,114 + 0,000267 \cdot TV + 0,006 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,114$			$b_1 = 0,000267$			$b_2 = 0,006$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,760	0,0094300	0,008	14,259	0,000007	0,000085	3,127	0,020	0,002	3,030	0,023
P-A										
$q_{\max}(Y) = 0,125 + 0,000143 \cdot TV + 0,002 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,125$			$b_1 = 0,000143$			$b_2 = 0,002$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,851	0,0033372	0,003	44,216	$8,9601 \cdot 10^{-9}$	0,000030	4,739	0,003	0,001	3,425	0,014

Tabela 7.1.- nastavak

P-A										
$q_{\max}(K) = 0,115 + 0,000361 \cdot TV + 0,004 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,115$			$b_1 = 0,000361$			$b_2 = 0,004$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,775	0,0096370	0,008	14,037	0,000008	0,000087	4,143	0,006	0,002	1,864	0,112
P-B										
$q_{\max}(C) = 0,133 + 0,000033 \cdot TV + 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,133$			$b_1 = 0,000033$			$b_2 = 0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,956	0,000384	0,000326	409,557	$1,4301 \cdot 10^{-14}$	0,000003	9,428	0,000081	0,000078	6,377	0,001
P-B										
$q_{\max}(M) = 0,132 + 0,000078 \cdot TV + 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,132$			$b_1 = 0,000078$			$b_2 = 0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,952	0,0008190	0,001	190,540	$1,41 \cdot 10^{-12}$	0,000007	10,502	0,000044	0,000167	2,991	0,024
P-B										
$q_{\max}(Y) = 0,133 + 0,000037 \cdot TV + 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,133$			$b_1 = 0,000037$			$b_2 = 0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,974	0,0003500	0,000297	448,183	$8,3280 \cdot 10^{-15}$	0,000003	11,641	0,000024	0,000071	9,332	0,000086

Tabela 7.1.- nastavak

P-B										
$q_{\max}(K) = 0,130 + 0,000048 \cdot TV + 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,130$			$b_1 = 0,000048$			$b_2 = 0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,931	0,0008973	0,001	171,170	$2,6823 \cdot 10^{-12}$	0,000008	5,886	0,001	0,000183	6,825	0,000486
P-C										
$q_{\max}(C) = 0,116 + 0,0003 \cdot TV + 0,003 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,116$			$b_1 = 0,0003$			$b_2 = 0,003$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,825	0,0068482	0,006	19,965	0,000001	0,000062	4,843	0,003	0,001	2,206	0,070
P-C										
$q_{\max}(M) = 0,117 + 0,000289 \cdot TV + 0,003 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,117$			$b_1 = 0,000289$			$b_2 = 0,003$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,846	0,0059805	0,005	23,12	$4,2893 \cdot 10^{-7}$	0,000054	5,339	0,002	0,001	2,116	0,079
P-C										
$q_{\max}(Y) = 0,119 + 0,000225 \cdot TV + 0,002 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,119$			$b_1 = 0,000225$			$b_2 = 0,002$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,777	0,0060271	0,005	23,358	$4,0387 \cdot 10^{-7}$	0,000055	4,131	0,006	0,001	1,964	0,097

Tabela 7.1.- nastavak

P-C										
$q_{\max}(K) = 0,120 + 0,000266 \cdot TV + 0,003 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,120$			$b_1 = 0,000266$			$b_2 = 0,003$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,851	0,0055885	0,005	25,284	$2,5210 \cdot 10^{-7}$	0,000051	5,260	0,002	0,001	2,557	0,043
T-A										
$q_{\max}(C) = 0,159 + 0,000312 \cdot TV + 0,005 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,159$			$b_1 = 0,000312$			$b_2 = 0,005$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,876	0,0064101	0,005	29,204	$1,0683 \cdot 10^{-7}$	0,000058	5,372	0,002	0,001	3,694	0,010
T-A										
$q_{\max}(M) = 0,160 + 0,000339 \cdot TV + 0,004 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,160$			$b_1 = 0,000339$			$b_2 = 0,004$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,941	0,0043419	0,004	43,333	$1,0110 \cdot 10^{-8}$	0,000039	8,632	0,000133	0,001	4,513	0,004
T-A										
$q_{\max}(Y) = 0,159 + 0,000354 \cdot TV + 0,003 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,159$			$b_1 = 0,000354$			$b_2 = 0,003$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,923	0,0048912	0,004	38,428	$2,0739 \cdot 10^{-8}$	0,000044	7,990	0,000205	0,001	2,838	0,030

Tabela 7.1.- nastavak

T-A										
$q_{\max}(K) = 0,152 + 0,000460 \cdot TV + 0,004 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,152$			$b_1 = 0,000460$			$b_2 = 0,004$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,920	0,0064975	0,006	27,662	$1,4760 \cdot 10^{-7}$	0,000059	7,822	0,000231	0,001	2,827	0,030
T-B										
$q_{\max}(C) = 0,183 + 0,000123 \cdot TV + 0,002 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,183$			$b_1 = 0,000123$			$b_2 = 0,002$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,884	0,0023419	0,002	92,193	$1,0973 \cdot 10^{-10}$	0,000021	5,799	0,001	0,000478	3,486	0,013
T-B										
$q_{\max}(M) = 0,184 + 0,000104 \cdot TV + 0,002 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,184$			$b_1 = 0,000104$			$b_2 = 0,002$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,987	0,0007221	0,001	299,832	$9,2889 \cdot 10^{-14}$	0,000007	15,923	0,000004	0,000147	14,700	0,000006
T-B										
$q_{\max}(Y) = 0,181 + 0,000098 \cdot TV + 0,002 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,181$			$b_1 = 0,000098$			$b_2 = 0,002$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t		std. gr.	t	p
0,883	0,0020888	0,002	102,013	$5,9801 \cdot 10^{-11}$	0,000019	5,187	0,002	0,000426	4,300	0,005

Tabela 7.1.- nastavak

T-B										
$q_{\max}(K) = 0,185 + 0,000085 \cdot TV + 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,185$			$b_1 = 0,000085$			$b_2 = 0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,943	0,0010567	0,001	206,478	$8,7076 \cdot 10^{-13}$	0,000010	8,854	0,000115	0,000216	4,636	0,004
T-C										
$q_{\max}(C) = 0,151 + 0,000387 \cdot TV + 0,004 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,151$			$b_1 = 0,000387$			$b_2 = 0,004$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,929	0,0053104	0,005	33,582	$4,6414 \cdot 10^{-8}$	0,000048	8,041	0,000198	0,001	3,767	0,009
T-C										
$q_{\max}(M) = 0,155 + 0,000325 \cdot TV + 0,004 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,155$			$b_1 = 0,000325$			$b_2 = 0,004$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,867	0,0065335	0,006	28,029	$1,3645 \cdot 10^{-7}$	0,000059	5,501	0,002	0,001	2,999	0,024
T-C										
$q_{\max}(Y) = 0,158 + 0,000178 \cdot TV + 0,003 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,158$			$b_1 = 0,000178$			$b_2 = 0,003$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,894	0,0034122	0,003	54,632	$2,5254 \cdot 10^{-9}$	0,000031	5,758	0,001	0,001	4,188	0,006

Tabela 7.1.- nastavak

T-C										
$q_{\max}(K) = 0,150 + 0,000334 \cdot TV + 0,004 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,150$			$b_1 = 0,000334$			$b_2 = 0,004$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,942	0,0042598	0,004	41,520	$1,3057 \cdot 10^{-8}$	0,000039	8,671	0,000130	0,001	4,792	0,003
Napomena: oznaka TV predstavlja tonsku vrijednost ili tonsku pokrivenost, BN broj nanosa boje u štampi, P predstavlja pletenine, a T tkanine, A, B i C su oznake materijala.										

Na osnovu eksperimentalno dobijenih rezultata upotrebom višestruke regresione analize dobijene su statistički pouzdane zavisnosti toplo-hladnog osjećaja od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje u štampi pri štampi svim bojama za ispitivane: poliestarske pletenine, Co/PES pletenine, pamučne tkanine, poliestarske tkanine i Co/PES tkanine (tabela 7.2.). Dobijena statistička zavisnost toplo-hladnog osjećaja od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje u štampi pri štampi svim bojama za ispitivane pamučne pletenine nije značajna jer je vrijednost koeficijenta višestruke regresije iznosila 0,692.

Tabela 7.2. Vrijednosti koeficijenata višestruke linearne regresije za dobijene matematičke modele zavisnosti toplo-hladnog osjećaja od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje za štampane ispitivane materijale

P-B										
$q_{\max} = 0,132 + 0,000049 \cdot TV + 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,132$			$b_1 = 0,000049$			$b_2 = 0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,783	0,0011864	0,001	262,905	$2,1787 \cdot 10^{-56}$	0,000005	9,094	$1,6523 \cdot 10^{-10}$	0,000121	6,022	$9,0445 \cdot 10^{-7}$
P-C										
$q_{\max} = 0,118 + 0,000270 \cdot TV + 0,003 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,118$			$b_1 = 0,000270$			$b_2 = 0,003$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,807	0,0055785	0,002	49,932	$1,1397 \cdot 10^{-32}$	0,000025	10,701	$2,8914 \cdot 10^{-12}$	0,001	4,830	0,000030

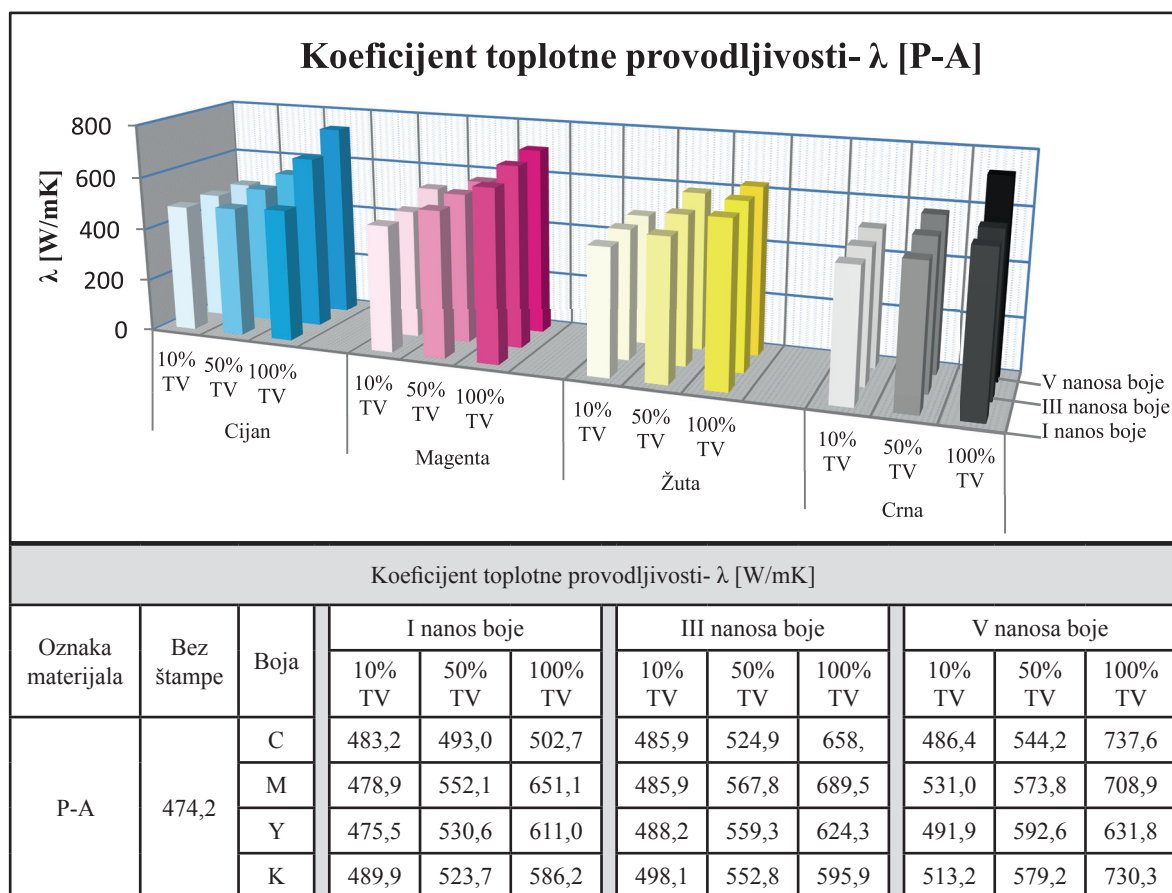
Tabela 7.2.- nastavak

T-A										
$q_{\max} = 0,158 + 0,000366 \cdot TV + 0,004 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,158$			$b_1 = 0,000366$			$b_2 = 0,004$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,887	0,0055488	0,002	66,956	$7,8132 \cdot 10^{-37}$	0,000025	14,581	$6,0960 \cdot 10^{-16}$	0,001	6,806	$9,1984 \cdot 10^{-8}$
T-B										
$q_{\max} = 0,183 + 0,000102 \cdot TV + 0,002 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,183$			$b_1 = 0,000102$			$b_2 = 0,002$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,799	0,0024358	0,001	117,290	$9,5726 \cdot 10^{-51}$	0,000011	9,292	$9,8432 \cdot 10^{-11}$	0,000249	6,704	$1,2333 \cdot 10^{-7}$
T-C										
$q_{\max} = 0,154 + 0,000306 \cdot TV + 0,004 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,154$			$b_1 = 0,000306$			$b_2 = 0,004$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,818	0,0063397	0,003	57,159	$1,3841 \cdot 10^{-34}$	0,000029	10,665	$3,1489 \cdot 10^{-12}$	0,001	5,860	0,000001

7.3. Rezultati mjerenja koeficijenta toplotne provodljivosti

7.3.1. Rezultati mjerenja koeficijenta toplotne provodljivosti štampanih pletenina

Rezultati ispitivanja toplotne provodljivosti štampanih pamučnih pletenina prikazani su na slici 7.7.



Slika 7.7. Toplotna provodljivost štampanih pamučnih pletenina

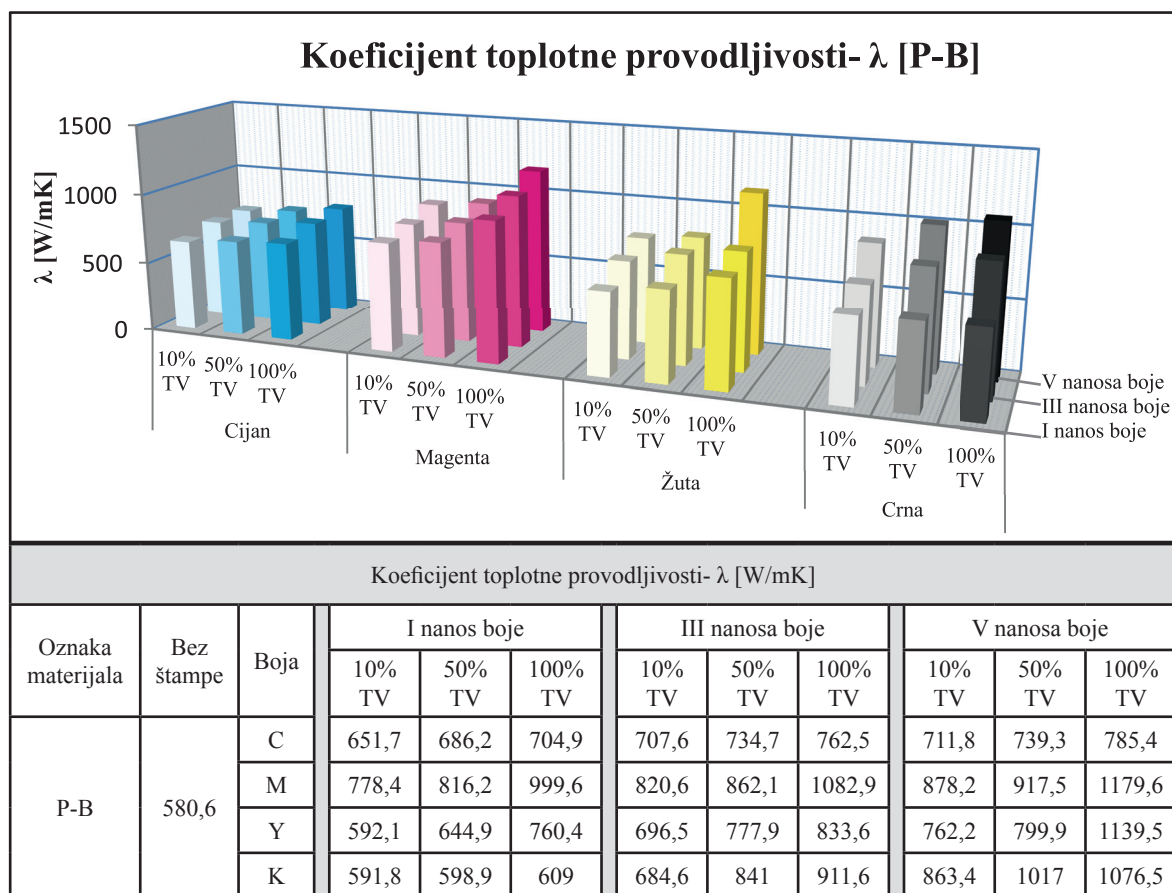
Posmatrajući vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti pamučnih pletenina prije i posle štampe može se primjetiti da su vrijednosti više nakon izlaganja datih pletenina procesu štampe (slika 7.7.). Dalje, može se primjetiti i to da povećavanjem tonske pokrivenosti rastu i vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti, nezavisno od toga da li su uzorci štampani jednim, sa tri ili pet nanosa boje u štampi. Dobijeni rezultati mjerenja koeficijenata toplotne provodljivosti štampanih pamučnih pletenina ukazuju i na uticaj broja nanosa boje u štampi, kao parametra procesa štampe, na ovaj parametar toplotnih svojstava. Uticaj ovog parametra procesa štampe ogleda se u tome da povećavanjem broja nanosa boje u štampi dolazi do rasta vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti.

Analizom vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti štampanih pletenina može se uočiti i to da je kombinacijom tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi moguće ostvariti slične vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti. Tako su, u slučaju uzoraka

štampanih cijan bojom približno jednake vrijednosti toplotne provodljivosti nastale štampanjem uzoraka sa 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje. Štampanjem žutom bojom sa 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje dobijene su, takođe, približno jednake vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti. Približno jednake vrijednosti u slučaju štampe pamučnih pletenina crnom bojom javljaju se štampanjem uzoraka sa 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, kao i pri štampi 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje.

Sagledavanjem vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti sa slika 7.7. može se primjetiti da su ove vrijednosti zavisne i od vrste korištenih boja. Tako su prilikom štampe uzoraka jednim i sa tri nanosa boje u svijetlim tonovima najviše vrijednosti izmjerene na uzorcima štampanim crnom bojom. Štampanjem srednjih i tamnih tonova najviše vrijednosti su nastale kod uzoraka štampanih magenta bojom. U slučaju uzoraka štampanih sa pet nanosa boje najviše vrijednosti pri reprodukciji svijetlih tonova su nastale štampanjem magenta bojom. Na uzorcima sa srednjim tonovima najviše vrijednosti javljaju se štampanjem žutom bojom, dok su u tamnim tonovima najviše vrijednosti zabilježene kod uzoraka štampanih cijan bojom.

Rezultati ispitivanja toplotne provodljivosti štampanih poliestarskih pletenina prikazani su na slici 7.8.



Slika 7.8. Toplotna provodljivost štampanih poliestarskih pletenina

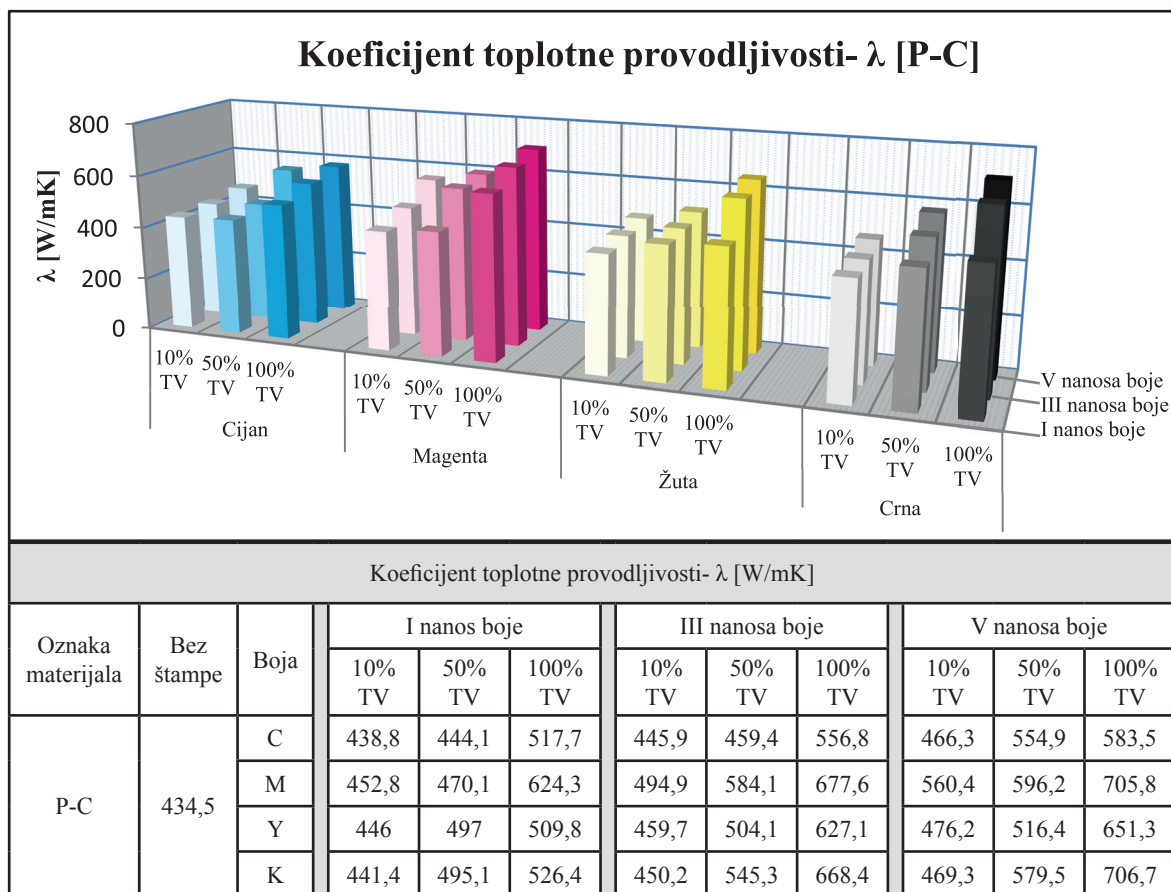
Rezultati ispitivanja koeficijenata toplotne provodljivosti štampanih poliestarskih pletenina pokazuju da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti (slika 7.8.). U isto vrijeme, dobijeni rezultati mjerenja ukazuju i na to da i povećavanjem broja nanosa boje u štampi rastu vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti, nezavisno od toga da li su uzorci štampani jednim, sa tri ili pet nanosa boje u štampi. Posmatranjem vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti sa slike 7.8. uočava se i to da su procesom štampe poliestarskih pletenina dobijene više vrijednosti toplotne provodljivosti u odnosu na iste vrijednosti koje se javljaju kod neštampanih datih pletenina.

Daljom analizom dobijenih rezultata koeficijenata toplotne provodljivosti štampanih poliestarskih pletenina (slika 7.8.) moguće je primjetiti da su pri štampi uzoraka cijan bojom približno jednake vrijednosti nastale u slučaju štampe uzoraka sa 10% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje. Štampanjem uzoraka magenta bojom približno jednake vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti su nastale štampanjem uzoraka sa 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, te u slučaju štampe 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV sa tri nanosa boje. Približno jednake vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti nastale su i u slučaju štampe uzoraka žutom bojom pri reprodukciji 10% TV sa pet nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje.

Sagledavanjem vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti poliestarskih pletenina štampanih različitim bojama jednim i sa tri nanosa boje uočava se da su najviše vrijednosti nastale u slučaju štampe uzoraka magenta bojom. Date vrijednosti su najviše pri reprodukciji i svijetlih i srednjih i tamnih tonova. Reprodukcijom svijetlih i tamnih tonova sa pet nanosa boje, na poliestarskim pleteninama, najviše vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti, takođe, se javljaju u slučaju štampe uzoraka magenta bojom. S druge strane, pri reprodukciji srednjih tonova sa pet nanosa boje najviše vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti zabilježene su na uzorcima štampanim crnom bojom.

Rezultati ispitivanja toplotne provodljivosti štampanih Co/PES pletenina prikazani su na slici 7.9.

Analizom vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti štampanih Co/PES pletenina (slika 7.9.) može se primjetiti da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti. Vrijednosti na slici 7.9. ukazuju i na to da povećavanjem broja nanosa boje u štampi, takođe, dolazi do rasta vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti. Trend povećavanja vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti povećavanjem tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi javlja se kod svih Co/PES pletenina, bez obzira na to kojom bojom su štampane. Pored toga, vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti Co/PES pletenina prije i nakon štampe ukazuju i na to da su date vrijednosti više nakon izlaganja pletenina procesu štampe.



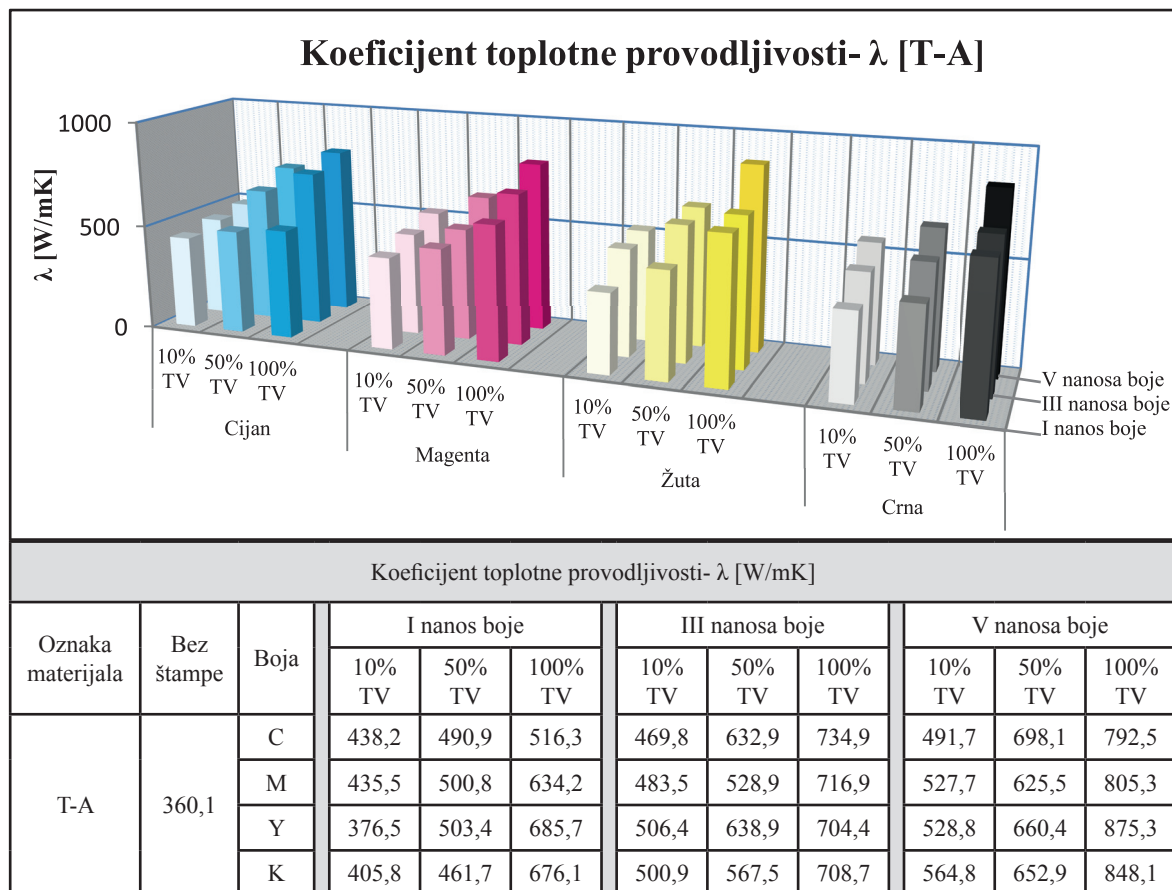
Slika 7.9. Toplotna provodljivost štampanih Co/PES pletenina

Posmatranjem vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti na Co/PES pleteninama štampanim cijan bojom uočava se da se približno jednake vrijednosti javljaju u slučaju štampe uzoraka sa 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, zatim štampanjem 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV sa tri nanosa boje, te u slučaju štampe 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. U slučaju uzoraka štampanih žutom bojom približno jednake vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti su nastale u slučaju štampe 50% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje.

Sagledavanjem vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti Co/PES pletenina štampanih različitim bojama (slika 7.9.) jednim nanosom boje uočava se da su pri reprodukciji svijetlih i srednjih tonova najniže vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti nastale u slučaju štampe uzoraka cijan bojom. Reprodukcijom tamnih tonova jednim nanosom boje najniže vrijednosti su nastale štampanjem uzoraka žutom bojom. Štampanjem Co/PES pletenina sa tri nanosa boje najniže vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti, pri reprodukciji čitavog tonskog opsega, su nastale štampanjem uzoraka cijan bojom. U slučaju štampe Co/PES pletenina sa pet nanosa boje reprodukcijom svijetlih i tamnih tonova najniže vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti nastale su, takođe, štampanjem uzoraka cijan bojom. Reprodukcijom srednjih tonova sa pet nanosa boje najniže vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti su nastale štampanjem uzoraka žutom bojom.

7.3.2. Rezultati mjerenja koeficijenta toplotne provodljivosti štampanih tkanina

Rezultati ispitivanja toplotne provodljivosti štampanih pamučnih tkanina prikazani su na slici 7.10.



Slika 7.10. Toplotna provodljivost štampanih pamučnih tkanina

Analiziranjem vrijednosti koeficijenta toplotne provodljivosti štampanih pamučnih tkanina (slika 7.10.) primjećuje se da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti koeficijenta toplotne provodljivosti, nezavisno od toga da li su uzorci štampani jednim, sa tri ili pet nanosa boje u štampi. Rezultati sa slike 7.10. ukazuju i na to da povećavanjem broja nanosa boje u štampi, takođe, dolazi do rasta vrijednosti koeficijenta toplotne provodljivosti štampanih pamučnih tkanina. Navedeni trendovi povećavanja vrijednosti koeficijenta toplotne provodljivosti povećavanjem tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi važe za sve boje. Posmatranjem vrijednosti sa slike 7.10. može se primjetiti i to da su apliciranjem procesa štampe dobijene vrijednosti koeficijenta toplotne provodljivosti koje su više u odnosu na iste vrijednosti neštampanih pamučnih tkanina.

Daljom analizom dobijenih rezultata koeficijenta toplotne provodljivosti štampanih pamučnih tkanina (slika 7.10.) može se uočiti da su pri štampi pamučnih tkanina cijan bojom dobijene gotovo identične vrijednosti koeficijenta toplotne provodljivosti prilikom štampe

10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje. Štampanjem pamučnih tkanina magenta bojom približno jednake vrijednosti nastale su u slučaju štampe 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV sa tri nanosa boje, kao i u slučaju štampe 50% TV sa pet nanosa boje i 10% TV jednim nanosom boje. Reprodukciom žutom bojom približno jednake vrijednosti koeficijenta toplotne provodljivosti su nastale u slučaju štampe uzoraka sa 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje. U slučaju štampe pamučnih pletenina crnom bojom približno jednake vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti nastale su reprodukcijom 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV sa tri nanosa boje.

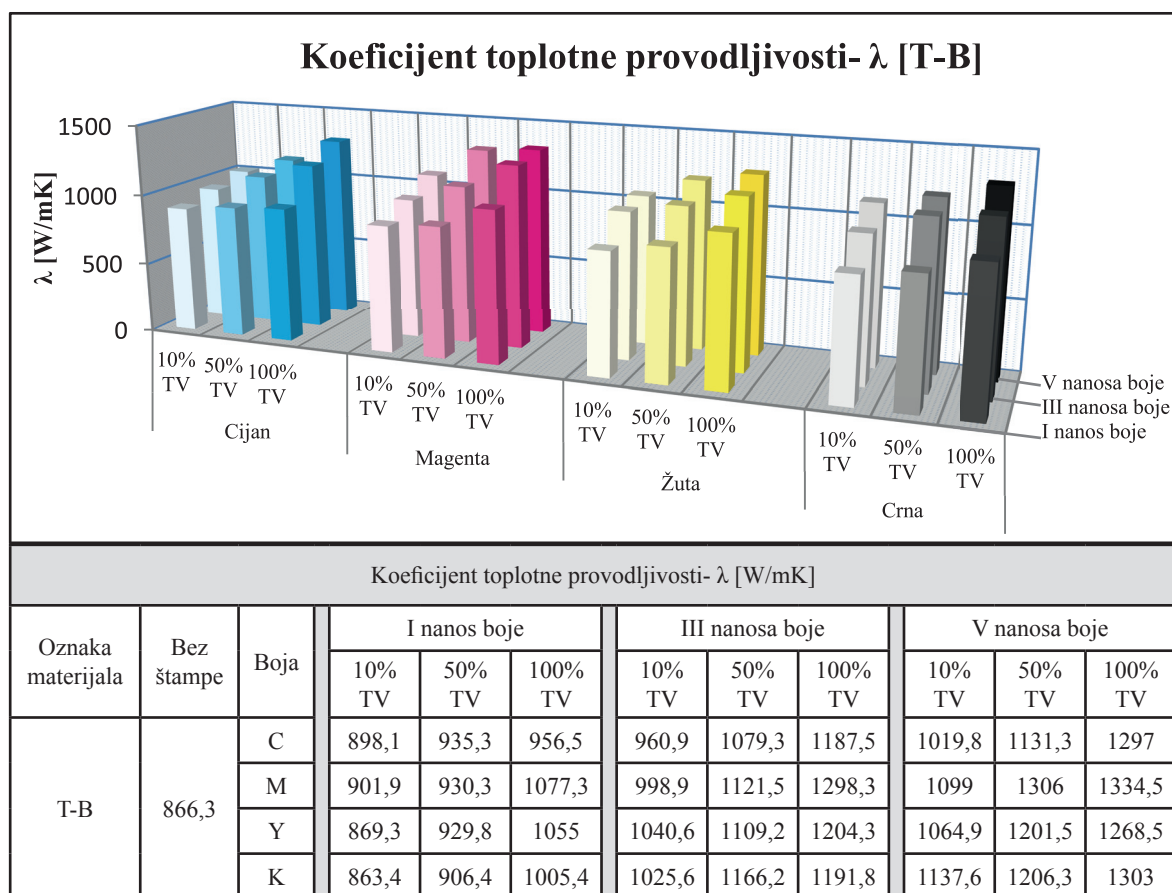
Međusobnim poređenjem vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti, štampanih pamučnih tkanina, dobijenih štampanjem različitim bojama može se primjetiti da su pri štampi jednim nanosom boje pri reprodukciji srednjih i tamnih tonova najviše vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti dobijene u slučaju štampe žutom bojom. U isto vrijeme reprodukcijom svijetlih tonova upotrebom cijan boje dobijene su najviše vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti. Pamučne tkanine štampane sa tri nanosa boje u slučaju reprodukcije svijetlih i srednjih tonova najviše vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti posjeduju pri štampi žutom bojom. Reprodukciom tamnih tonova, sa tri nanosa boje, najviše vrijednosti su nastale na uzorcima štampanim cijan bojom. Štampanjem svijetlih tonova sa pet nanosa boje najviše vrijednosti toplotne provodljivosti pamučnih tkanina su ostvarene u slučaju štampe crnom bojom. U slučaju reprodukcije srednjih tonova najviše vrijednosti se javljaju na uzorcima štampanim cijan bojom, dok su pri reprodukciji tamnih tonova najviše vrijednosti nastale štampanjem uzoraka žutom bojom.

Rezultati ispitivanja toplotne provodljivosti štampanih poliestarskih tkanina prikazani su na slici 7.11.

Analizom vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti štampanih poliestarskih tkanina (slika 7.11.) može se primjetiti da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti. Do rasta vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti dolazi i u slučaju povećavanja broja nanosa boje u štampi. Navedeni trendovi povećavanja vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti povećavanjem tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi javljaju se kod svih tkanina, bez obzira na to kojom bojom su štampane. Dalje, sa slika 7.11. se može uočiti i to da su štampanjem na poliestarskim tkaninama nastale više vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti u odnosu na neštampane poliestarske tkanine. Izuzetak pri tome su uzorci štampani jednim nanosom boje svijetlim tonovima žute boje, čije vrijednosti su neznatno niže od vrijednosti neštampanih uzoraka.

Dobijene vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti štampanih poliestarskih tkanina ukazuju na to da su prilikom štampe cijan bojom približno jednake vrijednosti nastale reprodukcijom 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje (slika 7.11.). Štampanjem magenta bojom približno jednake vrijednosti koeficijenata toplotne provod-

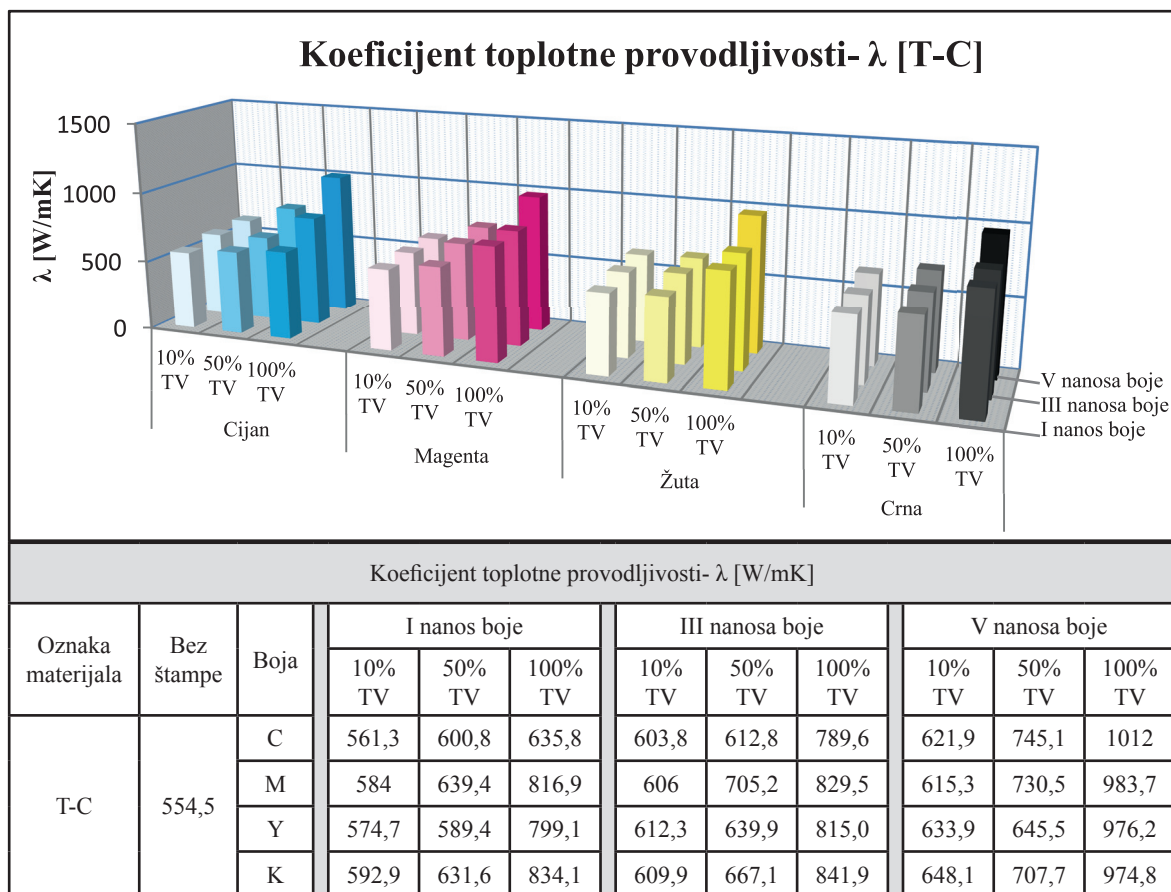
ljivosti dobijene su u slučaju reprodukcije 10% TV sa pet nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje. U slučaju štampe žutom bojom približno jednake vrijednosti su nastale reprodukcijom 10% TV sa pet nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje, kao i reprodukcijom 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. Poliestarske tkanine štampane crnom bojom približno jednake vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti imaju u slučaju reprodukcije 10% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje.



Slika 7.11. Toplotna provodljivost štampanih poliestarskih tkanina

Međusobnim poređenjem vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti sa slike 7.11., dobijenih štampanjem poliestarskih tkanina različitim bojama, uočava se da su u slučaju štampe uzoraka jednim nanosom boje najniže vrijednosti pri reprodukciji svijetlih i srednjih tonova dobijene štampanjem crnom bojom. Reprodukcijom tamnih tonova jednim nanosom boje najniže vrijednosti su nastale štampanjem uzoraka cijan bojom. Štampanjem poliestarskih tkanina sa tri nanosa boje najniže vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti se javljaju na uzorcima štampanim cijan bojom, bez obzira koji dio tonskog opsega se reprodukuje. U slučaju reprodukcije svijetlih i srednjih tonova sa pet nanosa boje najniže vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti nastale su na uzorcima sa cijan bojom, dok se pri reprodukciji tamnih tonova najniže vrijednosti javljaju na uzorcima sa žutom bojom.

Rezultati ispitivanja toplotne provodljivosti štampanih Co/PES tkanina prikazani su na slici 7.12.



Slika 7.12. Toplotna provodljivost štampanih Co/PES tkanina

Sagledavanjem vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti štampanih Co/PES tkanina (slika 7.12.) uočava se da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti, nezavisno od toga da li su uzorci štampani jednim, sa tri ili pet nanosa boje u štampi. Pored toga, povećavanjem broja nanosa boje u štampi, takođe, dolazi do rasta vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti štampanih Co/PES tkanina. Navedeni trendovi povećavanja vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti povećavanjem tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi javljaju se kod svih tkanina, bez obzira na to kojom bojom su štampane. Vrijednosti sa slike 7.12. ukazuju i na to da se procesom štampanja na Co/PES tkaninama dobijaju više vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti u odnosu na date vrijednosti na neštampanim Co/PES tkaninama.

Posmatranjem dobijenih vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti štampanih Co/PES tkanina (slika 7.12.) uočava se da su pri štampi datih uzoraka cijan bojom približno jednake vrijednosti dobijene reprodukcijom 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, te u slučaju reprodukcije 10% TV jednim nanosom boje i 50% TV sa tri nanosa boje. Štampanjem datih uzoraka magenta i crnom bojom približno jednake vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti javljaju se u slučaju štampe uzoraka sa 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje. U slučaju reprodukcije žutom bojom približno jednake vrijednosti su nastale prilikom štampe uzoraka sa 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV sa tri nanosa boje.

Međusobnim poređenjem vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti štampanih Co/PES tkanina štampanih različitim bojama može se uočiti da su pri reprodukciji svijetlih i tamnih tonova jednim nanosom boje najniže vrijednosti dobijene štampanjem cijan bojom. U slučaju reprodukcije srednjih tonova jednim nanosom boje najniže vrijednosti javljaju se na uzorcima štampanim žutom bojom. Štampanjem datih uzoraka sa tri nanosa boje najniže vrijednosti koeficijenata toplotne provodljivosti dobijene su na uzorcima sa cijan bojom. U slučaju uzoraka štampanih sa pet nanosa boje najniže vrijednosti pri reprodukciji svijetlih tonova su nastale pri štampi magenta bojom, reprodukcijom srednjih tonova u slučaju štampe žutom bojom i reprodukcijom tamnih tonova štampanjem crnom bojom.

7.4. Statistička obrada rezultata mjerenja koeficijenta toplotne provodljivosti

Obradom rezultata istraživanja koeficijenata toplotne provodljivosti pomoću višestruke linearne regresione analize dobijene su statistički pouzdane zavisnosti koeficijenata toplotne provodljivosti od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje pri štampi pojedinačnim bojama za sve ispitivane uzorke sem pamučnih pletenina štampanih cijan bojom. Dobijeni statistički model zavisnosti koeficijenata toplotne provodljivosti od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje pri štampi pamučnih pletenina cijan bojom nije statistički značajan jer koeficijent višestruke linearne regresije iznosi 0,729. Međutim, upotrebom proste linearne regresione analize dobijeni su statistički pouzdani modeli zavisnosti koeficijenata toplotne provodljivosti od tonskih vrijednosti pri štampi unaprijed definisanim brojem nanosa boje za pamučne pletenine štampane cijan bojom. Dobijeni statistički modeli predstavljeni su u tabelama 7.3. i 7.4.

Tabela 7.3. Vrijednosti koeficijenata višestruke linearne regresije za dobijene matematičke modele zavisnosti koeficijenta toplotne provodljivosti od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje za ispitivane materijale štampane različitim bojama

P-A										
$\lambda (M) = 439,136 + 2,064 \cdot TV + 10,967 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 439,136$			$b_1 = 2,064$			$b_2 = 10,967$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,978	14,19125	12,036	36,487	$2,8273 \cdot 10^{-8}$	0,128	16,064	0,000004	2,897	3,786	0,009

Tabela 7.3.- nastavak

P-A										
$\lambda(Y) = 450,691 + 1,512 \cdot TV + 8,267 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 450,691$			$b_1 = 1,512$			$b_2 = 8,267$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,965	13,44124	11,399	39,536	$1,7497 \cdot 10^{-8}$	0,122	12,425	0,000017	2,744	3,013	0,024
P-A										
$\lambda(K) = 425,894 + 1,531 \cdot TV + 18,575 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 425,894$			$b_1 = 1,531$			$b_2 = 18,575$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,846	33,39352	28,321	15,038	0,000005	0,302	5,063	0,002	6,816	2,725	0,034
P-B										
$\lambda(C) = 636,261 + 0,671 \cdot TV + 16,142 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 636,261$			$b_1 = 0,671$			$b_2 = 16,142$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,908	14,05601	11,921	53,374	$2,9035 \cdot 10^{-9}$	0,127	5,270	0,002	2,869	5,626	0,001
P-B										
$\lambda(M) = 672,450 + 2,970 \cdot TV + 31,758 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 672,450$			$b_1 = 2,970$			$b_2 = 31,758$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,904	48,16886	40,852	16,461	0,000003	0,436	6,810	0,000491	9,832	3,230	0,018

Tabela 7.3.- nastavak

P-B										
$\lambda(Y) = 465,735 + 2,564 \cdot TV + 58,683 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 465,735$			$b_1 = 2,564$			$b_2 = 58,683$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,841	71,69910	60,808	7,659	0,000259	0,649	3,951	0,008	14,636	4,010	0,007
P-B										
$\lambda(K) = 421,339 + 1,663 \cdot TV + 96,433 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 421,339$			$b_1 = 1,663$			$b_2 = 96,433$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,933	55,33213	46,927	8,979	0,000107	0,501	3,319	0,016	11,295	8,538	0,000142
P-C										
$\lambda(C) = 384,288 + 1,145 \cdot TV + 17,008 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 384,288$			$b_1 = 1,145$			$b_2 = 17,008$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,883	22,55465	19,128	20,090	$9,8768 \cdot 10^{-7}$	0,204	5,607	0,001	4,604	3,694	0,010
P-C										
$\lambda(M) = 395,374 + 1,872 \cdot TV + 26,267 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 395,374$			$b_1 = 1,872$			$b_2 = 26,267$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,939	25,28611	21,445	18,437	0,000002	0,229	8,178	0,000180	5,162	5,089	0,002

Tabela 7.3.- nastavak

P-C										
$\lambda(Y) = 392,157 + 1,517 \cdot TV + 15,925 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 392,157$			$b_1 = 1,517$			$b_2 = 15,925$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,841	32,83016	27,843	14,085	0,000008	0,297	5,104	0,002	6,701	2,376	0,055
P-C										
$\lambda(K) = 362,816 + 1,997 \cdot TV + 24,383 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 362,816$			$b_1 = 1,997$			$b_2 = 24,383$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,889	36,20796	30,708	11,815	0,000022	0,328	6,092	0,001	7,391	3,299	0,016
T-A										
$\lambda(C) = 325,580 + 2,348 \cdot TV + 44,742 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 325,580$			$b_1 = 2,348$			$b_2 = 44,742$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,837	61,11136	51,828	6,282	0,001	0,553	4,244	0,005	12,474	3,587	0,012
T-A										
$\lambda(M) = 345,51 + 2,658 \cdot TV + 32,333 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 345,51$			$b_1 = 2,658$			$b_2 = 32,333$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,958	28,55515	24,217	14,267	0,000007	0,259	10,280	0,000049	5,829	5,547	0,001

Tabela 7.3.- nastavak

T-A										
$\lambda(Y) = 315,678 + 3,159 \cdot TV + 41,575 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 315,678$			$b_1 = 3,159$			$b_2 = 41,575$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,951	37,40589	31,724	9,951	0,000069	0,339	9,327	0,000086	7,635	5,445	0,002
T-A										
$\lambda(K) = 315,688 + 2,855 \cdot TV + 43,517 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 315,688$			$b_1 = 2,855$			$b_2 = 43,517$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,960	31,64832	26,841	11,762	0,000023	0,287	9,964	0,000059	6,460	6,736	0,001
T-B										
$\lambda(C) = 776,412 + 2,077 \cdot TV + 54,850 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 776,412$			$b_1 = 2,077$			$b_2 = 54,850$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,884	52,12619	44,208	17,563	0,000002	0,472	4,401	0,005	10,640	5,155	0,002
T-B										
$\lambda(M) = 771,444 + 2,619 \cdot TV + 69,167 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 771,444$			$b_1 = 2,619$			$b_2 = 69,167$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,933	48,91459	41,484	18,596	0,000002	0,443	5,914	0,001	9,985	6,927	0,000448

Tabela 7.3.- nastavak

T-B										
$\lambda(Y) = 803,422 + 2,043 \cdot TV + 56,733 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 803,422$			$b_1 = 2,043$			$b_2 = 56,733$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,943	35,92558	30,468	26,369	$1,9630 \cdot 10^{-7}$	0,325	6,280	0,001	7,333	7,736	0,000245
T-B										
$\lambda(K) = 778,656 + 1,743 \cdot TV + 72,642 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 778,656$			$b_1 = 1,743$			$b_2 = 72,642$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,942	40,81729	34,617	22,494	$5,0526 \cdot 10^{-7}$	0,370	4,716	0,003	8,332	8,719	0,000126
T-C										
$\lambda(C) = 411,552 + 2,441 \cdot TV + 48,425 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 411,552$			$b_1 = 2,441$			$b_2 = 48,425$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,796	74,24647	62,968	6,536	0,001	0,672	3,631	0,011	15,155	3,195	0,019
T-C										
$\lambda(M) = 486,755 + 3,081 \cdot TV + 24,100 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 486,755$			$b_1 = 3,081$			$b_2 = 24,100$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,926	41,48481	35,183	13,835	0,000009	0,376	8,204	0,000177	8,468	2,846	0,029

Tabela 7.3.- nastavak

T-C										
$\lambda(Y) = 469,167 + 2,928 \cdot TV + 24,367 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 469,167$			$b_1 = 2,928$			$b_2 = 24,367$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,815	67,10613	56,912	8,244	0,000172	0,608	4,820	0,003	13,698	1,779	0,126
T-C										
$\lambda(K) = 494,203 + 3,017 \cdot TV + 22,667 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 494,203$			$b_1 = 3,017$			$b_2 = 22,667$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,901	47,48284	40,270	12,272	0,000018	0,430	7,019	0,000417	9,692	2,339	0,058

Tabela 7.4. Vrijednosti koeficijenata linearne regresije za dobijene matematičke modele zavisnosti koeficijenata toplotne provodljivosti od tonskih vrijednosti pamučnih pletenina štampanih cijan bojom i različitim brojem nanosa boje

P-A							
Cijan I prolaz: $\lambda = 481,461 + 0,216 \cdot TV$							
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 481,461$			$b_1 = 0,216$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,996	0,92346	0,938	513,021	0,001	0,014	14,898	0,043
P-A							
Cijan III nanosa boje: $\lambda = 452,531 + 1,948 \cdot TV$							
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 452,531$			$b_1 = 1,948$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,942	30,69162	31,191	14,509	0,044	0,481	4,047	0,154

Tabela 7.4.- nastavak

P-A							
Cijan V nanosa boje: $\lambda = 438,187 + 2,835 \cdot TV$							
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 438,187$			$b_1 = 2,835$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,944	43,87362	44,587	9,828	0,065	0,688	4,121	0,152

Na osnovu eksperimentalno dobijenih rezultata upotrebom višestruke regresione analize dobijene su statistički pouzdane zavisnosti koeficijenata toplotne provodljivosti od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje u štampi pri štampi svim bojama za ispitivane: pamučne pletenine, pamučne tkanine, poliestarske tkanine i Co/PES tkanine (tabela 7.5.). Dobijene statističke zavisnosti koeficijenata toplotne provodljivosti od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje u štampi pri štampi svim bojama za ispitivane poliestarske i Co/PES pletenine nisu značajna jer su vrijednosti koeficijenta višestruke regresije iznosile 0,525 (poliestarske pletenine) i 0,748 (Co/PES pletenine).

Tabela 7.5. Vrijednosti koeficijenata višestruke linearne regresije za dobijene matematičke modele zavisnosti koeficijenata toplotne provodljivosti od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje za štampane ispitivane materijale

P-A										
$\lambda = 425,197 + 1,693 \cdot TV + 15,479 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 425,197$			$b_1 = 1,693$			$b_2 = 15,479$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,806	34,42449	14,598	29,128	$4,0461 \cdot 10^{-25}$	0,156	10,866	$1,9454 \cdot 10^{-12}$	3,513	4,406	0,000105
T-A										
$\lambda = 325,614 + 2,755 \cdot TV + 40,542 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 325,614$			$b_1 = 2,755$			$b_2 = 40,542$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,910	39,68739	16,829	19,348	$1,4052 \cdot 10^{-19}$	0,180	15,334	$1,4255 \cdot 10^{-16}$	4,051	10,009	$1,5835 \cdot 10^{-11}$

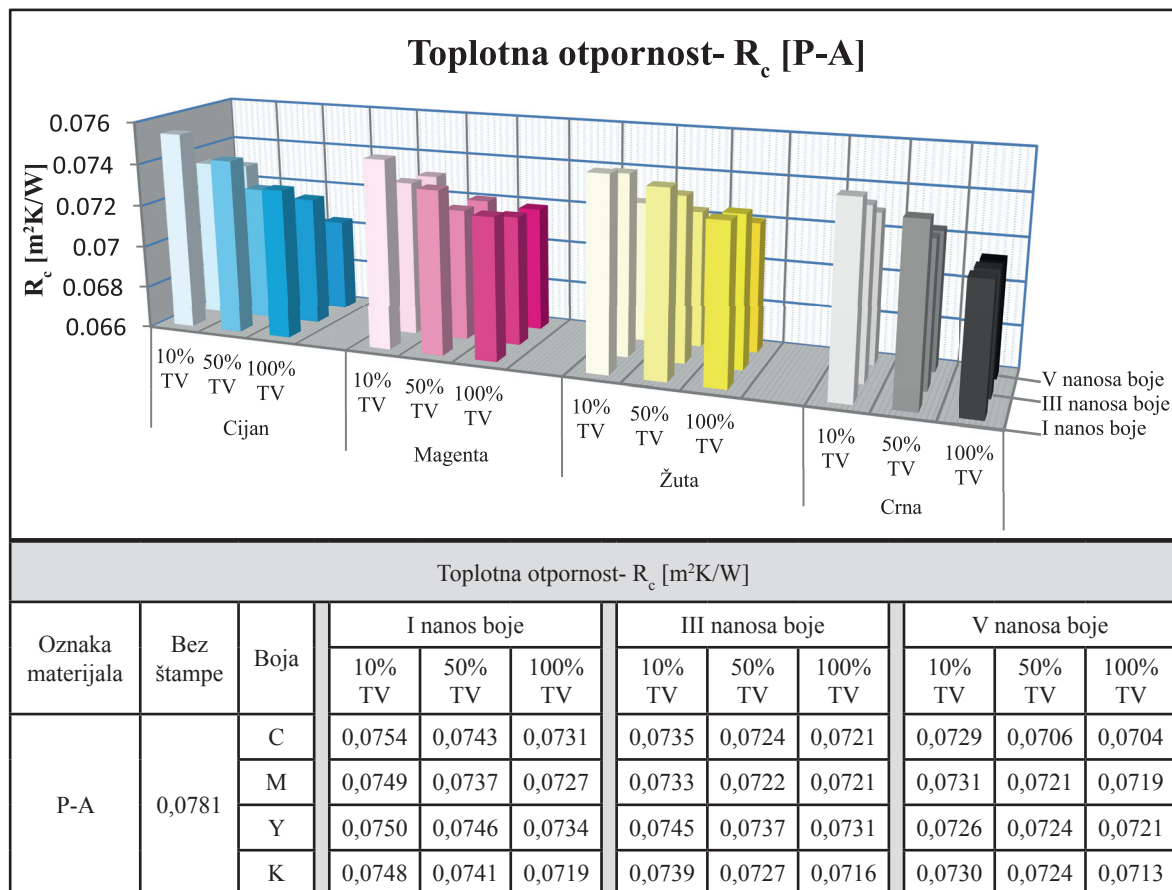
Tabela 7.5.- nastavak

T-B										
$\lambda = 782,484 + 2,120 \cdot TV + 63,348 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 782,484$			$b_1 = 2,120$			$b_2 = 63,348$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,884	49,02440	20,789	37,640	$1,0919 \cdot 10^{-28}$	0,222	9,554	$5,0073 \cdot 10^{-11}$	5,004	12,661	$3,2395 \cdot 10^{-14}$
T-C										
$\lambda = 465,419 + 2,867 \cdot TV + 29,890 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 465,419$			$b_1 = 2,867$			$b_2 = 29,890$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,820	56,95672	24,152	19,270	$1,5884 \cdot 10^{-19}$	0,258	11,119	$1,0641 \cdot 10^{-12}$	5,813	5,142	0,000012

7.5. Rezultati mjerenja toplotne otpornosti

7.5.1. Rezultati mjerenja toplotne otpornosti štampanih pletenina

Rezultati ispitivanja toplotne otpornosti štampanih pamučnih pletenina prikazani su na slici 7.13.



Slika 7.13. Toplotna otpornost štampanih pamučnih pletenina

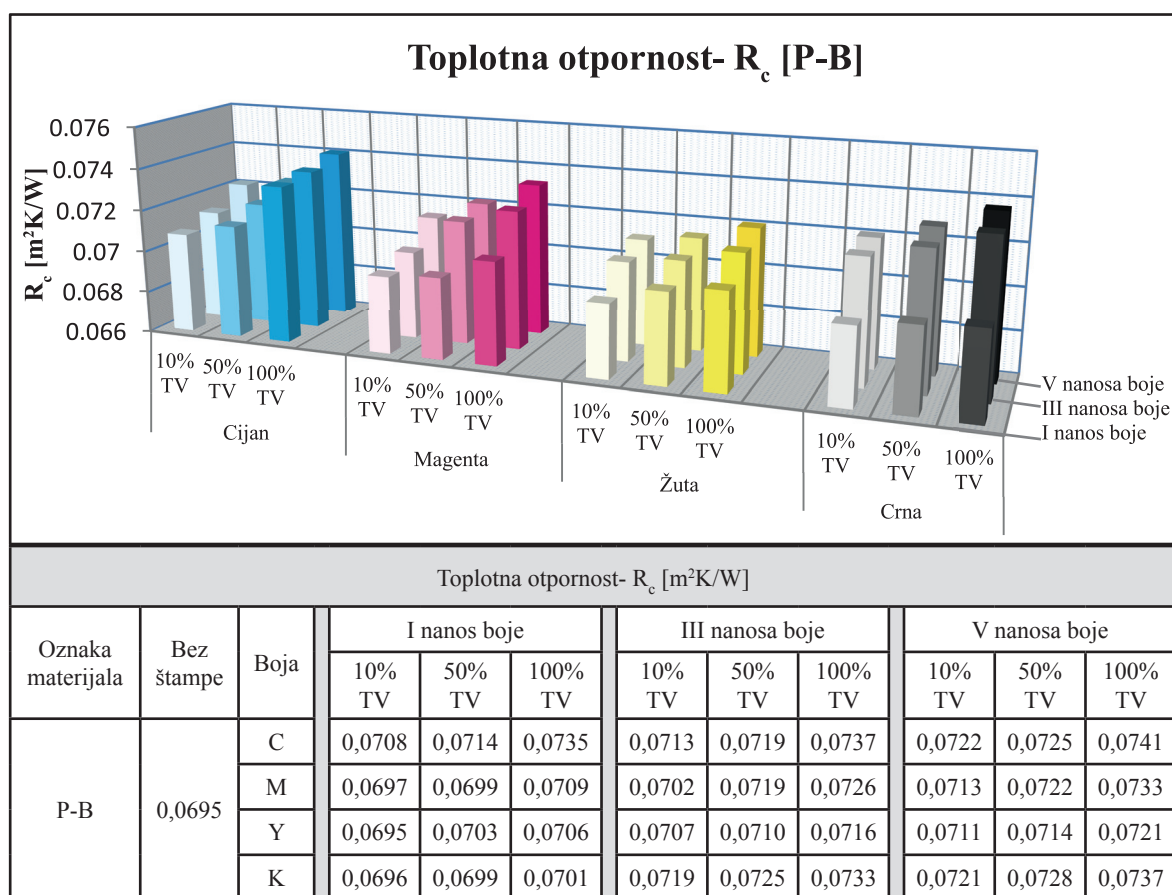
Izmjerene vrijednosti toplotne otpornosti štampanih pamučnih pletenina primjetno su niže od datih vrijednosti pomenutih neštampanih pletenina (slika 7.13.). Dalje, sa slike 7.13. može se vidjeti i to da toplotna otpornost štampanih pamučnih pletenina opada sa porastom tonske pokrivenosti. U isto vrijeme, porastom broja nanosa boje u štampi, takođe, dolazi do pada vrijednosti toplotne otpornosti. Navedeni trendovi kretanja vrijednosti toplotne otpornosti prisutni su nezavisno od toga da li su uzorci štampani cijan, magenta, žutom ili crnom bojom.

Analizom vrijednosti toplotne otpornosti štampanih pamučnih pletenina može se uočiti i to da je kombinacijom tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi moguće ostvariti slične vrijednosti toplotne otpornosti. Tako su, u slučaju uzoraka štampanih cijan bojom približno jednake vrijednosti toplotne otpornosti nastale štampanjem uzoraka sa 10% TV sa pet nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje. U slučaju uzoraka štampanih magenta bo-

jom identične vrijednosti toplotne otpornosti nastale su štampanjem uzoraka sa 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje, dok su približno jednake vrijednosti dobijene štampanjem 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje. Štampanjem žutom bojom sa 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje dobijene su gotovo identične vrijednosti toplotne otpornosti. Približno jednake vrijednosti u slučaju štampe pamučnih pletenina crnom bojom javljaju se štampanjem uzoraka sa 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje.

Sagledavanjem vrijednosti toplotne otpornosti sa slike 7.13. može se primjetiti da su ove vrijednosti zavisne i od vrste korištenih boja. Tako su prilikom štampe uzoraka najviše vrijednosti izmjerene na uzorcima štampanim žutom bojom. Izuzeci pri tome su uzorci sa reprodukovanim svijetlim tonovima dobijeni štampanjem jednim i sa pet nanosa boje. U slučaju svijetlih tonova štampanih jednim nanosom boje najviše vrijednosti toplotne otpornosti nastale su štampanjem cijan bojom, dok su pri preprdukciji svijetlih tonova sa pet nanosa boje u štampi najviše vrijednosti nastale štampanjem magenta bojom.

Rezultati ispitivanja toplotne otpornosti štampanih poliestarskih pletenina prikazani su na slici 7.14.



Slika 7.14. Toplotna otpornost štampanih poliestarskih pletenina

Rezultati ispitivanja toplotne otpornosti štampanih poliestarskih pletenina pokazuju da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti toplotne otpornosti (slika

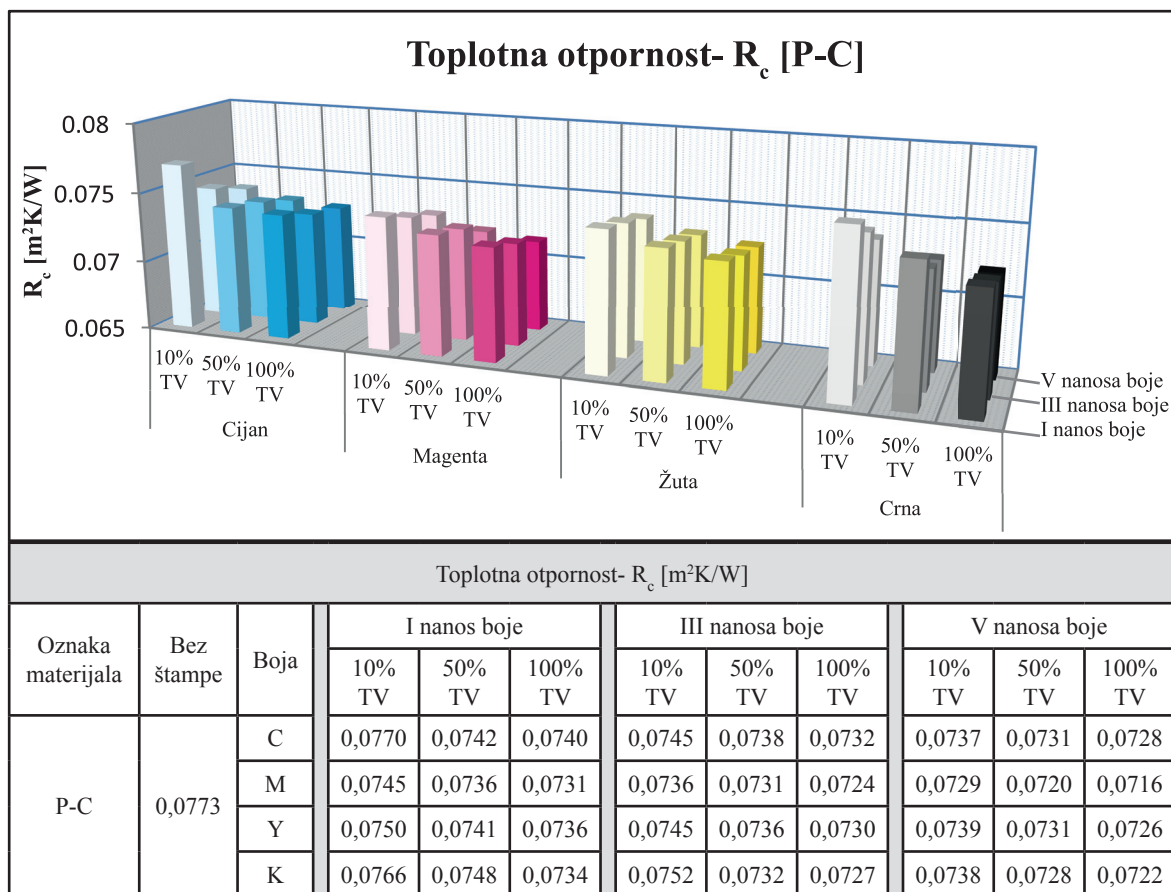
7.14.). U isto vrijeme, dobijeni rezultati mjerenja ukazuju i na to da i povećavanjem broja nanosa boje u štampi rastu vrijednosti toplotne otpornosti, nezavisno od toga da li su uzorci štampani jednim, sa tri ili pet nanosa boje u štampi. Posmatranjem vrijednosti toplotne otpornosti sa slike 7.14. uočava se i to da su procesom štampe poliestarskih pletenina dobijene više vrijednosti toplotne otpornosti u odnosu na iste vrijednosti koje se javljaju kod neštampanih datih pletenina.

Daljom analizom dobijenih rezultata toplotne otpornosti štampanih poliestarskih pletenina (slika 7.14.) moguće je primjetiti da su pri štampi uzoraka cijan bojom približno jednake vrijednosti nastale u slučaju štampe uzoraka sa 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, te u slučaju štampe 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV sa tri nanosa boje. Štampanjem uzoraka magenta bojom približno jednake vrijednosti toplotne otpornosti su nastale štampanjem uzoraka sa 10% TV sa pet nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje, te u slučaju štampe 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. Približno jednake vrijednosti toplotne otpornosti nastale su i u slučaju štampe uzoraka žutom bojom pri reprodukciji 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, zatim pri reprodukciji 50% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje, te u slučaju reprodukcije 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. Reprodukciom crnom bojom približno jednake vrijednosti toplotne otpornosti javljaju se pri štampi 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV sa tri nanosa boje.

Sagledavanjem vrijednosti toplotne otpornosti poliestarskih pletenina štampanih različitim bojama primjećuje se da se najviše vrijednosti toplotne otpornosti javljaju u slučaju štampe uzoraka cijan bojom. Kao izuzeci pri tome javljaju se uzorci sa reprodukovanim svijetlim i srednjim tonovima štampani sa tri nanosa boje, te uzorci sa reprodukovanim srednjim tonovima štampani sa pet nanosa boje. Kod navedenih uzoraka najviše vrijednosti toplotne otpornosti javljaju se u slučaju štampe uzoraka crnom bojom.

Rezultati ispitivanja toplotne otpornosti štampanih Co/PES pletenina prikazani su na slici 7.15.

Analizom vrijednosti toplotne otpornosti štampanih Co/PES pletenina (slika 7.15.) može se primjetiti da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do pada vrijednosti toplotne otpornosti. Vrijednosti sa slike 7.15. ukazuju i na to da povećavanjem broja nanosa boje u štampi, takođe, dolazi do pada vrijednosti toplotne otpornosti. Trend smanjenja vrijednosti toplotne otpornosti povećavanjem tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi javlja se kod svih Co/PES pletenina, bez obzira na to kojom bojom su štampane. Pored toga, vrijednosti toplotne otpornosti Co/PES pletenina prije i nakon štampe ukazuju i na to da su date vrijednosti niže nakon izlaganja pletenina procesu štampe.



Slika 7.15. Toplotna otpornost štampanih Co/PES pletenina

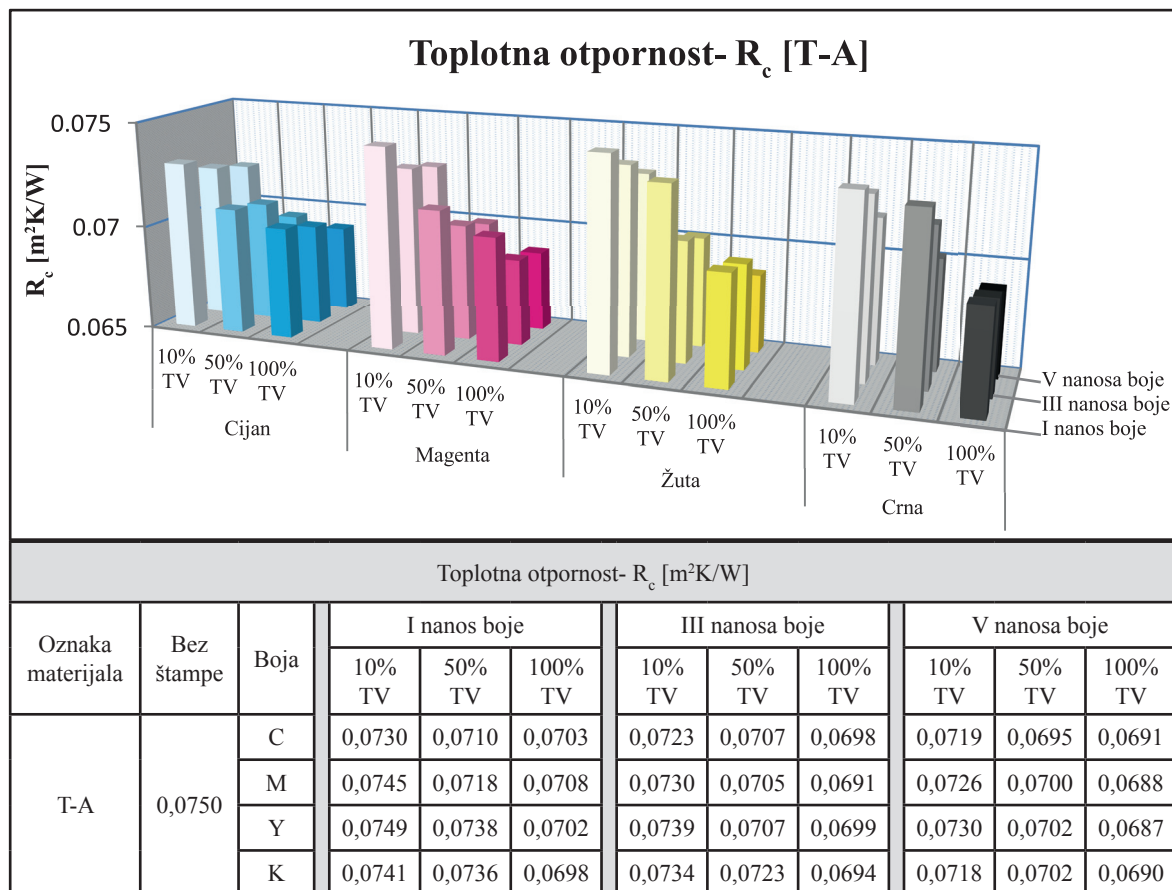
Posmatranjem vrijednosti toplotne otpornosti na Co/PES pleteninama štampanim cijan bojom uočava se da se približno jednake vrijednosti javljaju u slučaju štampe uzoraka sa 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, zatim štampanjem 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV sa tri nanosa boje, te u slučaju štampe 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje (slika 7.15.). Na uzorcima štampanim magenta bojom identične vrijednosti toplotne otpornosti su nastale reprodukcijom 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, a približno jednake vrijednosti reprodukcijom 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV sa tri nanosa boje, te u slučaju reprodukcije 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. U slučaju uzoraka štampanih žutom bojom identične vrijednosti toplotne otpornosti su nastale u slučaju štampe 50% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje, gotovo identične reprodukcijom 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje, a približno jednake vrijednosti reprodukcijom 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje. Reprodukcijom crnom bojom gotovo identične vrijednosti toplotne otpornosti javljaju se pri štampi 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje, a približno jednake vrijednosti štampanjem 50% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje.

Sagledavanjem vrijednosti toplotne otpornosti Co/PES pletenina štampanih različitom tonskom pokrivenošću, različitim brojem nanosa boje u štampi i upotrebom različitih boja

primjećuje se da se najniže vrijednosti toplotne otpornosti javljaju u slučaju štampe uzoraka magenta bojom (slika 7.15.).

7.5.2. Rezultati mjerenja toplotne otpornosti štampanih tkanina

Rezultati ispitivanja toplotne otpornosti štampanih pamučnih tkanina prikazani su na slici 7.16.



Slika 7.16. Toplotna otpornost štampanih pamučnih tkanina

Analiziranjem vrijednosti toplotne otpornosti štampanih pamučnih tkanina (slika 7.16.) primjećuje se da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do pada vrijednosti toplotne otpornosti, nezavisno od toga da li su uzorci štampani jednim, sa tri ili pet nanosa boje u štampi. Rezultati sa slike 7.16. ukazuju i na to da povećavanjem broja nanosa boje u štampi, takođe, dolazi do pada vrijednosti toplotne otpornosti. Navedeni trendovi smanjenja vrijednosti toplotne otpornosti povećavanjem tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi važe za sve boje. Posmatranjem vrijednosti sa slike 7.16. može se primjetiti i to da su apliciranjem procesa štampe dobijene vrijednosti toplotne otpornosti koje su niže u odnosu na iste vrijednosti neštampanih pamučnih tkanina.

Daljom analizom dobijenih rezultata toplotne otpornosti štampanih pamučnih tkanina (slika 7.16.) može se uočiti da su pri štampi pamučnih tkanina cijan bojom dobijene pri-

blizno jednake vrijednosti toplotne otpornosti prilikom štampe 50% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje, te u slučaju štampe 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. Štampanjem pamučnih tkanina magenta bojom približno jednake vrijednosti nastale su u slučaju štampe 50% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje. Reprodukciom žutom bojom identične vrijednosti toplotne otpornosti su nastale reprodukcijom 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje, dok su približno jednake vrijednosti dobijene u slučaju štampe uzoraka sa 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje. U slučaju štampe pamučnih pletenina crnom bojom približno jednake vrijednosti toplotne otpornosti nastale su reprodukcijom 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, kao i reprodukcijom 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje.

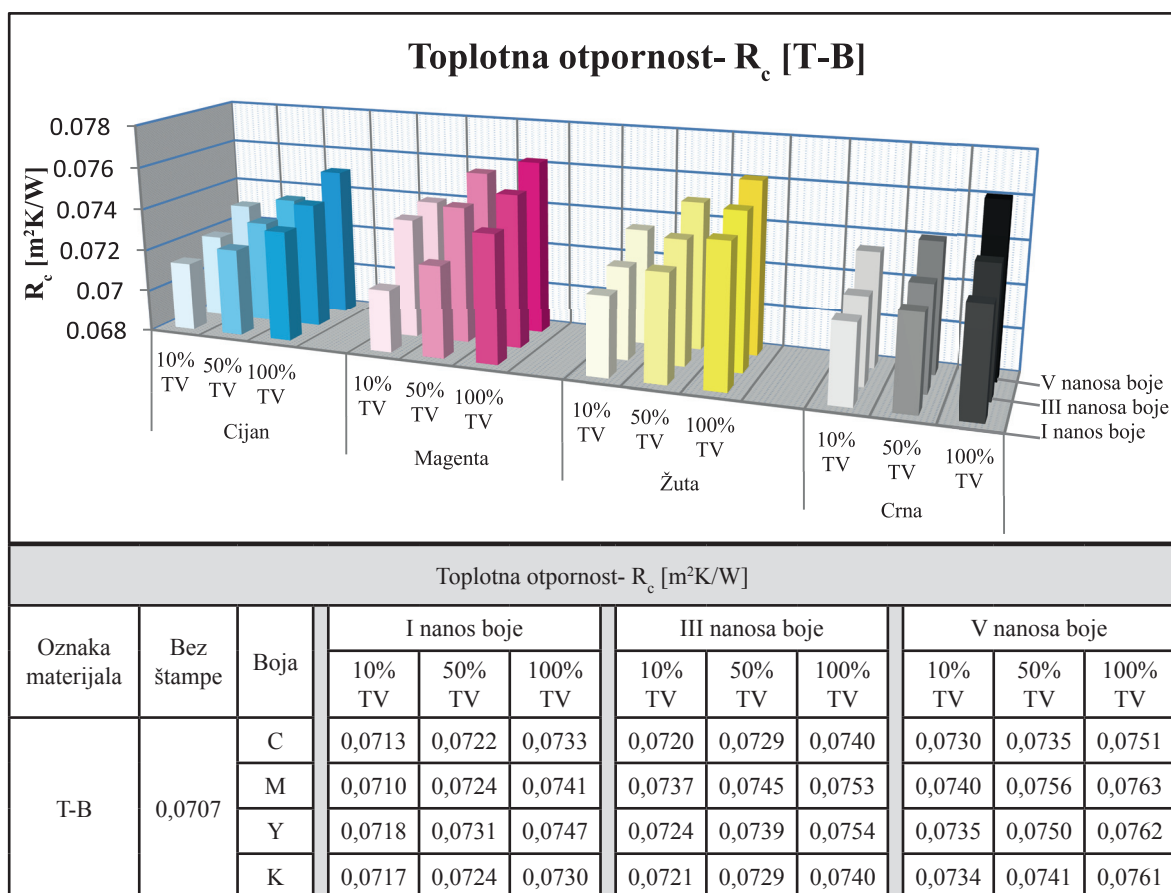
Međusobnim poređenjem vrijednosti toplotne otpornosti, štampanih pamučnih tkanina, dobijenih štampanjem različitim bojama može se primjetiti da su pri štampi jednim nanosom boje pri reprodukciji svijetlih i srednjih tonova najviše vrijednosti toplotne otpornosti dobijene u slučaju štampe žutom bojom (slika 7.16.). U isto vrijeme reprodukcijom tamnih tonova upotrebom magenta boje dobijene su najviše vrijednosti toplotne otpornosti. Pamučne tkanine štampane sa tri nanosa boje u slučaju reprodukcije svijetlih i tamnih tonova najviše vrijednosti toplotne otpornosti posjeduju pri štampi žutom bojom. Reprodukciom srednjih tonova, sa tri nanosa boje, najviše vrijednosti su nastale na uzorcima štampanim crnom bojom. Štampanjem svijetlih i srednjih tonova sa pet nanosa boje najviše vrijednosti toplotne otpornosti pamučnih tkanina su ostvarene u slučaju štampe žutom bojom. U slučaju reprodukcije tamnih tonova sa pet nanosa boje najviše vrijednosti se javljaju na uzorcima štampanim cijan bojom.

Rezultati ispitivanja toplotne otpornosti štampanih poliestarskih tkanina prikazani su na slici 7.17.

Analizom vrijednosti toplotne otpornosti štampanih poliestarskih tkanina (slika 7.17.) može se primjetiti da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti toplotne otpornosti. Do rasta vrijednosti toplotne otpornosti dolazi i u slučaju povećavanja broja nanosa boje u štampi. Navedeni trendovi povećavanja vrijednosti toplotne otpornosti povećavanjem tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi javljaju se kod svih tkanina, bez obzira na to kojom bojom su štampane. Dalje, sa slike 7.17. se može uočiti i to da su štampanjem na poliestarskim tkaninama nastale više vrijednosti toplotne otpornosti u odnosu na neštampane poliestarske tkanine.

Dobijene vrijednosti toplotne otpornosti štampanih poliestarskih tkanina ukazuju na to da su prilikom štampe cijan bojom približno jednake vrijednosti nastale reprodukcijom 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV sa tri nanosa boje, zatim reprodukcijom 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, te reprodukcijom 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje (slika 7.17.). Štampanjem magenta bojom približno jedna-

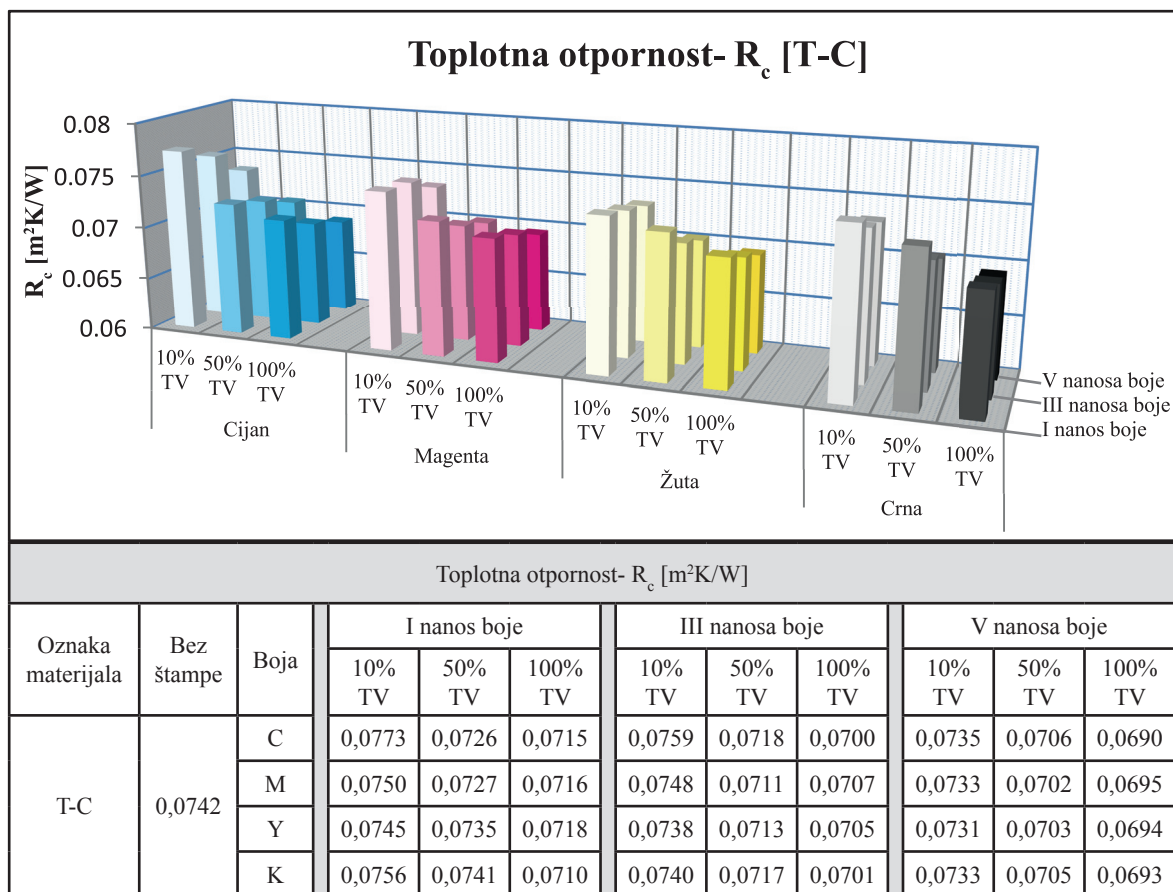
ke vrijednosti toplotne otpornosti dobijene su u slučaju reprodukcije 10% TV sa pet nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje, kao i reprodukcijom 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. U slučaju štampe žutom bojom približno jednake vrijednosti su nastale reprodukcijom 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, kao i reprodukcijom 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. Poliestarske tkani- ne štampane crnom bojom približno jednake vrijednosti toplotne otpornosti imaju u slučaju reprodukcije 50% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje, zatim u slučaju reprodukcije 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje, kao i pri reprodukciji 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje.



Slika 7.17. Toplotna otpornost štampanih poliestarskih tkanina

Međusobnim poređenjem vrijednosti toplotne otpornosti dobijenih štampanjem poliestarskih tkanina različitim bojama uočava se da su u slučaju štampe uzoraka jednim nanosom boje najviše vrijednosti dobijene štampanjem žutom bojom (slika 7.17.). Štampanjem poliestarskih tkanina sa tri i pet nanosa boje najviše vrijednosti toplotne otpornosti se javljaju na uzorcima štampanim magenta bojom, sa izuzetkom tamnih tonova štampanih sa tri nanosa boje kod kojih su najviše vrijednosti nastale kod uzoraka sa žutom bojom.

Rezultati ispitivanja toplotne otpornosti štampanih Co/PES tkanina prikazani su na slici 7.18.



Slika 7.18. Toplotna otpornost štampanih Co/PES tkanina

Sagledavanjem vrijednosti toplotne otpornosti štampanih Co/PES tkanina (slika 7.18.) uočava se da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do smanjenja vrijednosti toplotne otpornosti, nezavisno od toga da li su uzorci štampani jednim, sa tri ili pet nanosa boje u štampi. Pored toga, povećavanjem broja nanosa boje u štampi, takođe, dolazi do pada vrijednosti toplotne otpornosti štampanih Co/PES tkanina. Navdeni trendovi smanjenja vrijednosti toplotne otpornosti povećavanjem tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi javljaju se kod svih tkanina, bez obzira na to kojom bojom su štampane. Vrijednosti sa slike 7.18. ukazuju i na to da se procesom štampanja na Co/PES tkaninama dobijaju niže vrijednosti toplotne otpornosti u odnosu na date vrijednosti na neštampanim Co/PES tkaninama. Izuzeći pri tome su uzorci štampani sa 10% TV jednim nanosom boje i uzorci štampani sa 10% TV sa tri nanosa boje cijan i magenta bojom čije su vrijednosti toplotne otpornosti više od vrijednosti neštampanih Co/PES tkanina.

Posmatranjem dobijenih vrijednosti toplotne otpornosti štampanih Co/PES tkanina (slika 7.18.) uočava se da su pri štampi datih uzoraka cijan bojom približno jednake vrijednosti dobijene reprodukcijom 50% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje. Štampanjem datih uzoraka magenta bojom približno jednake vrijednosti toplotne otpornosti javljaju se u slučaju štampe uzoraka sa 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje, te u slučaju štampe 50% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje. U slu-

čaju uzoraka sa reprodukovanim žutim i crnim bojama približno jednake vrijednosti toplotne otpornosti nastaju prilikom štampe uzoraka sa 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, te u slučaju štampe uzoraka sa 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje.

Međusobnim poređenjem vrijednosti toplotne otpornosti štampanih Co/PES tkanina štampanih različitim bojama može se uočiti da su pri reprodukciji svijetlih tonova jednim nanosom boje najviše vrijednosti dobijene na uzorcima sa cijan bojom (slika 7.18.). Reprodukcijskom srednjih tonova jednim nanosom boje najviše vrijednosti su nastale na uzorcima štampanim crnom bojom, dok se pri reprodukciji tamnih tonova jednim nanosom boje najviše vrijednosti toplotne otpornosti javljaju na uzorcima sa žutom bojom. Štampanjem Co/PES tkanina sa tri i pet nanosa boje najviše vrijednosti toplotne otpornosti u slučaju svijetlih i srednjih tonova se javljaju na uzorcima sa cijan bojom. U isto vrijeme, reprodukcijom tamnih tonova sa tri i pet nanosa boje najviše vrijednosti toplotne otpornosti nastaju štampanjem datih uzoraka magenta bojom.

7.6. Statistička obrada rezultata mjerenja toplotne otpornosti

Obradom rezultata istraživanja toplotne otpornosti pomoću višestruke linearne regresije analize dobijene su statistički pouzdane zavisnosti toplotne otpornosti od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje pri štampi pojedinačnim bojama za sve ispitivane uzorke. Dobijeni statistički modeli predstavljeni su u tabeli 7.6.

Tabela 7.6. Vrijednosti koeficijenata višestruke linearne regresije za dobijene matematičke modele zavisnosti toplotne otpornosti od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje za ispitivane materijale štampane različitim bojama

P-A										
$R_c(C) = 0,076 - 0,000022 \cdot TV - 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,076$			$b_1 = -0,000022$			$b_2 = -0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,930	0,0004919	0,000417	182,581	$1,8213 \cdot 10^{-12}$	0,000004	-5,049	0,002	0,0001	-7,386	0,000316

Tabela 7.6.- nastavak

P-A										
$R_c(M) = 0,075 - 0,000017 \cdot TV - 0,00035 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,075$			$b_1 = -0,000017$			$b_2 = -0,00035$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,829	0,0004671	0,000396	188,909	$1,4845 \cdot 10^{-12}$	0,000004	-3,948	0,008	0,000095	-3,671	0,010
P-A										
$R_c(Y) = 0,076 - 0,000013 \cdot TV - 0,000492 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,076$			$b_1 = -0,000013$			$b_2 = -0,000492$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,909	0,0003614	0,000307	246,838	$2,9834 \cdot 10^{-13}$	0,000003	-3,975	0,007	0,000074	-6,665	0,001
P-A										
$R_c(K) = 0,075 - 0,000026 \cdot TV - 0,000342 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,075$			$b_1 = -0,000026$			$b_2 = -0,000342$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,938	0,0003455	0,000293	256,846	$2,3505 \cdot 10^{-13}$	0,000003	-8,220	0,000175	0,000071	-4,845	0,003
P-B										
$R_c(C) = 0,070 + 0,000026 \cdot TV + 0,000258 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,070$			$b_1 = 0,000026$			$b_2 = 0,000258$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,929	0,0003589	0,000304	230,631	$4,4840 \cdot 10^{-13}$	0,000003	8,115	0,000188	0,000073	3,526	0,012

Tabela 7.6.- nastavak

P-B										
$R_c(M) = 0,069 + 0,000021 \cdot TV + 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,069$			$b_1 = 0,000021$			$b_2 = 0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,928	0,0003915	0,000332	206,766	$8,6351 \cdot 10^{-13}$	0,000004	5,827	0,001	0,00008	6,569	0,001
P-B										
$R_c(Y) = 0,069 + 0,000015 \cdot TV + 0,000250 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,069$			$b_1 = 0,000015$			$b_2 = 0,000250$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,929	0,0002344	0,000199	348,902	$3,7413 \cdot 10^{-14}$	0,000002	7,197	0,000364	0,000048	5,225	0,002
P-B										
$R_c(K) = 0,069 + 0,000013 \cdot TV + 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,069$			$b_1 = 0,000013$			$b_2 = 0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,828	0,0007341	0,001	110,543	$3,6946 \cdot 10^{-11}$	0,000007	1,948	0,099	0,000150	5,005	0,002
P-C										
$R_c(C) = 0,076 - 0,000019 \cdot TV - 0,000467 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,076$			$b_1 = -0,000019$			$b_2 = -0,000467$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,774	0,0006801	0,001	132,525	$1,2449 \cdot 10^{-11}$	0,000006	-3,049	0,023	0,000139	-3,362	0,015

Tabela 7.6.- nastavak

P-C										
$R_c(M) = 0,075 - 0,000014 \cdot TV - 0,000392 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,075$			$b_1 = -0,000014$			$b_2 = -0,000392$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,977	0,0001542	0,000131	572,716	$1,9127 \cdot 10^{-15}$	0,000001	-10,233	0,000051	0,000031	-12,440	0,000016
P-C										
$R_c(Y) = 0,075 - 0,000015 \cdot TV - 0,000258 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,075$			$b_1 = -0,000015$			$b_2 = -0,000258$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,972	0,0001476	0,000125	601,654	$1,4230 \cdot 10^{-15}$	0,000001	-11,492	0,000026	0,00003	-8,575	0,000138
P-C										
$R_c(K) = 0,077 - 0,000027 \cdot TV - 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,077$			$b_1 = -0,000027$			$b_2 = -0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,911	0,0004869	0,000413	185,940	$1,6326 \cdot 10^{-12}$	0,000004	-6,037	0,001	0,000099	-5,031	0,002
T-A										
$R_c(C) = 0,073 - 0,000029 \cdot TV - 0,000317 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,073$			$b_1 = -0,000029$			$b_2 = -0,000317$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,893	0,0005037	0,000427	171,673	$2,6355 \cdot 10^{-12}$	0,000005	-6,351	0,001	0,000103	-3,080	0,022

Tabela 7.6.- nastavak

T-A										
$R_c(M) = 0,075 - 0,000041 \cdot TV - 0,000475 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,075$			$b_1 = -0,000041$			$b_2 = -0,000475$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,920	0,0006189	0,001	142,635	$8,0097 \cdot 10^{-12}$	0,000006	-7,402	0,000312	0,000126	-3,760	0,009
T-A										
$R_c(Y) = 0,076 - 0,000048 \cdot TV - 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,076$			$b_1 = -0,000048$			$b_2 = -0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,926	0,0006945	0,001	129,039	$1,4607 \cdot 10^{-11}$	0,000006	-7,601	0,000270	0,000142	-4,115	0,006
T-A										
$R_c(K) = 0,075 - 0,000042 \cdot TV - 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,075$			$b_1 = -0,000042$			$b_2 = -0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,915	0,0006595	0,001	134,718	$1,1282 \cdot 10^{-11}$	0,000006	-6,964	0,000435	0,000135	-4,023	0,007
T-B										
$R_c(C) = 0,071 + 0,000023 \cdot TV + 0,0004 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,071$			$b_1 = 0,000023$			$b_2 = 0,0004$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,985	0,0001585	0,000134	525,368	$3,2099 \cdot 10^{-15}$	0,000001	15,822	0,000004	0,000032	12,363	0,000017

Tabela 7.6.- nastavak

T-B										
$R_c(M) = 0,071 + 0,000026 \cdot TV + 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,071$			$b_1 = 0,000026$			$b_2 = 0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,929	0,0005031	0,000427	165,545	$3,2776 \cdot 10^{-12}$	0,000005	5,651	0,001	0,000103	6,817	0,000489
T-B										
$R_c(Y) = 0,071 + 0,000032 \cdot TV + 0,000425 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,071$			$b_1 = 0,000032$			$b_2 = 0,000425$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t		std. gr.	t	p
0,991	0,0001575	0,000134	531,760	$2,9853 \cdot 10^{-15}$	0,000001	22,245	$5,3975 \cdot 10^{-7}$	0,000032	13,219	0,000012
T-B										
$R_c(K) = 0,071 + 0,000022 \cdot TV + 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,071$			$b_1 = 0,000022$			$b_2 = 0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,921	0,0004303	0,000365	193,18	$1,2982 \cdot 10^{-12}$	0,000004	5,638	0,001	0,000088	6,166	0,001
T-C										
$R_c(C) = 0,078 - 0,000059 \cdot TV - 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,078$			$b_1 = -0,000059$			$b_2 = -0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,906	0,0009644	0,001	94,974	$9,1814 \cdot 10^{-11}$	0,000009	-6,731	0,001	0,000197	-3,514	0,013

Tabela 7.6.- nastavak

T-C										
$R_c(M) = 0,076 - 0,000041 \cdot TV - 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,076$			$b_1 = -0,000041$			$b_2 = -0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,864	0,000385	0,001	106,660	$4,5781 \cdot 10^{-11}$	0,000008	-5,366	0,002	0,000171	-3,067	0,022
T-C										
$R_c(Y) = 0,076 - 0,000035 \cdot TV - 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,076$			$b_1 = -0,000035$			$b_2 = -0,0001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,924	0,0005680	0,000482	157,074	$4,4916 \cdot 10^{-12}$	0,000005	-6,881	0,000465	0,000116	-5,032	0,002
T-C										
$R_c(K) = 0,077 - 0,000046 \cdot TV - 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,077$			$b_1 = -0,000046$			$b_2 = -0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,958	0,0005101	0,000433	176,894	$2,2019 \cdot 10^{-12}$	0,000005	-9,962	0,000059	0,000104	-6,082	0,001

Na osnovu eksperimentalno dobijenih rezultata upotrebom višestruke regresione analize dobijene su statistički pouzdane zavisnosti toplotne otpornosti od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje u štampi pri štampi svim bojama za ispitivane: pamučne pletenine, pamučne tkanine, poliestarske tkanine i Co/PES tkanine (tabela 7.7.). Dobijene statističke zavisnosti toplotne otpornosti od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje u štampi pri štampi svim bojama za ispitivane poliestarske i Co/PES pletenine nisu značajna jer su vrijednosti koeficijenta višestruke regresije iznosile 0,632 (poliestarske pletenine) i 0,729 (Co/PES pletenine).

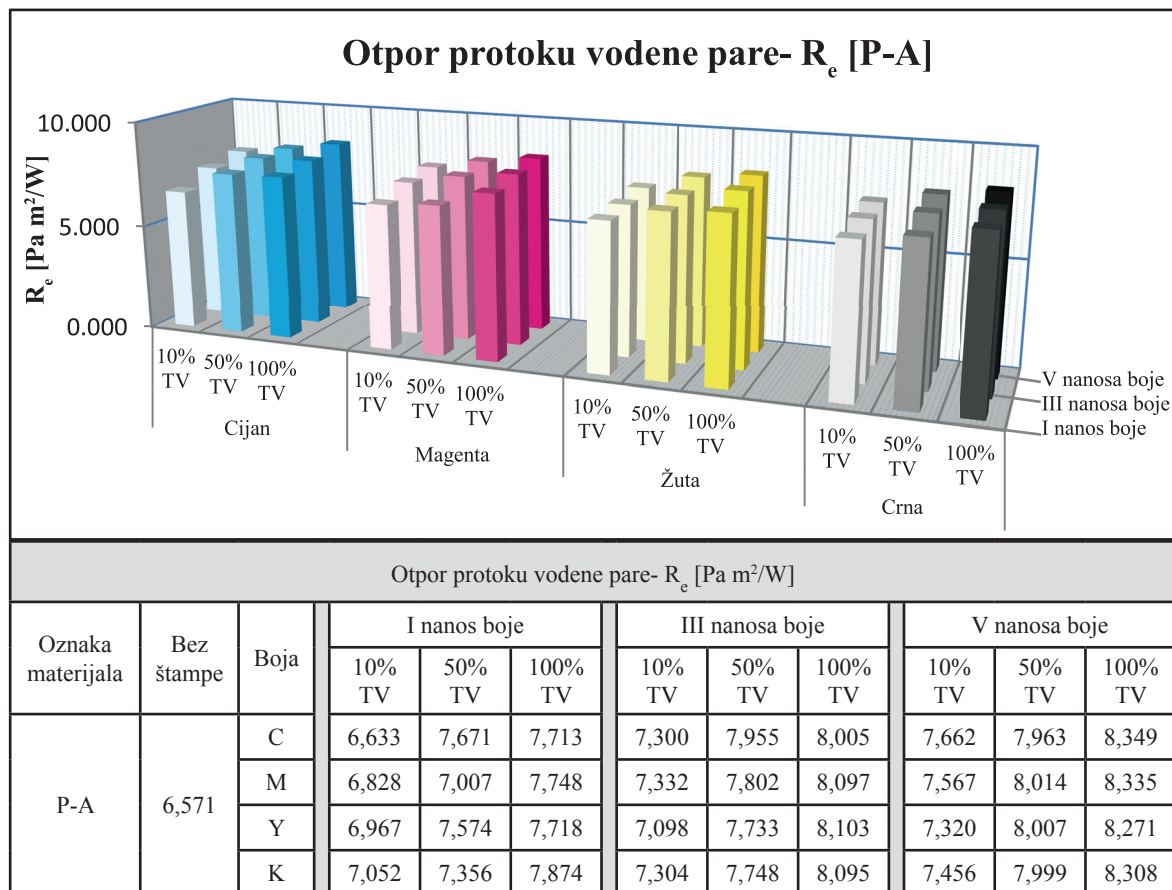
Tabela 7.7. Vrijednosti koeficijenata višestruke linearne regresije za dobijene matematičke modele zavisnosti toplotne otpornosti od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje za štampane ispitivane materijale

P-A										
$R_c = 0,075 - 0,000019 \cdot TV - 0,000481 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,075$			$b_1 = -0,000019$			$b_2 = -0,000481$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,787	0,0005773	0,000245	308,315	$1,1367 \cdot 10^{-58}$	0,000003	-7,452	$1,4526 \cdot 10^{-8}$	0,000059	-8,168	$1,9811 \cdot 10^{-9}$
T-A										
$R_c = 0,075 - 0,000004 \cdot TV - 0,000479 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,075$			$b_1 = -0,000004$			$b_2 = -0,000479$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,860	0,0007034	0,000298	251,082	$9,9385 \cdot 10^{-56}$	0,000003	-12,547	$4,1472 \cdot 10^{-14}$	0,000072	-6,675	$1,3439 \cdot 10^{-7}$
T-B										
$R_c = 0,071 + 0,000026 \cdot TV + 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,071$			$b_1 = 0,000026$			$b_2 = 0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,823	0,0006127	0,000260	272,119	$6,9940 \cdot 10^{-57}$	0,000003	9,206	$1,2315 \cdot 10^{-10}$	0,000063	8,263	$1,5280 \cdot 10^{-9}$
T-C										
$R_c = 0,076 - 0,000045 \cdot TV - 0,001 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,076$			$b_1 = -0,000045$			$b_2 = -0,001$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,881	0,0007457	0,000316	241,714	$3,4834 \cdot 10^{-55}$	0,000003	-13,398	$6,7193 \cdot 10^{-15}$	0,000076	-7,993	$3,1994 \cdot 10^{-9}$

7.7. Rezultati mjerenja otpora protoku vodene pare

7.7.1. Rezultati mjerenja otpora protoku vodene pare štampanih pletenina

Rezultati ispitivanja otpora protoku vodene pare štampanih pamučnih pletenina prikazani su na slici 7.19.



Slika 7.19. Otpor protoku vodene pare štampanih pamučnih pletenina

Izmjerene vrijednosti otpora protoku vodene pare štampanih pamučnih pletenina više su od datih vrijednosti pomenutih neštampanih pletenina (slika 7.19.). Vrijednosti sa slike 7.19. ukazuju i na to da vrijednosti otpora protoku vodene pare štampanih pamučnih pletenina rastu sa porastom tonske pokrivenosti. Do porasta vrijednosti otpora protoku vodene pare dolazi i porastom broja nanosa boje u štampi. Predstavljeni trendovi kretanja vrijednosti otpora protoku vodene pare javljaju se nezavisno od toga da li su uzorci štampani cijan, magenta, žutom ili crnom bojom.

Analizom vrijednosti otpora protoku vodene pare štampanih pamučnih pletenina može se uočiti i to da je kombinacijom tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi moguće ostvariti slične vrijednosti otpora protoku vodene pare. Tako su, u slučaju uzoraka štampanih cijan bojom približno jednake vrijednosti otpora protoku vodene pare nastale štampanjem uzoraka sa 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, te u slučaju štampe

uzoraka sa 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. U slučaju uzoraka štampanih magenta bojom slične vrijednosti otpora protoku vodene pare nastale su štampanjem uzoraka sa 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. Štampanjem žutom bojom sa 50% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje dobijene su približno jednake vrijednosti otpora protoku vodene pare. Približno jednake vrijednosti u slučaju štampe pamučnih pletenina crnom bojom javljaju se štampanjem uzoraka sa 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje.

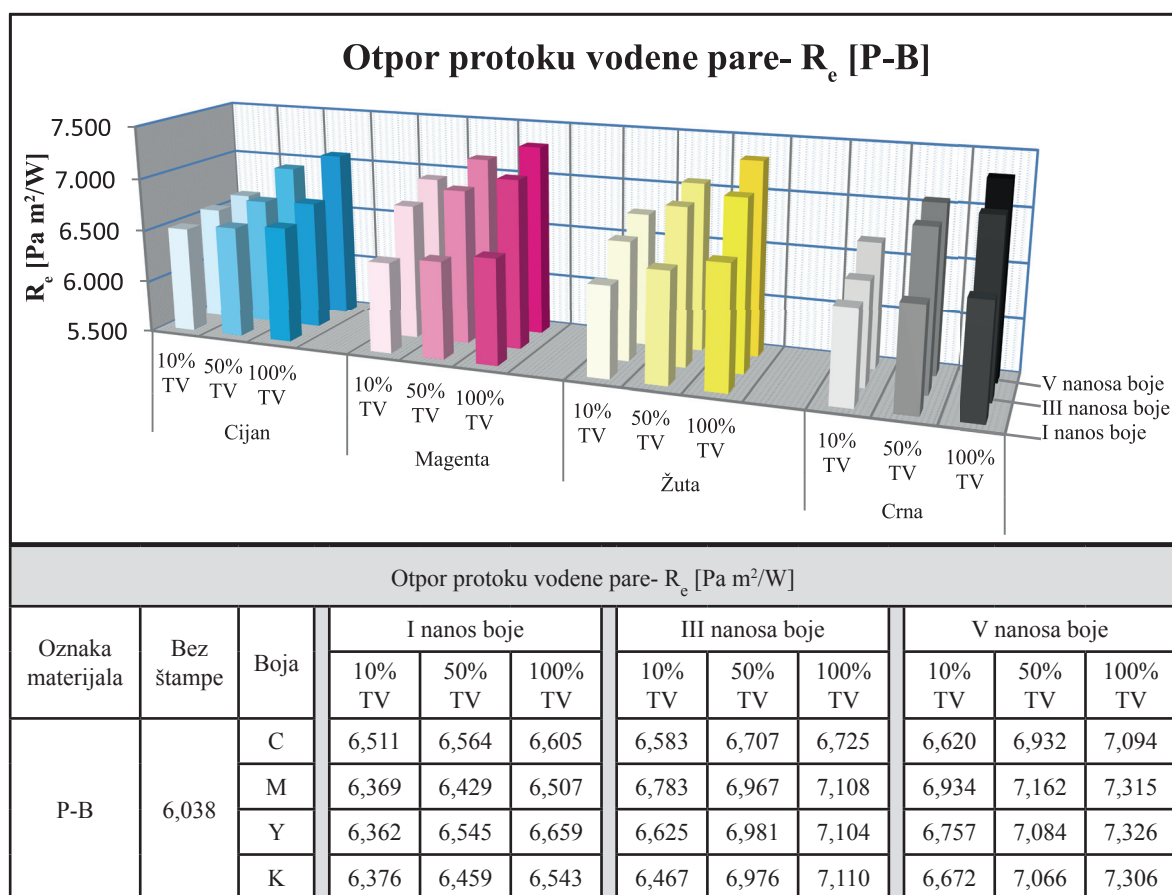
Sagledavanjem vrijednosti otpora protoku vodene pare sa slike 7.19. može se primjetiti da su ove vrijednosti zavisne i od vrste korištenih boja. Tako su prilikom štampe uzoraka jednim nanosom boje najniže vrijednosti otpora protoku vodene pare u slučaju reprodukcije svijetlih i tamnih tonova nastale štampanjem cijan bojom, dok su pri reprodukciji srednjih tonova najniže vrijednosti izmjerene na uzorcima štampanim magenta bojom. Štampanjem pamučnih pletenina sa tri nanosa boje najniže vrijednosti otpora protoku vodene pare u slučaju reprodukcije svijetlih i srednjih tonova su zabilježene na uzorcima sa žutom bojom, dok se pri reprodukciji tamnih tonova najniže vrijednosti javljaju štampanjem cijan bojom. Pri štampi uzoraka sa pet nanosa boje najniže vrijednosti u slučaju svijetlih i tamnih tonova su nastale štampanjem žutom bojom, a u slučaju srednjih tonova štampanjem cijan bojom.

Rezultati ispitivanja otpora protoku vodene pare štampanih poliestarskih pletenina prikazani su na slici 7.20.

Dobijeni rezultati ispitivanja otpora protoku vodene pare štampanih poliestarskih pletenina pokazuju da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti otpora protoku vodene pare (slika 7.20.). U isto vrijeme, dobijeni rezultati mjerenja ukazuju i na to da i povećavanjem broja nanosa boje u štampi rastu vrijednosti otpora protoku vodene pare, nezavisno od toga da li su uzorci štampani jednim, sa tri ili pet nanosa boje u štampi. Posmatranjem vrijednosti otpora protoku vodene pare sa slike 7.20. uočava se i to da su procesom štampe poliestarskih pletenina dobijene više vrijednosti otpora protoku vodene pare u odnosu na iste vrijednosti koje se javljaju kod neštampanih datih pletenina.

Daljom analizom dobijenih rezultata otpora protoku vodene pare štampanih poliestarskih pletenina (slika 7.20.) moguće je primjetiti da su pri štampi uzoraka cijan bojom približno jednake vrijednosti nastale u slučaju štampe uzoraka sa 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, te u slučaju štampe 10% TV sa pet nanosa boje i 100% TV jednim polazom. Štampanjem uzoraka magenta bojom približno jednake vrijednosti otpora protoku vodene pare su nastale štampanjem uzoraka sa 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV sa tri nanosa boje. Približno jednake vrijednosti otpora protoku vodene pare nastale su i u slučaju štampe uzoraka žutom bojom pri reprodukciji 10% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje, zatim pri reprodukciji 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. Reprodukciom crnom bojom približno jednake vrijednosti otpora protoku vodene pare

javljaju se pri štampi 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, te u slučaju štampe 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje.



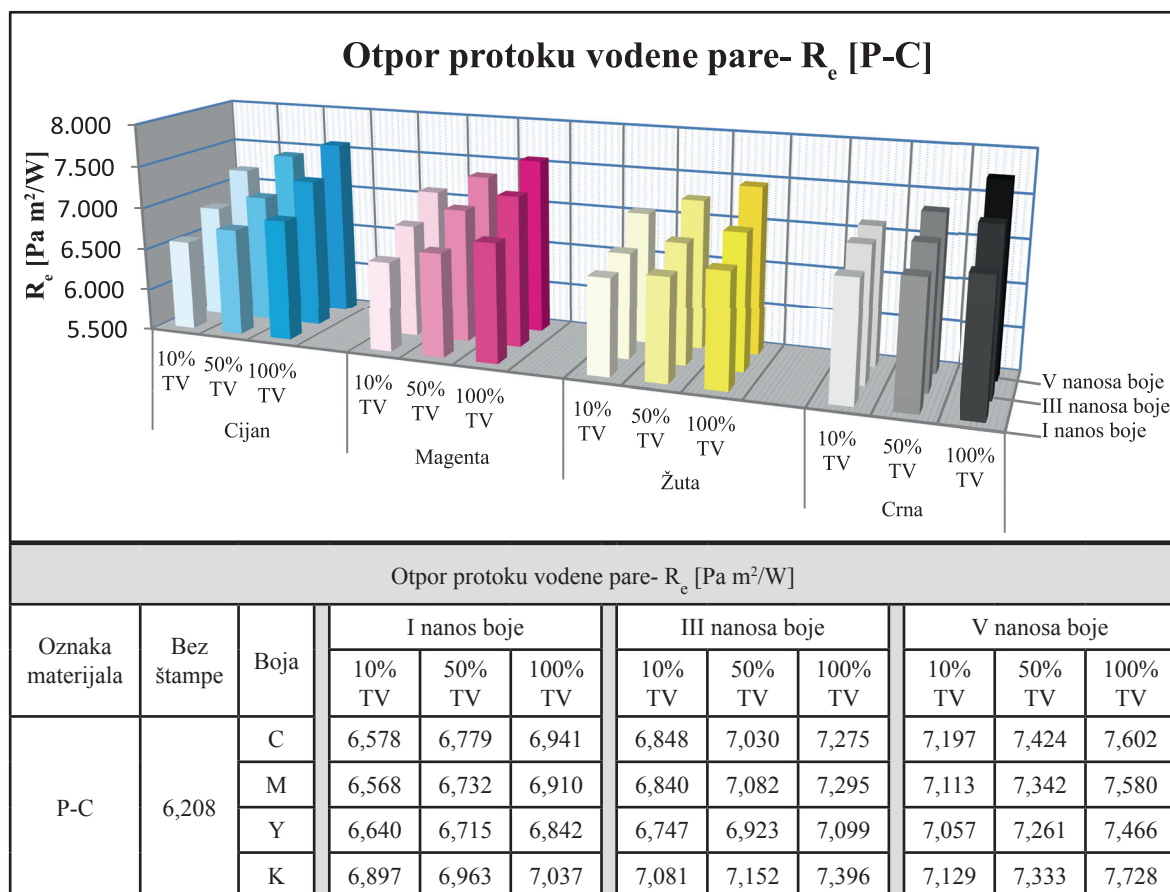
Slika 7.20. Otpor protoku vodene pare štampanih poliestarskih pletenina

Sagledavanjem vrijednosti otpora protoku vodene pare poliestarskih pletenina štampanih različitim bojama primjećuje se da se pri reprodukciji srednjih i tamnih tonova jednim nanosom boje najniže vrijednosti otpora protoku vodene pare javljaju na uzorcima sa magenta bojom, a pri reprodukciji svijetlih tonova na uzorcima sa žutom bojom (slika 7.20.). Štampanjem uzoraka sa tri i pet nanosa boje najniže vrijednosti otpora protoku vodene pare zabilježene su na uzorcima sa cijan bojom, sa izuzetkom svijetlih tonova dobijenih reprodukcijom sa tri nanosa boje kod kojih su najniže vrijednosti izmjerene na uzorcima štampanim crnom bojom.

Rezultati ispitivanja otpora protoku vodene pare štampanih Co/PES pletenina prikazani su na slici 7.21.

Analizom vrijednosti otpora protoku vodene pare štampanih Co/PES pletenina (slika 7.21.) može se primjetiti da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti otpora protoku vodene pare. Vrijednosti sa slike 7.21. ukazuju i na to da povećavanjem broja nanosa boje u štampi, takođe, dolazi do rasta vrijednosti otpora protoku vodene pare. Trend rasta vrijednosti otpora protoku vodene pare povećavanjem tonske pokrivenosti i broja na-

nosa boje u štampi javlja se kod svih Co/PES pletenina, bez obzira na to kojom bojom su štampane. Pored toga, vrijednosti otpora protoku vodene pare Co/PES pletenina prije i nakon štampe ukazuju i na to da su date vrijednosti više nakon izlaganja pletenina procesu štampe.



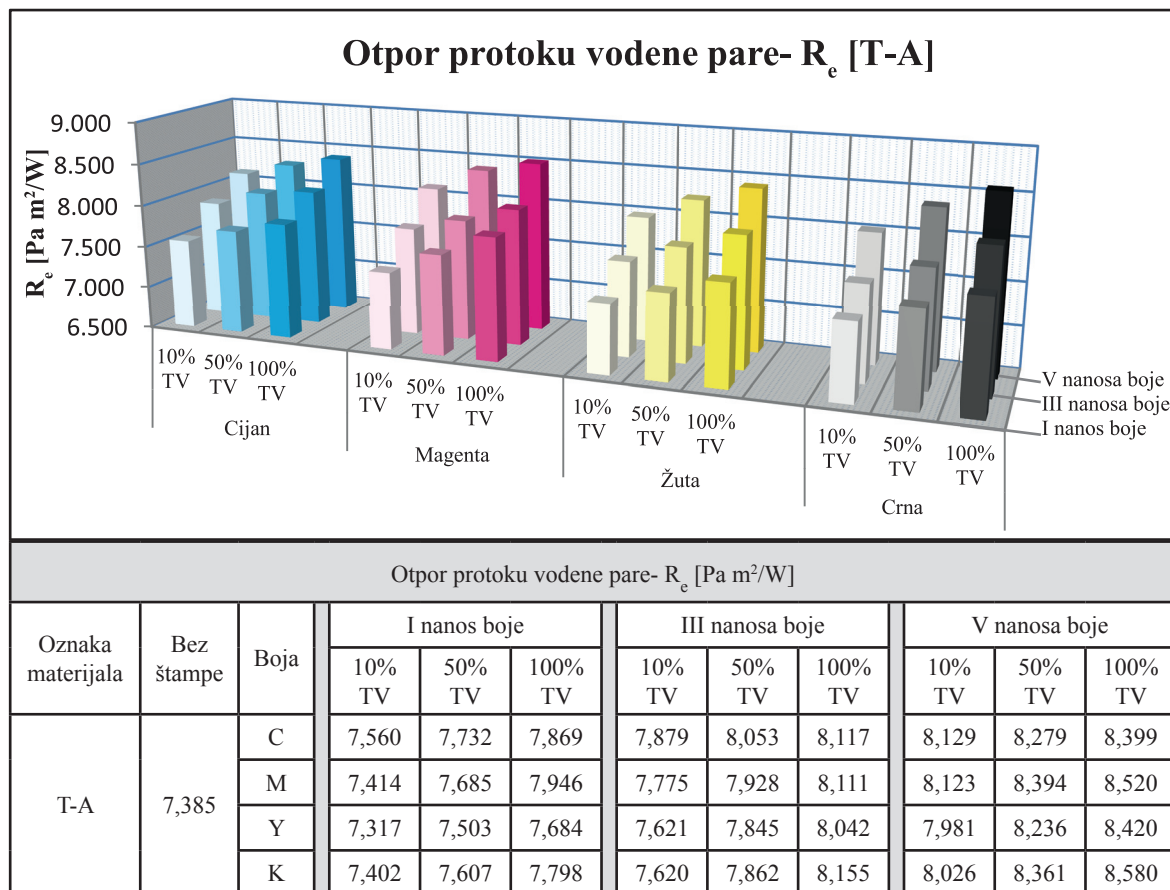
Slika 7.21. Otpor protoku vodene pare štampanih Co/PES pletenina

Posmatranjem vrijednosti otpora protoku vodene pare na Co/PES pleteninama štampanih magenta bojom uočava se da se približno jednake vrijednosti javljaju u slučaju štampe uzoraka sa 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV sa tri nanosa boje (slika 7.21.). Na uzorcima štampanim žutom bojom približno jednake vrijednosti otpora protoku vodene pare javljaju se pri reprodukciji 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, te u slučaju reprodukcije 10% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. U slučaju uzoraka štampanih crnom bojom približno jednake vrijednosti otpora protoku vodene pare su nastale u slučaju štampe 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV sa tri nanosa boje, te pri štampi 10% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje.

Sagledavanjem vrijednosti otpora protoku vodene pare Co/PES pletenina štampanih različitim tonskom pokrivenošću, različitim brojem nanosa boje u štampi i upotrebom različitih boja primjećuje se da se najniže vrijednosti otpora protoku vodene pare javljaju u slučaju štampe uzoraka žutom bojom (slika 7.21). Kao izuzetak pri tome javljaju se uzorci štampani svijetlim tonovima jednim nanosom boje, kod kojih se najniže vrijednosti javljaju pri štampi magenta bojom.

7.7.2. Rezultati mjerenja otpora protoku vodene pare štampanih tkanina

Rezultati ispitivanja otpora protoku vodene pare štampanih pamučnih tkanina prikazani su na slici 7.22.



Slika 7.22. Otpor protoku vodene pare štampanih pamučnih tkanina

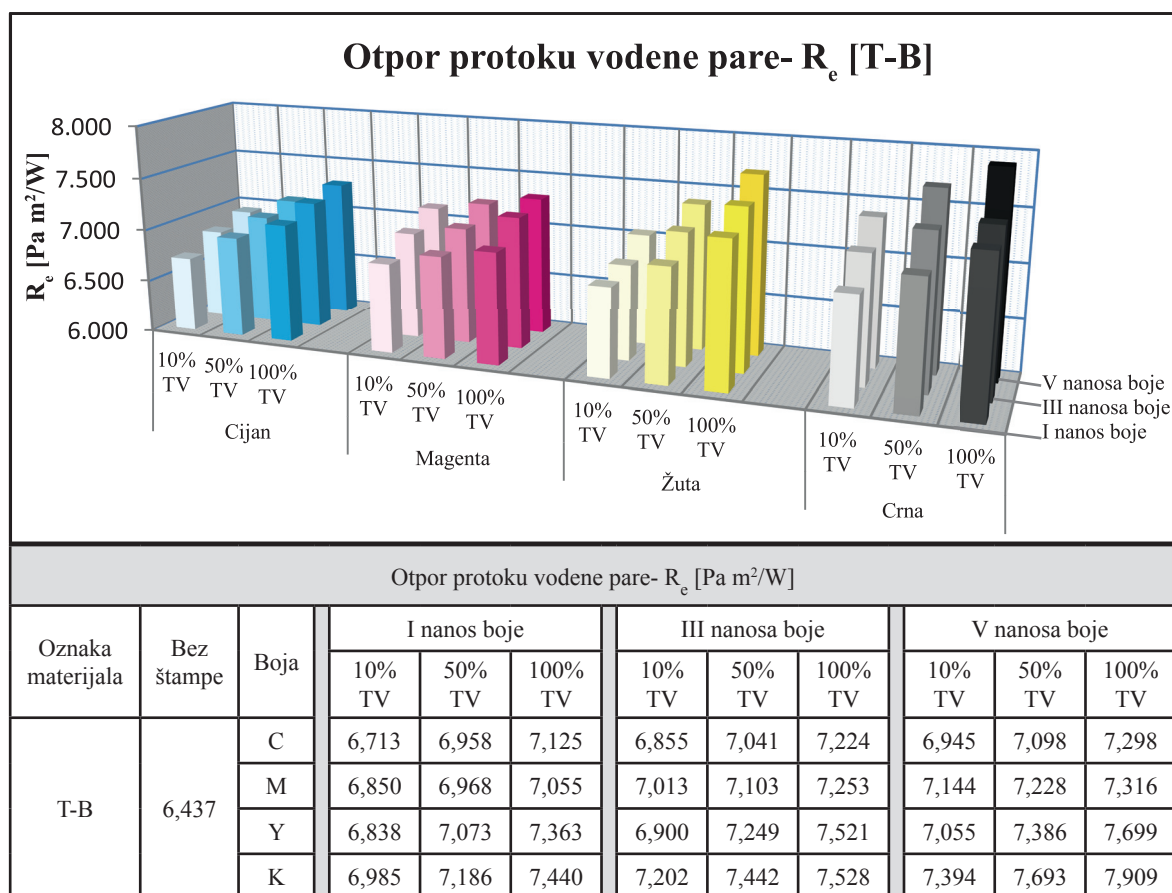
Analiziranjem vrijednosti otpora protoku vodene pare štampanih pamučnih tkanina (slika 7.22.) primjećuje se da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti otpora protoku vodene pare, nezavisno od toga da li su uzorci štampani jednim, sa tri ili pet nanosa boje u štampi. Rezultati sa slike 7.22. ukazuju i na to da povećavanjem broja nanosa boje u štampi, takođe, dolazi do rasta vrijednosti otpora protoku vodene pare. Navedeni trendovi povećavanja vrijednosti otpora protoku vodene pare povećavanjem tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi važe za sve boje. Posmatranjem vrijednosti sa slike 7.22. može se primjetiti i to da su apliciranjem procesa štampe dobijene vrijednosti otpora protoku vodene pare koje su više u odnosu na iste vrijednosti neštampanih pamučnih tkanina. Izuzeci pri tome su uzorci štampani svijetlim tonovima magenta boje jednim nanosom boje, čije su vrijednosti otpora protoku vodene pare niže od istih vrijednosti neštampanih pamučnih tkanina.

Daljom analizom dobijenih rezultata otpora protoku vodene pare štampanih pamučnih tkanina (slika 7.22.) može se uočiti da su pri štampi pamučnih tkanina cijan bojom dobijene približno jednake vrijednosti otpora protoku vodene pare prilikom štampe 10% TV sa tri

nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje, te u slučaju štampe 10% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. Štampanjem pamučnih tkanina magenta bojom približno jednake vrijednosti nastale su u slučaju štampe 10% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. Reprodukciom žutom bojom približno jednake vrijednosti otpora protoku vodene pare su nastale reprodukcijom 10% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje. U slučaju štampe pamučnih tkanina crnom bojom približno jednake vrijednosti otpora protoku vodene pare nastale su reprodukcijom 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje.

Međusobnim poređenjem vrijednosti otpora protoku vodene pare štampanih pamučnih tkanina, dobijenih štampanjem različitim bojama, može se primjetiti da su najniže vrijednosti otpora protoku vodene pare dobijene u slučaju štampe uzoraka žutom bojom (slika 7.22.). Kao izuzeci pri tome javljaju se, samo, uzorci reprodukovani svijetlim tonovima sa tri nanosa boje kod kojih su najniže vrijednosti dobijene štampanjem crnom bojom i uzorci reprodukovani tamnim tonovima sa pet nanosa boje koji najniže vrijednosti otpora protoku vodene pare posjeduju u slučaju štampe uzoraka cijan bojom.

Rezultati ispitivanja otpora protoku vodene pare štampanih poliestarskih tkanina prikazani su na slici 7.23.



Slika 7.23. Otpor protoku vodene pare štampanih poliestarskih tkanina

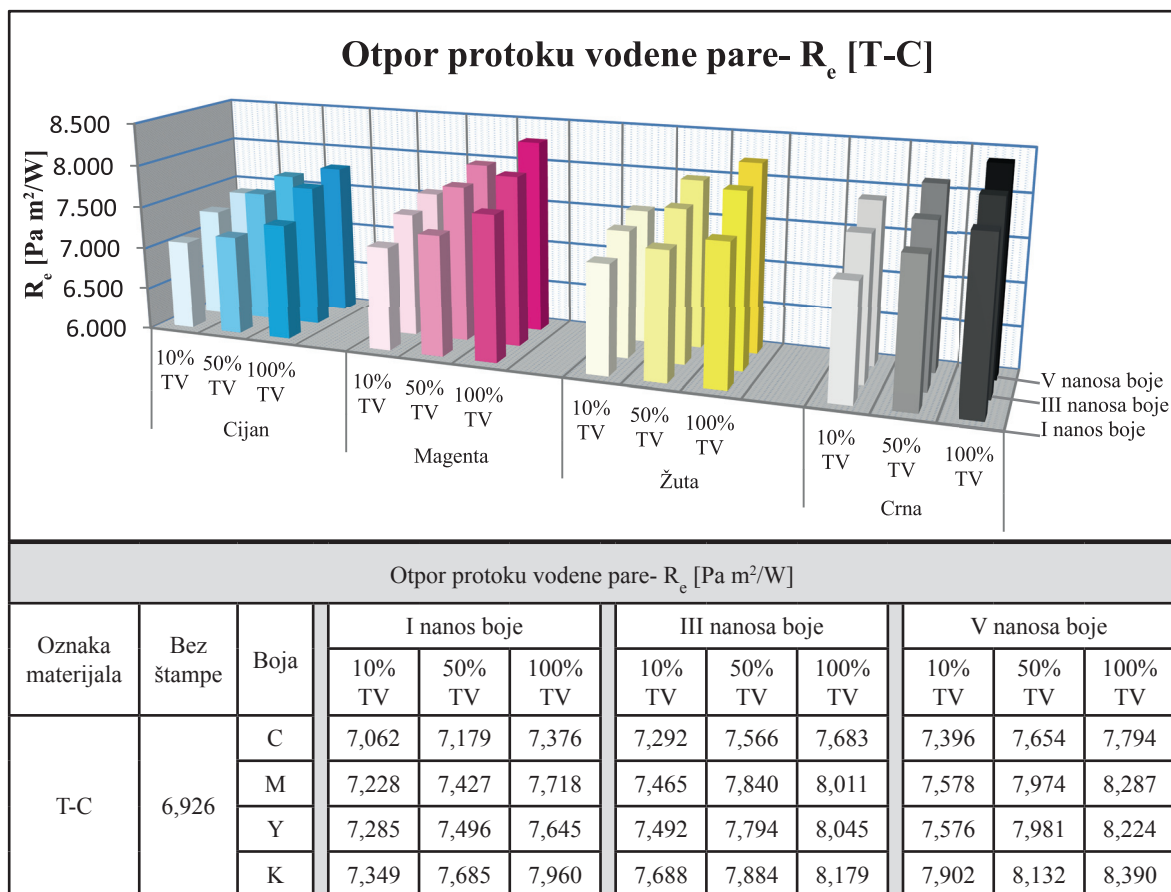
Analizom vrijednosti otpora protoku vodene pare štampanih poliestarskih tkanina (slika 7.23.) može se primjetiti da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti otpora protoku vodene pare. Do rasta vrijednosti otpora protoku vodene pare dolazi i u slučaju povećavanja broja nanosa boje u štampi. Navedeni trendovi povećavanja vrijednosti otpora protoku vodene pare povećavanjem tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi javljaju se kod svih tkanina, bez obzira na to kojom bojom su štampane. Dalje, sa slike 7.23. se može uočiti i to da su štampanjem na poliestarskim tkaninama nastale više vrijednosti otpora protoku vodene pare u odnosu na date vrijednosti neštampanih poliestarskih tkanina.

Dobijene vrijednosti otpora protoku vodene pare štampanih poliestarskih tkanina ukazuju na to da su prilikom štampe cijan i žutom bojom približno jednake vrijednosti nastale reprodukcijom 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, te reprodukcijom 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje (slika 7.23.). Štampanjem magenta bojom približno jednake vrijednosti otpora protoku vodene pare dobijene su u slučaju reprodukcije 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV sa tri nanosa boje, kao i reprodukcijom 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. U slučaju štampe crnom bojom gotovo identične vrijednosti su nastale reprodukcijom 50% TV sa tri nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje.

Međusobnim poređenjem vrijednosti otpora protoku vodene pare dobijenih štampanjem poliestarskih tkanina različitim bojama uočava se da se najniže vrijednosti javljaju štampanjem uzoraka cijan bojom (slika 7.23.). Izuzeci pri tome su, jedino, uzorci štampani jednim nanosom boje tamnim tonovima, kod kojih se najniže vrijednosti javljaju štampanjem magenta bojom.

Rezultati ispitivanja otpora protoku vodene pare štampanih Co/PES tkanina prikazani su na slici 7.24.

Sagledavanjem vrijednosti otpora protoku vodene pare štampanih Co/PES tkanina (slika 7.24.) uočava se da povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti otpora protoku vodene pare, nezavisno od toga da li su uzorci štampani jednim, sa tri ili pet nanosa boje u štampi. Pored toga, povećavanjem broja nanosa boje u štampi, takođe, dolazi do rasta vrijednosti otpora protoku vodene pare štampanih Co/PES tkanina. Navedeni trendovi povećanja vrijednosti otpora protoku vodene pare povećavanjem tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi javljaju se kod svih tkanina, bez obzira na to kojom bojom su štampane. Vrijednosti sa slike 7.24. ukazuju i na to da se procesom štampanja na Co/PES tkaninama dobijaju više vrijednosti toplotne otpornosti u odnosu na date vrijednosti na neštampanim Co/PES tkaninama. Dalje, posmatranjem dobijenih vrijednosti sa slike 7.24. i međusobnim poređenjem vrijednosti otpora protoku vodene pare štampanih Co/PES tkanina dobijenih štampanjem različitim bojama može se uočiti i to da su najniže vrijednosti dobijene na uzorcima koji su štampani cijan bojom.



Slika 7.24. Otpor protoku vodene pare štampanih Co/PES tkanina

Analizom dobijenih vrijednosti otpora protoku vodene pare štampanih Co/PES tkanina (slika 7.24.) uočava se da su pri štampi datih uzoraka cijan bojom približno jednake vrijednosti dobijene reprodukcijom 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV jednim nanosom boje, te pri štampi 50% TV sa pet nanosa boje i 100% TV sa tri nanosa boje. Štampanjem datih uzoraka magenta i žutom bojom približno jednake vrijednosti toplotne otpornosti javljaju se u slučaju štampe uzoraka sa 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje. U slučaju uzoraka sa reprodukovanim crnim bojama približno jednake vrijednosti otpora protoku vodene pare nastaju prilikom štampe uzoraka sa 10% TV sa tri nanosa boje i 50% TV jednim nanosom boje, te u slučaju štampe uzoraka sa 10% TV sa pet nanosa boje i 50% TV sa tri nanosa boje.

7.8. Statistička obrada rezultata mjerenja otpora protoku vodene pare

Obradom rezultata istraživanja otpora protoku vodene pare pomoću višestruke linearne regresione analize dobijene su statistički pouzdane zavisnosti otpora protoku vodene pare od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje pri štampi pojedinačnim bojama za sve ispitivane uzorke. Dobijeni statistički modeli predstavljeni su u tabeli 7.8.

Tabela 7.8. Vrijednosti koeficijenata višestruke linearne regresije za dobijene matematičke modele zavisnosti otpora protoku vodene pare od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje za ispitivane materijale štampane različitim bojama

P-A										
$R_e(C) = 6,730 + 0,009 \cdot TV + 0,163 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,730$			$b_1 = 0,009$			$b_2 = 0,163$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,825	0,238765	0,202	33,236	$4,9374 \cdot 10^{-8}$	0,002	4,122	0,006	0,049	3,346	0,015
P-A										
$R_e(M) = 6,569 + 0,009 \cdot TV + 0,194 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,569$			$b_1 = 0,009$			$b_2 = 0,194$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,943	0,139039	0,118	55,708	$2,2470 \cdot 10^{-9}$	0,001	7,216	0,000359	0,028	6,850	0,000476
P-A										
$R_e(Y) = 6,785 + 0,010 \cdot TV + 0,112 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,785$			$b_1 = 0,010$			$b_2 = 0,112$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,914	0,151755	0,129	52,715	$3,1278 \cdot 10^{-9}$	0,001	7,153	0,000377	0,031	3,602	0,011
P-A										
$R_e(K) = 6,834 + 0,009 \cdot TV + 0,123 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,834$			$b_1 = 0,009$			$b_2 = 0,123$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,978	0,071175	0,060	113,210	$3,2022 \cdot 10^{-11}$	0,001	14,085	0,000008	0,015	8,495	0,000146

Tabela 7.8.- nastavak

P-B										
$R_e(C) = 6,325 + 0,003 \cdot TV + 0,081 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,325$			$b_1 = 0,003$			$b_2 = 0,081$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,809	0,096612	0,082	77,199	$3,1805 \cdot 10^{-10}$	0,001	2,952	0,026	0,020	4,082	0,006
P-B										
$R_e(M) = 6,150 + 0,003 \cdot TV + 0,176 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,150$			$b_1 = 0,003$			$b_2 = 0,176$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,920	0,111482	0,095	65,044	$8,8805 \cdot 10^{-10}$	0,001	3,071	0,022	0,023	7,712	0,000249
P-B										
$R_e(Y) = 6,165 + 0,005 \cdot TV + 0,133 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,165$			$b_1 = 0,005$			$b_2 = 0,133$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,918	0,103335	0,088	70,346	$5,5525 \cdot 10^{-10}$	0,001	5,246	0,002	0,021	6,325	0,001
P-B										
$R_e(K) = 6,078 + 0,005 \cdot TV + 0,139 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,078$			$b_1 = 0,005$			$b_2 = 0,139$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,853	0,151790	0,129	47,216	$6,0489 \cdot 10^{-9}$	0,001	3,823	0,009	0,031	4,481	0,004

Tabela 7.8.- nastavak

P-C										
$R_e(C) = 6,359 + 0,004 \cdot TV + 0,160 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,359$			$b_1 = 0,004$			$b_2 = 0,160$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,993	0,032360	0,027	231,694	$4,3621 \cdot 10^{-13}$	0,000293	15,033	0,000005	0,007	24,285	$3,2041 \cdot 10^{-7}$
P-C										
$R_e(M) = 6,346 + 0,005 \cdot TV + 0,152 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,346$			$b_1 = 0,005$			$b_2 = 0,152$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,990	0,036769	0,031	203,520	$9,4950 \cdot 10^{-13}$	0,000333	14,003	0,000008	0,008	20,263	$9,3870 \cdot 10^{-7}$
P-C										
$R_e(Y) = 6,386 + 0,004 \cdot TV + 0,132 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,386$			$b_1 = 0,004$			$b_2 = 0,132$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,962	0,061633	0,052	122,165	$2,0284 \cdot 10^{-11}$	0,001	6,379	0,001	0,013	10,512	0,000044
P-C										
$R_e(K) = 6,657 + 0,004 \cdot TV + 0,108 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,657$			$b_1 = 0,004$			$b_2 = 0,108$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,883	0,101874	0,086	77,054	$3,2166 \cdot 10^{-10}$	0,001	4,270	0,005	0,021	5,182	0,002

Tabela 7.8.- nastavak

T-A										
$R_e(C) = 7,431 + 0,003 \cdot TV + 0,137 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 7,431$			$b_1 = 0,003$			$b_2 = 0,137$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,988	0,033618	0,029	260,635	$2,1528 \cdot 10^{-13}$	0,000304	9,823	0,000064	0,007	19,989	0,000001
T-A										
$R_e(M) = 7,243 + 0,005 \cdot TV + 0,166 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 7,243$			$b_1 = 0,005$			$b_2 = 0,166$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,970	0,068576	0,058	124,530	$1,8081 \cdot 10^{-11}$	0,001	7,488	0,000293	0,014	11,859	0,000022
T-A										
$R_e(Y) = 7,076 + 0,005 \cdot TV + 0,178 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 7,076$			$b_1 = 0,005$			$b_2 = 0,178$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,994	0,031139	0,026	267,944	$1,8236 \cdot 10^{-13}$	0,000282	16,004	0,000004	0,006	27,965	$1,3832 \cdot 10^{-7}$
T-A										
$R_e(K) = 7,103 + 0,005 \cdot TV + 0,180 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 7,103$			$b_1 = 0,005$			$b_2 = 0,180$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,977	0,067065	0,057	124,883	$1,7776 \cdot 10^{-11}$	0,001	9,003	0,000105	0,014	13,149	0,000012

Tabela 7.8.- nastavak

T-B										
$R_e(C) = 6,669 + 0,004 \cdot TV + 0,045 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,669$			$b_1 = 0,004$			$b_2 = 0,045$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,984	0,026634	0,023	295,264	$1,0185 \cdot 10^{-13}$	0,000241	17,327	0,000002	0,005	8,354	0,000160
T-B										
$R_e(M) = 6,778 + 0,002 \cdot TV + 0,068 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,778$			$b_1 = 0,002$			$b_2 = 0,068$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,979	0,024729	0,021	323,185	$5,9229 \cdot 10^{-14}$	0,000224	10,185	0,000052	0,005	13,455	0,000010
T-B										
$R_e(Y) = 6,663 + 0,007 \cdot TV + 0,072 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,663$			$b_1 = 0,007$			$b_2 = 0,072$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,987	0,038522	0,033	203,956	$9,3739 \cdot 10^{-13}$	0,000349	18,916	0,000001	0,008	9,178	0,000094
T-B										
$R_e(K) = 6,820 + 0,005 \cdot TV + 0,115 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,820$			$b_1 = 0,005$			$b_2 = 0,115$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,963	0,061658	0,052	130,423	$1,3702 \cdot 10^{-11}$	0,001	8,518	0,000143	0,013	9,170	0,000095

Tabela 7.8.- nastavak

T-C										
$R_e(C) = 6,922 + 0,004 \cdot TV + 0,102 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,922$			$b_1 = 0,004$			$b_2 = 0,102$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,929	0,075894	0,064	107,548	$4,3560 \cdot 10^{-11}$	0,001	5,882	0,001	0,015	6,600	0,001
T-C										
$R_e(M) = 7,017 + 0,006 \cdot TV + 0,122 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 7,017$			$b_1 = 0,006$			$b_2 = 0,122$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,957	0,080098	0,068	103,296	$5,5482 \cdot 10^{-11}$	0,001	8,839	0,000117	0,016	7,472	0,000297
T-C										
$R_e(Y) = 7,083 + 0,006 \cdot TV + 0,113 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = ,$			$b_1 = 0,$			$b_2 = 0,$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,940	0,086997	0,074	95,994	$8,6118 \cdot 10^{-11}$	0,001	7,263	0,000347	0,018	6,359	0,001
T-C										
$R_e(K) = 7,237 + 0,006 \cdot TV + 0,119 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 7,237$			$b_1 = 0,006$			$b_2 = 0,119$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,989	0,036822	0,031	231,743	$4,3564 \cdot 10^{-13}$	0,000333	17,620	0,000002	0,008	15,855	0,000004

Na osnovu eksperimentalno dobijenih rezultata upotrebom višestruke regresione analize dobijene su statistički pouzdane zavisnosti otpora protoku vodene pare od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje u štampi pri štampi svim bojama za ispitivane: pamučne pletenine, poliestarske pletenine, Co/PES pletenine i pamučne tkanine (tabela 7.9.). Dobijene

statističke zavisnosti otpora protoku vodene pare od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje u štampi pri štampi svim bojama za ispitivane poliestarske i Co/PES tkanine nisu značajna jer su vrijednosti koeficijenta višestruke regresije iznosile 0,600 (poliestarske tkanine) i 0,702 (Co/PES tkanine).

Tabela 7.9. Vrijednosti koeficijenata višestruke linearne regresije za dobijene matematičke modele zavisnosti otpora protoku vodene pare od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje za štampane ispitivane materijale

P-A										
$R_e = 6,729 + 0,009 \cdot TV + 0,148 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,729$			$b_1 = 0,009$			$b_2 = 0,148$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,892	0,151785	0,064	104,551	$3,4359 \cdot 10^{-43}$	0,001	13,425	$6,3492 \cdot 10^{-15}$	0,015	9,562	$4,9132 \cdot 10^{-11}$
P-B										
$R_e = 6,180 + 0,004 \cdot TV + 0,132 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,180$			$b_1 = 0,004$			$b_2 = 0,132$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,800	0,136000	0,058	107,154	$1,5300 \cdot 10^{-43}$	0,001	6,434	$2,7056 \cdot 10^{-7}$	0,014	9,514	$5,5488 \cdot 10^{-11}$
P-C										
$R_e = 6,437 + 0,004 \cdot TV + 0,138 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,437$			$b_1 = 0,004$			$b_2 = 0,138$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,879	0,105610	0,045	143,737	$9,6379 \cdot 10^{-48}$	0,000478	8,662	$5,1952 \cdot 10^{-10}$	0,011	12,815	$2,3214 \cdot 10^{-14}$

Tabela 7.9.- nastavak

T-A										
$R_c = 7,213 + 0,004 \cdot TV + 0,165 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_o = 7,213$			$b_1 = 0,004$			$b_2 = 0,165$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,931	0,089310	0,038	190,462	$9,0136 \cdot 10^{-52}$	0,000404	10,894	$1,8185 \cdot 10^{-12}$	0,009	18,127	$1,0094 \cdot 10^{-18}$

8. ZAKLJUČAK

Predstavljena istraživanja zavisnosti procesnih parametara štampe i vrijednosti parametara toplotnih svojstava odštampanih tekstilnih materijala su osnova modela toplotnih svojstava štampanih odjevnih predmeta. Da bi se dao odgovor na uticaj procesa štampe na toplotna svojstva štampanih tekstilnih materijala, a time i kreirao model toplotnih svojstava štampanih tekstilnih materijala kojim se predviđa toplotno fiziološka udobnost odjeće u toku upotrebe bilo je potrebno varirati više relevantnih parametara što je u istraživanju i učinjeno. Korištene podloge za štampu su se razlikovale prema sirovinskom sastavu, dok su im zajednička svojstva bila površinska masa i površinska struktura. Ove podloge su izabrane jer su najčešće uobičajeni materijali od kojih se izrađuje odjeća. Analize podloga izvršene su prije štampe, kako bi se tačno znale njihove karakteristike, te je nakon toga vršena štampa istih da bi se došlo do signifikantnih podataka za zaključivanje.

Veliki broj analiziranih istraživanja bavi se varijacijama u konstrukciji materijala u cilju dobijanja materijala odgovarajućih toplotnih karakteristika. Ovim istraživanjima pažnja je posvećena procesu štampe i mogućnosti dobijanja odgovarajućih toplotnih svojstava štampanih tekstilnih materijala variranjem i upravljanjem procesnim parametrima štampe.

Kao varijabilni parametri procesa štampe korišteni su različita tonska pokrivenost i broj nanosa boje. Ispitivani uzorci štampani su svim procesnim bojama. Pri tome, uzorci su štampani sa karakterističnom pokrivenošću tonskih vrijednosti sa tri različita nanosa boje za koje se mogu očekivati promjene svojstava. Štampanje je izvršeno pigmentnim bojama na vodenoj bazi koje karakteriše široka primjenljivost.

Odštampani uzorci podvrgnuti su ispitivanjima toplotnih svojstava u cilju sticanja saznanja o tome koje kombinacije procesnih parametara štampe obezbjeđuju optimalnu toplotnu udobnost odštampanih tekstilnih materijala. Pri tome, analiza uzoraka obuhvatila je određivanje toplo-hladnog osjećaja, toplotne provodljivosti, toplotne otpornosti i otpora protoku vodene pare uzoraka štampanih varijacijom procesnih parametara.

Varijacijom procesnih parametara u štampi željela se dokazati hipoteza istraživanja da je moguće razviti model toplotnih svojstava štampanih tekstilnih materijala kojim se ocjenjuje uticaj parametara digitalne štampe na toplotna svojstva odštampanih odjevnih predmeta, koji ima poseban značaj za predviđanje toplotno fiziološke udobnosti odjeće tokom upotrebe.

Na osnovu rezultata istraživanja mogu se izvesti sledeći zaključci:

Vrijednosti toplo-hladnog osjećaja ispitivanih štampanih materijala ponašaju se na način da povećavanjem broja nanosa boje u štampi, kao i povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti toplo-hladnog osjećaja. Istraživanja su potvrdila da na toplo-hladni osjećaj, pored parametara procesa štampe, uticaj ima i površinska struktura materijala.

Dobijeni rezultati mjerenja ukazuju na to da su na tkaninama ostvarene više vrijednosti toplo-hladnog osjećaja u odnosu na vrijednosti pletenina jednakog sirovinskog sastava.

Na osnovu dobijenih rezultata mjerenja toplo-hladnog osjećaja, za sve ispitivane materijale, moguće je kreirati matematičke modele zavisnosti toplo-hladnog osjećaja od broja nanosa boje u štampi i tonske pokrivenosti, sa prethodnim definisanjem boje kojom su štampani materijali. Pored navedenih matematičkih modela, objedinjavanjem rezultata mjerenja, moguće je kreirati i matematičke modele zavisnosti toplo-hladnog osjećaja pojedinačnih materijala od tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi nezavisno od primjenjene boje pri štampi. Drugi tip modela zavisnosti vrijednosti toplo-hladnog osjećaja moguće je kreirati za sve ispitivane materijale sem pamučnih pletenina.

Rezultati ispitivanja toplotne provodljivosti ispitivanih materijala ukazuju na to da se i vrijednosti ovog parametra povećavaju povećavanjem broja nanosa boje u štampi, kao i povećavanjem tonske pokrivenosti. Dobijeni rezultati mjerenja su potvrdili i to da na vrijednosti toplotne provodljivosti, pored parametara procesa štampe, uticaj ima i sirovinski sastav materijala. Tako su, na ispitivanim pleteninama, najviše vrijednosti toplotne provodljivosti ostvarene na poliestarskim podlogama, niže na pamučnim podlogama, a najniže vrijednosti javljaju se na pleteninama dobijenim iz mješavine pamuka i poliestera. U slučaju ispitivanih tkanina najviše vrijednosti toplotne provodljivosti javljaju se, takođe, na poliestarskim podlogama, niže na tkaninama dobijenim iz mješavine pamuka i poliestera, dok se najniže vrijednosti sreću na pamučnim tkaninama. Toplotna provodljivost zavisna je i od površinske strukture materijala. Ova zavisnost se ogleda u tome da se na tkaninama javljaju više vrijednosti toplotne provodljivosti u odnosu na vrijednosti pletenina jednakog sirovinskog sastava.

Ponašanje vrijednosti toplotne provodljivosti svih ispitivanih materijala, sem pamučnih pletenina štampanih cijan bojom, moguće je predstaviti matematičkim modelima zavisnosti od broja nanosa boje u štampi i tonske pokrivenosti, sa prethodno definisanom bojom kojom su štampani materijali. U slučaju pamučnih pletenina štampanih cijan bojom povećavanjem broja nanosa boje u štampi, kao i povećavanjem tonske pokrivenosti, takođe, dolazi do rasta vrijednosti toplotne provodljivosti. Međutim, vrijednosti toplotne provodljivosti ovih uzoraka nije moguće predstaviti jedinstvenim matematičkim modelom u zavisnosti od broja nanosa boje u štampi i tonske pokrivenosti. Ipak, vrijednosti toplotne provodljivosti ovih uzoraka moguće je opisati matematičkim modelima zavisnosti od tonske pokrivenosti sa prethodno definisanim brojem nanosa boje u štampi. Dodatno, za pamučne pletenine, pamučne tkanine, poliestarske tkanine i tkanine dobijene iz mješavine pamuka i poliestera je moguće kreirati i matematičke modele zavisnosti toplotne provodljivosti pojedinačnih materijala od tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi nezavisno od toga koja boja je korištena u procesu štampe.

Na osnovu rezultata ispitivanja toplotne otpornosti utvrđeno je da štampanjem pamučnih i podloga dobijenih iz mješavine pamuka i poliestera povećavanjem broja nanosa boje u

štampi i povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do smanjenja vrijednosti toplotne otpornosti. S druge strane, štampanjem poliestarskih podloga povećavanjem broja nanosa boje u štampi, te povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti toplotne otpornosti. Vrijednosti toplotne otpornosti su i u zavisnosti od površinske strukture materijala. Tako je utvrđeno da se u slučaju štampanih pamučnih i podloga dobijenih iz mješavine pamuka i poliestera više vrijednosti toplotne otpornosti javljaju na pleteninama, dok se u slučaju poliestarskih uzoraka više vrijednosti javljaju na tkaninama.

Za sve ispitivane materijale je moguće kreirati matematičke modele zavisnosti toplotne otpornosti od broja nanosa boje u štampi i tonske pokrivenosti, sa unaprijed definisanom bojom kojom su štampani materijali. Objedinjavanjem rezultata mjerenja je utvrđeno da je za sve ispitivane materijale, sem poliestarskih i Co/PES pletenina, moguće kreirati i matematičke modele zavisnosti toplotne otpornosti pojedinačnih materijala od tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi nezavisno od primjenjene boje pri štampi.

Mjerenjem vrijednosti otpora protoku vodene pare utvrđeno je da povećavanjem broja nanosa boje u štampi, kao i povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do porasta i vrijednosti otpora protoku vodene pare. Rezultati mjerenja ukazuju i na to da vrijednosti otpora protoku vodene pare, pored parametara procesa štampe, zavise i od sirovinskog sastava materijala. Tako su, uzimajući u obzir i pletenine i tkanine, najviše vrijednosti otpora protoku vodene pare ostvarene na pamučnim podlogama, niže na podlogama dobijenim iz mješavine pamuka i poliestera, dok se najniže vrijednosti javljaju na podlogama od poliestera. Otpor protoku vodene pare zavisna je i od površinske strukture materijala. Ova zavisnost se ogleda u tome da se na tkaninama javljaju više vrijednosti otpora protoku vodene pare u odnosu na vrijednosti pletenina jednakog sirovinskog sastava.

Vrijednosti otpora protoku vodene pare ispitivnih materijala, štampanih unaprijed definisanom bojom, moguće je predstaviti matematičkim modelima u zavisnosti od broja nanosa boje u štampi i tonske pokrivenosti. Dodatno, u slučaju štampanja pamučnih pletenina, pamučnih tkanina, poliestarskih tkanina i tkanina dobijenih iz mješavine pamuka i poliestera vrijednosti otpora protoku vodene pare moguće je opisati i matematičkim modelima zavisnosti vrijednosti otpora protoku vodene pare pojedinačnih materijala od tonske pokrivenosti i broja nanosa boje u štampi nezavisno od primjenjene boje pri štampi.

Procesom štampe dio štamarske boje se nanosi na površinu materijala, a dio prodire u unutrašnjost materijala popunjavajući pore između pređe kao i pore između vlakana. Dakle, procesom štampe u materijalu dolazi do zamjene dijela zarobljenog vazduha štamarskom bojom. S obzirom da štamarska boja, kao i bilo koje tekstilno vlakno, ima višu vrijednost toplotne provodljivosti u odnosu na vazduh, otuda i više vrijednosti toplotne provodljivosti ispitivanih štampanih materijala sa povećavanjem broja nanosa boje u štampi i tonske pokrivenosti (povećavanjem datih parametara na materijal se nanosi veća količina štamarske boje). Iz istog razloga povećavanjem datih parametara štampe dolazi i do porasta vrijednosti

toplo-hladnog osjećaja. Naime, sve što tekstilni materijal ima veću mogućnost provođenja toplote pri kontaktu ljudskog tijela sa tekstilnim materijalom, s obzirom da je temperatura tijela viša od temperature tekstilnog materijala, materijal će “odvesti” veću količinu toplote sa dijela tijela sa kojim je u kontaktu. Odvođenje veće količine toplote sa površine kože kožno-senzorski receptori, pak, registruju kao hladniji osjećaj.

S obzirom da povećavanjem broja nanosa boje u štampi i povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do rasta vrijednosti toplotne provodljivosti za očekivati je da povećavanjem datih parametara štampe dođe i do smanjenja vrijednosti toplotne otpornosti. U skladu sa time, u slučaju pamučnih i materijala dobijenih iz mješavine pamuka i poliestera povećavanjem broja nanosa boje u štampi, kao i povećavanjem tonske pokrivenosti dolazi do smanjenja vrijednosti toplotne otpornosti. Međutim, kod poliestarskih uzoraka javlja se obrnuti trend kretanja vrijednosti toplotne otpornosti, tj. dolazi do povećavanja vrijednosti toplotne otpornosti. Ovaj trend kretanja vrijednosti toplotnog otpora moguće je objasniti debljinom materijala. Naime, u slučaju da je obim povećavanja debljine materijala veći od obima povećavanja toplotne provodljivosti dolazi do povećavanja vrijednosti toplotne otpornosti. S obzirom na to da se povećavanjem broja nanosa boje u štampi i povećavanjem tonske pokrivenosti na materijal nanosi veća količina boje, to utiče i na povećavanje debljine materijala. Na taj način moguće je objasniti činjenicu da na poliestarskim uzorcima povećavanjem broja nanosa boje u štampi u isto vrijeme dolazi i do porasta toplotne provodljivosti, ali i toplotne otpornosti štampanih uzoraka.

Povećavanjem broja nanosa boje u štampi, kao i povećavanjem tonske pokrivenosti, dolazi do veće zamjene vazduha štamparskom bojom u porama između pređe kao i porama između vlakana. Na taj način stvara se barijera nesmetanom prolasku vodene pare sa površine tijela kroz slojeve odjeće u okolinu, te otuda i više vrijednosti otpora protoku vodene pare sa povećavanjem broja nanosa boje u štampi i povećavanjem tonske pokrivenosti.

Eksperimentalno dobijeni rezultati ispitivanja parametara toplotnih svojstava pokazuju i to da se približno jednake vrijednosti mogu dobiti kombinacijom broja nanosa boje u štampi i tonske pokrivenosti. Ova činjenica je, pak, značajna sa ekonomskog aspekta jer pokazuje da se slične vrijednosti toplotnih svojstava mogu dobiti sa manjim brojem nanosa boje u štampi povećavanjem tonske pokrivenosti. Na taj način je moguće ostvariti povećanje produktivnosti, jer se smanjuje vrijeme potrebno za odvijanje procesa štampe, bez da se utiče na vrijednosti toplotnih svojstava štampanih tekstilnih materijala, a time i na udobnost odjeće izrađene od ovih materijala.

Sumiranjem rezultata ispitivanja toplotnih svojstava zaključuje se da procesom štampe dolazi do promjene vrijednosti parametara toplotnih svojstava ispitivanih pletenina i tkanina, čime se potvrđuje uticaj procesa štampe na ova svojstva tekstilnih materijala. Dobijeni rezultati ukazuju i na to da se varijacijom procesnih parametara štampe, kao što su tonska pokrivenost, broj nanosa boje u štampi i vrsta boje, uz izbor odgovarajućeg materijala može

uticati na promjenu, a time i na ostvarivanje odgovarajućih vrijednosti toplo-hladnog osjećaja, toplotne provodljivosti, toplotne otpornosti i otpora protoku vodene pare štampanih tekstilnih materijala.

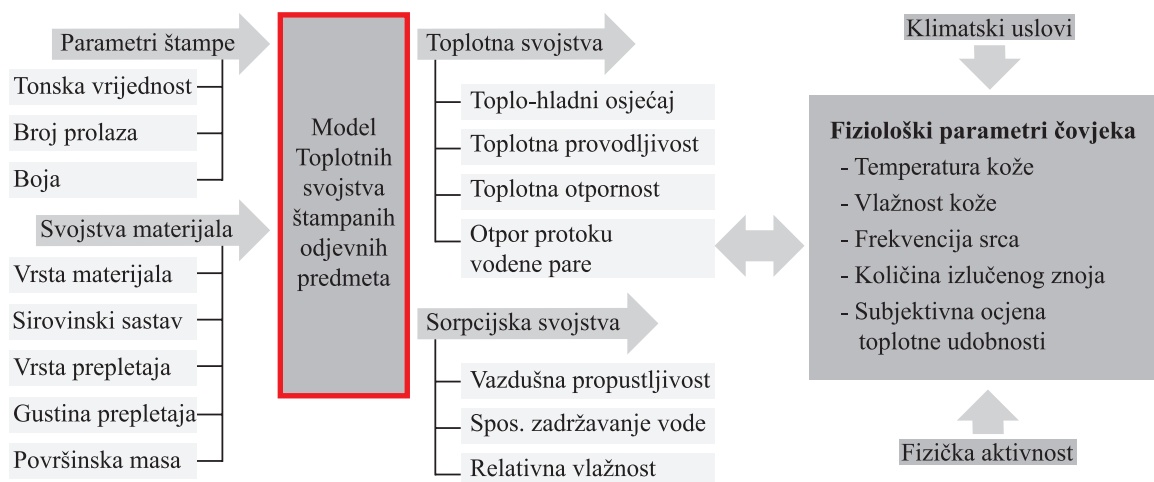
Postavkom eksperimenta i istraživanjima metodološki je razvijen model toplotnih svojstava štampanih odjevnih predmeta čime je potvrđena hipoteza istraživanja, a kojim je moguće ocijeniti uticaj parametara digitalne štampe na toplotna svojstva odštampanih odjevnih predmeta i kojim se može predviđati toplotno fiziološka udobnost odjeće tokom upotrebe. Takođe, razvijeni model može poslužiti i kao metodološka osnova istraživanja za neke druge tehnike štampe.

9. NAUČNI DOPRINOS ISTRAŽIVANJA I MOGUĆNOST PRIMJENE U PRAKSI

Dobijeni rezultati istraživanja uticaja parametara digitalne štampe na toplotna svojstva štampanih tekstilnih materijala te oblikovani matematički modeli za određivanje toplo-hladnog osjećaja, toplotne provodljivosti, toplotnog otpora i otpora protoku vodene pare štampanih tekstilnih materijala u zavisnosti od tonske pokrivenosti, broja nanosa boje u štampi, vrste boje i svojstava materijala, dobijeni na temelju proste i višestruke linearne regresione analize, ukazuju na to da istraživanja provedena u okviru istraživanja predstavljaju značajan doprinos na području štampe tekstilnih materijala, kao i na području toplotno fiziološke udobnosti čovjeka i imaju vidan aplikativan značaj.

Razvijeni model funkcijske zavisnosti toplotnih svojstava štampanih tekstilnih materijala od parametara digitalne štampe i vrste materijala tačno definiše uticaj veličine pojedinih procesnih parametara na toplotna svojstva štampanih materijala. Poznavanje uticaja parametara štampe na toplotna svojstva ima veliki značaj pri dizajnu i projektovanju odjeće u smislu prilagođavanja datih procesa u cilju dobijanja odjeće za različite namjene sa optimalnim estetskim i toplotnim svojstvima.

Razvijeni model toplotnih svojstava predstavlja osnovu te otvara mogućnost proširivanja istraživanja uticaja procesnih parametara štampe, u kombinaciji sa različitim parametrima fizičke aktivnosti u različitim klimatskim uslovima, na predviđanje fizioloških svojstava čovjeka, a time i na predviđanje cjelokupne udobnosti odštampane odjeće (slika 9.1).



Slika 9.1. Model uticajnih parametara štampanih odjevnih predmeta

Model toplotnih svojstava štampanih tekstilnih materijala, kao i model fizioloških parametara čovjeka koji bi se mogao razvijati na osnovi realizovanih istraživanja, moguće je proširiti na druge tehnike štampe i materijale. Na ovaj način dobili bi se kompleksniji modeli sa kojima je moguće ostvariti komparativne metode praćenja procesnih parametara. Razvijenim modelom se mogu koristiti realni procesi čiji je cilj proizvodnja štampane odjeće optimalnih toplotnih svojstava.

10. LITERATURA

Abhijit M., Mukhopadhyay S., Yadav R. (2010) Thermal Properties of Knitted Fabrics Made from Cotton and Regenerated Bamboo Cellulosic Fibres, *International Journal of Thermal Sciences*, Vol. 49, No. 10, pp. 2042-2048.

Aihua M., Yi L., Xiaonan L., Ruomei W., Shuxiao W. (2008) A CAD System for Multi-Style Thermal Functional Design of Clothing, *Computer-Aided Design*, Vol. 40, No. 9, pp. 916-930.

Ajmeri J.R., Bhattacharya S.S. (2013) Comparative Analysis of The Thermal Comfort Properties of Knitted Fabrics Made of Cotton and Modal Fibres, *International Journal of Textile and Fashion Technology*, Vol. 3, No. 1, pp. 1-10.

Akçam O., Karaca E. (2013) Development of Water Vapor Resistance Feature of Polyester Woven Fabrics by Using Perlite Additive, *Tekstil ve Konfeksiyon*, Vol. 24, No. 3, pp. 233-240.

Andreen J.H., Gibson J.W., Wetmore O.C. (1953) Fabric Evaluations Based on Physiological Measurements of Comfort, *Textile Research Journal*, Vol. 23, No. 1, pp. 11-22.

ASHRAE (1993) *Handbook of Fundamentals*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., New York.

Aston S.O., Provost J.R., Masselink H. (1993) Jet Printing with Reactive Dyes, *Journal of The Society of Dyers and Colourists*, Vol. 109, No. 4, pp. 147-152.

Atlas S., Ozgen B. (2013) Investigation of Fabric Properties Woven with Different Fibres, *Tekstilec*, Vol. 56, No. 2, pp. 117-122.

Bae J. (2007) *Color in Ink-Jet Printing: Influence of Structural and Optical Characteristics of Textiles*, PhD Thesis, Graduate Faculty, North Carolina State University, Raleigh.

Benltoufa S., Fayala F., Cheikhrouhou M., Ben Nasrallah S. (2007) Porosity Determination of Jersey Structure, *AUTEX Research Journal*, Vol. 7, No. 1, pp. 63-69.

Bermel A.D., Bugner D.E. (1999) Particle Size Effects in Pigmented Ink Jet Inks, *Journal of Imaging Science and Technology*, Vol. 43, No. 4, pp. 320-324.

Bhat N.V., Netravali A.N., Gore A.V., Sathianarayanan M.P., Arolkar G.A., Deshmukh R.R. (2011) Surface Modification of Cotton Fabrics Using Plasma Technology, *Textile Research Journal*, Vol. 81, No. 10, pp. 1014-1026.

Board N. (2003) *Screen Printing Technology Hand Book*, Asia Pacific Business Press Inc., Delhi.

Boguslawska-Baczek M., Hes L. (2014) Thermal Conductivity and Resistance of Nomex Fabrics Exposed to Salty Water, *Tekstil ve Konfeksiyon*, Vol. 24, No. 2, pp. 180-185.

Brandon H. (2010) *World Cotton Demand Remains Strong*, Southeast Farm Press, [Online] Dostupno na: <http://southeastfarmpress.com/world-cotton-demand-remains-strong> (pristupljeno 21.02.2015).

Broadbent A.D. (2001) Basic Principles of Textile Coloration, Society of Dyers and Colourists, Bradford.

Butera F.M. (1998) Principles of Thermal Comfort, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 2, No. 1-2, pp. 39-66.

Byrne C. (2004) Textile Ink Jet Printing-Market Information, Potential Outlets and Trends, in Textile Ink Jet printing- A review of Ink Jet Printing of Textiles, including ITMA 2003, (T. L. Dawson and B. Glover, Eds.); Society of Dyers and Colourists Technical Monograph, pp. 30-37.

Changa I.S., Leea S.S., Choeb E.K. (2009) Digitale Textile Printing (DTP) Wastewater Treatment Using Ozone and Membrane Filtration, Desalination, Vol. 235, No. 1-3, pp. 110-121.

Chidambaram P., Govindan R., Venkatraman K.C. (2012) Study of Thermal Comfort Properties of Cotton/Regenerated Bamboo Knitted Fabrics, African Journal of Basic and Applied Sciences, Vol. 4, No. 2, pp. 60-66.

Choi P.S.R., Yuen C.W.M., Ku S.K.A., Kan C.W. (2003) Ink-jet Printing for Textiles, Textile Asia, Vol. 34, No. 10, pp. 21-24.

Choi P.S.R., Yuen C.W.M., Ku S.K.A., Kan C.W. (2005) Digital Ink-jet Printing for Chitosan-Treated Cotton Fabric, Fibers and Polymers, Vol. 6, No. 3, pp. 229-234.

Cimilli S., Nergis B.U., Candan C., Özdemir M. (2010) Comparative Study of Some Comfort-Related Properties of Socks of Different Fiber Types, Textile Research Journal, Vol. 80, No. 10, pp. 948-957.

Dalvey J.A., Nasser N.F. (2004) Image Transfer Sheet, United States Patent 6,753,050 B1, 22. June 2004.

Daplyn S., Lin L. (2003) Evaluation of Pigmented Ink Formulations for Jet Printing onto Textile Fabrics, Pigment and Resin Technology, Vol. 32, No. 5, pp. 307-318.

Das A., Alagirusamy R. (2010) Science in Clothing Comfort, Woodhead Publishing India Pvt Ltd., New Delhi.

Das A., Ishtiaque S.M., Singh R.P. (2009) Packing of Micro- Porous Yarns, Part II- Optimization of Fabric Characteristics, Journal of The Textile Institute, Vol. 100, No. 3, pp. 207-217.

Das A., Kothari V.K., Balaji M. (2007) Studies on Cotton- Acrylic Bulked Yarns and Fabrics: Part II- Fabric characteristics, Journal of The Textile Institute, Vol. 98, No. 4, pp. 363- 375.

Das B., Das A., Kothari V., Fanguiero R., Araújo M. (2007) Moisture Transmission Through Textiles- Part I: Processes involved in moisture transmission and the factors at play, AUTEX Research Journal, Vol. 7, No. 2, pp. 100-110.

Das B., Das A., Kothari V., Fanguiero R., Araújo M. (2008) Effect of Fibre Diameter and Cross-Sectional Shape on Moisture Transmission through Fabrics, Fibers and Polymers, Vol. 9, No. 2, pp. 225-231.

Das B., Das A., Kothari V., Fanguiero R., Araújo M. (2009) Moisture Flow through Blended Fabrics-Effect of Hydrophilicity, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, Vol. 4, No. 4, pp. 20-28.

Dawson T.L. (2004) Ink jet Printing of Textiles- an Overview of its Development and the Principles Behind Ink Drop Formation and Deposition, *Colourage*, Vol. 51, No. 10, pp. 75-82.

De Geyter N., Morent R., Leys C. (2008) Pressure Dependence of Helium DBD Plasma Penetration into Textile Layers, *IEEE Transactions on Plasma Science*, Vol. 36, No. 4, pp. 1308–1309.

Deutsches Institut für Normung e.V. (1974) 53814. Testing of textiles; determination of water retention power of fibres and yarn cuttings. Berlin: DIN.

Dias T., Delkumburewatte G. B. (2008) Changing Porosity of Knitted Structures by Changing Tightness, *Fibers and Polymers*, Vol. 9, No. 1, pp. 76-79.

Dovečar S., Mencinger J., Pavelič J., Konrad P., Raner S. (1987) *Tekstilni priručnik*, Treće izdanje, Društvo inženjera i tehničara tekstilaca DITT, Maribor.

DuPont (2013) DuPont Artistri Ink- 5000 Series, [Online] Dostupno na: http://www.dupont.com/content/dam/assets/products-and-services/printing-package-printing/assets/digital-printing/K-062414-P5000_EndUseProps_Cotton.pdf (pristupljeno 02.03.2015).

Eldred N.R. (2001) *Chemistry for the Graphic Arts*, Third Edition, Gaf Press, Pittsburgh.

English M.J.M. (2001) Physical Principles of Heat Transfer, *Current Anaesthesia and Critical Care*, Vol. 12, No. 2, pp. 66-71.

Fanger O. (1986) Thermal Environment- Human Requirements, *Environmentalist*, Vol. 6, No. 4, pp. 275-278.

Frydrych I., Dziworska G., Bilska J. (2002) Comparative Analysis of the Thermal Insulation Properties of Fabrics Made of Natural and Man-Made Cellulose Fibres, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, Vol. 10, No. 4, pp. 40-44.

Gherzi G. (1997) New Prospects for Transfer Printing, *Melliand International.*, Vol. 1, No. 3, pp. 36.

Gisolfi C.V., Wenger C.B. (1984) Temperature Regulation During Exercise: Old Concepts, New Ideas, *Exercise and Sport Sciences Reviews*, Vol. 12, No. 1, pp. 339-372.

Gohl E.P.G., Vilensky L.D. (1983) *Textile Science: An Explanation of Fibre Properties*, Second Edition, Longman Cheshire, Melbourne.

Gojković J. (2013) Uticaj procesa pranja na kvalitet otisaka na tekstilnim materijalima štampanim ink jet tehnikom štampe, Master rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.

Gordon S., Hsieh Y.L. (2007) *Cotton: Science and Technology*, First Edition, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.

Govindachetty G., Sidhan P., Venkatraman K. C. (2014) Thermo-physiological Comfort Properties of Polyester and Polyester/Acrylic blended Synthetic Fabrics treated with Herbal Finishes, *Journal of Engineered Fibres and Fabrics*, Vol. 9, No. 3, pp. 115-119.

Gregory P. (2004) Ink Jet Printing on Textiles, in *Textile Ink Jet printing- A Review of Ink Jet Printing of Textiles, including ITMA 2003*, (T. L. Dawson and B. Glover, Eds.); Society of Dyers and Colourists Technical Monograph, pp. 69-97.

Gretton J.C., Brook D.B., Dyson H.M., Harlock S.C. (1996) A Correlation Between Test Methods Used to Measure Moisture Vapour Transmission Through Fabrics, *Journal of Coated Fabrics*, Vol. 25, No. 4, pp. 301-310.

Greyson M. (1983) *Encyclopedia of Composite Materials and Components*, Wiley&Sons, USA.

Grujić D. (2010) Uticaj svojstava materijala na toplotno fiziološku udobnost odjeće, *Doktorska disertacija*, Mašinski fakultet, Maribor.

Grujić D., Geršak J., Ristić M. (2010) Uticaj fizikalnih i sorpcijskih svojstava tkanina na količinu upijenog znoja u odjeći, *Tekstil*, Vol. 59, No. 3, pp. 68-79.

Gupta S. (2001) Ink-jet Printing- A Revolutionary Ecofriendly Technique for Textile Printing, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, Vol. 26, No. 1-2, pp. 156–161.

Haghi A.K. (2004) Moisture Permeation of Clothing, A Factor Governing Thermal Equilibrium and Comfort, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol.76, No. 3, pp. 1035–1055.

Hauser H., Buehler N. (1998) Fine Particle Pigment Concentrates in Ink Jet Printing Inks, *Proceedings of IS&T NIP 14: International Conference on Digital Printing Technologies*, 18-23 October 1998, Toronto, Canada, pp. 92-94.

Hees U., Freche M., Kluge M., Provost J., Weiser J. (2002) Developments in Textile Ink Jet Printing with Pigment Inks, *Proceedings of IS&Ts NIP 18: International Conference on Digital Printing Technologies*, 29 Sep-04 Oct 2002, San Diego, California, pp. 242-245.

Hensel H. (1981) *Thermoreception and Temperature Regulation*, Academic Press, New York.

Herr H. (1997) *Nauka o toploti*, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana.

Holme I. (2004) Digital Inkjet Printing of Textiles, *Textiles magazine*, No.1, pp. 11-15.

Hsu P., Liu X., Liu C., Xie X., Lee H.R., Welch A.J., Zhao T., Cui Y. (2015) Personal Thermal Management by Metallic Nanowire-Coated Textile, *Nano Letters*, Vol. 15, No. 1, pp. 365-371.

Huang J. (2006) Thermal Parameters for Assessing Thermal Properties of Clothing, *Journal of Thermal Biology*, Vol. 31, No. 6, pp. 461-466.

Huang J. (2007) Review of Test Methods for Measuring Water Vapor Transfer Properties of Fabrics, *Cellular Polymers*, Vol. 26, No. 3, pp. 167-191.

Huang J., Chen Y. (2010) Effects of Air Temperature, Relative Humidity, and Wind Speed on Water Vapor Transmission Rate of Fabrics, *Textile Research Journal*, Vol. 80, No. 5, pp. 422-428.

Huang J., Qian X. (2008) Comparison of Test Methods for Measuring Water Vapor Permeability of Fabrics, *Textile Research Journal*, Vol.78, No. 4, pp. 342-352.

Ingram S. (1999) Screen printing primer, GATF Press, Sewickley.

International Organisation for Standardization (1977) 3801:1977. Textiles -- Woven fabrics -- Determination of mass per unit length and mass per unit area. Geneva: ISO.

International Organisation for Standardization (1984) 7211-2:1984. Textiles -- Woven fabrics -- Construction -- Methods of analysis -- Part 2: Determination of number of threads per unit length. Geneva: ISO.

International Organisation for Standardization (1995) 9237:1995. Textiles -- Determination of the permeability of fabrics to air. Geneva: ISO.

International Organisation for Standardization (2005) 139:2005. Textiles -- Standard atmospheres for conditioning and testing. Geneva: ISO.

International Organisation for Standardization (2006) 1833-1:2006. Textiles -- Quantitative chemical analysis -- Part 1: General principles of testing. Geneva: ISO.

International Organisation for Standardization (2014) 11092:2014. Textiles -- Physiological effects -- Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded-hotplate test). Geneva: ISO.

Islam M., Rokon A.A., Rubel M.C., Ahmed M., Islam A. (2014) Investigation on Comfort Properties of Conventional Cotton and Organic Cotton of Knitted Fabric Structures, *Manufacturing Science and Technology*, Vol. 2, No. 3, pp. 62-66.

Jirsak O., Gok Sadikoglu T., Ozipek B., Pan N. (2000) Thermo-Insulating Properties of Perpendicular-Laid Versus Cross-Laid Lofty Nonwoven Fabrics, *Textile Research Journal*, Vol. 70, No. 2, pp. 121-128.

Jun Y., Park C.H., Shin H., Kang T.J. (2009) Thermal Comfort Properties of Wearing Caps from Various Textiles, *Textile Research Journal*, Vol. 79, No. 2, pp. 179-189.

Kalantzi S., Mamma D., Kalogeris E., Kekos D. (2010) Improved Properties of Cotton Fabrics Treated with Lipase and its Combination with Pectinase, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, Vol. 18, No. 5, pp. 86-92.

Kan C.W., Yuen C.W.M. (2009) Influence of Plasma Gas on the Quality-Related Properties of Wool Fabric, *IEEE Transactions on Plasma Science*, Vol. 37, No. 5, pp. 653-658.

Kan C.W., Yuen C.W.M., Tsoi W.Y. (2011) Using Atmospheric Pressure Plasma for Enhancing the Deposition of Printing Paste on Cotton Fabric for Digital Ink-jet Printing, *Cellulose*, Vol. 18, No. 3, pp. 827-839, doi: 10.1007/s10570-011-9522-2.

Kanat Z.E., Özdil N., Marmarali A. (2014) Prediction of Thermal Resistance of the Knitted Fabrics in Wet State by Using Multiple Regression Analysis, *Tekstil ve Konfeksiyon*, Vol. 24, No. 3, pp. 291-297.

Kanik M., Hauser P.J., Parrillo-Chapman L., Donaldson A. (2004) Effect of Cationization on Inkjet Printing Properties of Cotton Fabrics, *AATCC Review*, Vol. 4, No. 6, pp. 22-25.

Karahan H.A., Ozdogan E., Demir A., Ayhan H. Seventekin N. (2009) Effects of Atmospheric Pressure Plasma Treatments on Certain Properties of Cotton Fabrics, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, Vol. 17, No. 2, pp. 19-22.

Kato Tech Co. Ltd. (1998) Operating Instruction KES-F7: Manual for KES-F7 Thermo Labo II (Precise and Prompt Thermal Prosperity Measurement Instrument), Kyoto.

Kašiković N. (2012) Razvoj modela praćenja procesnih parametara štampe tekstilnih materijala, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.

Kašiković N., Novaković D., Karlović I., Vladić G. (2012) Influence of Ink Layers on the Quality of Ink Jet Printed Textile Materials, *Tekstil ve Konfeksiyon*, Vol. 22, No. 2, pp. 115-124.

Kašiković N., Novaković D., Karlović I., Vladić G., Milić N. (2015) Colourfastness of Multilayer Printed Textile Materials to Artificial Light Exposure, *Acta Polytechnica Hungarica*, Vol. 12, No. 1, pp. 161-173.

Kašiković N., Vladić G., Milošević R., Novaković D., Stančić M. (2013) Analysis of Change in Surface Roughness of Samples Printed Using Screen Printing with Variable Mesh Type. *XIth Symposium on Graphic Arts, Proceedings*, 17-18 June 2013, Pardubice, Czech Republic, pp. 127-132.

Kašiković N., Vladić G., Novaković D., Stančić M., Milošević R. (2014) Spektrofotometrijska analiza uticaja toplotnih dejstava na kvalitet otisaka, *Savremene tehnologije*, Vol. 3, No. 1, pp. 66-71.

Kawabata S. (1999) A Guide Line for Manufacturing Ideal Fabrics, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 11, No 2-3, pp. 134-144.

Kawabata S., Akagi Y. (1977) Relation Between Thermal Feeling and Thermal Absorption Property of Clothing Fabric, *Journal of the Textile Machinery Society of Japan*, Vol. 30, No.1, pp. 13-22.

Kenyon R.W. (1996) Ink Jet Printing, in *Chemistry and Technology of Printing and Imaging Systems* (P. Gregory ed.), Springer, Netherlands, pp. 113-138.

Khatri A. (2010) Pad-Steam Dyeing of Cotton with Reactive Dyes Using Biodegradable Alkaline Organic Salts, PhD Thesis, School of Fashion and Textiles, RMIT University, Melbourne.

Kiatkamjornwong S., Putthimai P., Noguchi H. (2005) Comparison of Textile Print Quality Between Inkjet and Screen Printings, *Surface Coatings International Part B: Coatings Transactions*, Vol. 88, No. 1, pp. 25-34.

Kilic M., Kaynakli O. and Yamankaradeniz R. (2006) Determination of Required Core Temperature for Thermal Comfort with Steady-State Energy Balance Method, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, Vol. 33, No. 2, pp. 199-210.

Kim J. (1999) Dynamic Moisture Vapour Transfer through Textiles: Part III: Effect of Film Characteristic on Microclimate Moisture and Temperature Changes, *Textile Research Journal*, Vol. 69, No. 3, pp. 193-202.

Komić J. (2000) *Metodi statističke analize kroz primjere: zbirka zadataka*, Univerzitet u Banjoj Luci, Ekonomski fakultet, Banja Luka.

Kopitar D., Skenderi Z., Mijović B. (2014) Study on the Influence of Calendaring Process on Thermal Resistance of Polypropylene Nonwoven Fabric Structure, *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, Vol. 7, No. 1, pp. 1-11.

Krebs F., Jørgensen M., Norrman K., Hagemann O., Alstrup J., Nielsen T., Fyenbo J., Larsen K., Kristensen J. (2009) A Complete Process for Production of Flexible Large Area Polymer Solar Cells Entirely Using Screen Printing- First Public Demonstration, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Vol. 93, No. 4, pp. 422-441.

Lam Y.L., Kan C.W., Yuen C.W.M. (2011) Physical and Chemical Analysis of Plasma-Treated Cotton Fabric Subjected to Wrinkle-Resistant Finishing, *Cellulose*, Vol. 18, No. 2, pp. 493-503.

LaPorte G.M., Wilson J.D., Mancke S.A., Payne J.A., Ramotowski R.S., Fortunato S.L. (2003) The Forensic Analysis of Thermal Transfer Printing, *Journal of Forensic Sciences*, Vol. 48, No. 5, pp. 1163-1171.

Leach R.H., Pierce R.J. (2007) *The Printing Ink Manual*, Fifth Edition, Springer, Dordrecht.

Le C.V., Ly N.G. (1995) Heat and Moisture Transfer in Textile Assemblies- Part I: Steaming of Wool, Cotton, Nylon, and Polyester Fabric Beds, *Textile Research Journal*, Vol. 65, No. 4, pp. 203-212.

Le H.P. (1998) Progress and Trends in Ink-jet Printing Technology, *Journal of Imaging Science and Technology*, Vol. 42, No. 1, pp. 49-62.

Lee S., Obendorf S.K. (2012) Statistical Modeling of Water Vapor Transport Through Woven Fabrics, *Textile Research Journal* February, Vol. 82, No. 3, pp. 211-219.

Lee T.M., Choi Y.J., Nam S.Y., You C.W., Na D.Y., Choi H.C., Shin D.Y., Kim K.Y., Jung K.I. (2008) Color Filter Patterned by Screen Printing, *Thin Solid Films*, Vol. 516, No. 21, pp. 7875-7880.

Li X. (2003) *New Colorants for Ink jet Printing on Textiles*, PhD Thesis, School of Materials Science and Engineering, Department of Textile and Fiber Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta.

Li Y. (1998) Clothing, Comfort and Its Application, *Textile Asia*, Vol. 79, No. 2, pp. 29-33.

Li Y. (2001) The science of clothing comfort, Textile progress, Vol 31, No 1-2, pp. 1-135.

Li Y., Mao A., Wang R., Lou X., Wang Z., Hou W., Zhou L., Lin Y. (2006) P-Smart- A Virtual System for Clothing Thermal Functional Design, Computer- Aided Design, Vol. 38, No. 7, pp. 726-739.

Li Y., Wang A.S.W. (2006) Clothing Biosensory Engineering, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.

Majnarić I., Bolanča S., Golubović K. (2010) Neke karakteristike transfernih folija načinjenih tehnikom mlaza tinte te njihov utjecaj na kvalitetu otisaka na pamučnoj tkanini, Tekstil, Vol. 59, No. 10, pp. 456-462.

Marmarali A., Kadoglu H., Oglakcioglu N., Celik P., Blaga M., Ursache M., Carmen Loghin C. (2009) Thermal Comfort Properties of Some New Yarns Generation Knitted Fabrics, AUTEX 2009 World Textile Conference, 26-28 May, 2009 Izmir, Turkey, pp.

Masaru O., Kazuhide Y., Yukio A. (2010) Textile Printing by the Ink-Jet Printer, Nihon Gazo Gakkaishi/Journal of the Imaging Society of Japan, 2010, Vol. 49, No. 5, pp. 417-423.

Matusiak M. (2010) Thermal Comfort Index as a Method of Assessing the Thermal Comfort of Textile Materials, Fibres and Textiles in Eastern Europe, Vol. 18, No. 2, pp. 45-50.

Mechels J. (1991) Körper-Klima-Kleidung: Grundzüge der Bekleidungsphysiologie, Schiele & Schon, Berlin.

Mechels J. (1992) Anforderungsprofile für Funktionsgerechte Bekleidung, DWI -Schriftenreihe des Deutschen Wollforschungsinstitutes an der TH Aachen, Aachener Tekstiltagung, Band 109, pp. 263-268.

Mechels J., Umbach K.H. (1976) Thermophysiologische Eigenschaften von Kleidungs-systemen, Bekleidungsphysiologisches Institut Hohenstein e.V., Hohenstein.

Mendel J., Bugner D., Bermel A.D. (1999) Particle Generation and Ink Particle Size Effects in Pigmented Ink Jet Inks- Part II, Journal of Nanoparticle Research, Vol. 1, No. 3, pp. 421-424.

Mettler Toledo GmbH (2005) Operating instructions Moisture Analyzer HB43 [Online] Dostupno na: https://www.labmakelaar.com/fjc_documents/6272_MettlerHB43-BA.pdf (pristupljeno 12.02.2015).

Mezarciöz S., Mezarciöz S., Oğulata R.T. (2014) Prediction of Air Permeability of Knitted Fabrics by Means of Computational Fluid Dynamics, Tekstil ve Konfeksiyon, Vol. 24, No. 2, pp. 202-211.

Mikuž M., Šostar-Turk S., Pogačar V. (2005) Transfer of Ink-jet Printed Textiles for Home Furnishing into Production with Rotary Screen Printing Method, Fibres and Textiles in Eastern Europe, Vol. 13, No. 6, pp. 79-84.

Milenković L., Škundrić P., Sokolović R., Nikolić T. (1999), Comfort Properties of Defense Protective Clothing, *The Scientific Journal Facta Universitatis*, Vol. 1, No. 4, pp. 101-106.

Momin N. H. (2008) Chitosan and Improved Pigment Ink Jet Printing on Textiles, PhD thesis, School of Fashion and Textiles, RMIT University, Melbourne.

Momin N.H., Padhye R., Khatri A. (2011) Influence of Chitosan Posttreatment Parameters on the Fixation of Pigment- Based Inks on Ink-Jet-Printed Cotton Fabrics, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 119, No. 5, pp. 2495-2501.

Morent R., De Geyter N., Verschuren J., Clerck K., Kiekens P., Leys C. (2008) Non-Thermal Plasma Treatment of Textiles, *Surface and Coating Technology*, Vol. 202, No. 14, pp. 3427-3449.

Morishita R., Saito M., Tsuchida, K., Harada T. (1993) Studies on Micro-Climate within Clothing and the Equipment for its Evaluation, Research Institute TOYOBORO Co. Ltd., Osaka.

Morton W.E., Hearle J.W.S. (2008) Physical Properties of Textile Fibres, Fourth Edition, The Textile Institute, Manchester.

Novaković D., Kašiković N., Vladić G. (2010) Integrating Internet Application in to the Workflow for Customisation of Textile Products, *Proceedings of International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies*, Budapest, Hungary, 09-13 November, pp. 471-476.

Novaković D., Kašiković N., Zeljković Ž., Agić D., Gojo M. (2010) Thermographic Analysis of Thermal Effects on the Change of Colour Differences on the Digitally Printed Textile Materials, *Tekstil*, Vol. 59, No. 7, pp. 297-306.

Novaković D., Kašiković N. (2013) Digitalna štampa, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.

Novaković D., Kašiković N. (2013) Propusna štampa, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.

Novaković D., Pavlović Ž., Kašiković N. (2011) Tehnike štampe- praktikum za vežbe, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.

Oğlakcioğlu N., Celik P., Ute T.B., Marmarali A., Kadoglu H. (2009) Thermal Comfort Properties of Angora Rabbit/Cotton Fiber Blended Knitted Fabrics, *Textile Research Journal*, Vol. 79, No. 10, pp. 888-894.

Oğlakcioğlu N., Marmarali A. (2007) Thermal Comfort Properties of Some Knitted Structures, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, Vol. 15, No. 5-6, pp. 94-96.

Oğulata R.T. (2007) The Effect of Thermal Insulation of Clothing on Human Thermal Comfort, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, Vol. 15, No. 2, pp. 67-72.

Oğulata R.T, Mavruz S. (2010) Investigation of Porosity and Air Permeability Values of Plain Knitted Fabrics, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, Vol. 18, No. 5, pp. 71-75.

Onar Çatal D., Özgüney A. T., Akçakoca Kumbasar E. P. (2012) The Influence of Rheological Properties of the Pretreatment Thickeners on Ink-jet Printing Quality, *Tekstil ve Konfeksiyon*, Vol. 22, No. 4, pp. 309-316.

Onofrei E., Rocha A.M., Catarino A. (2011) The Influence of Knitted Fabrics' Structure on the Thermal and Moisture Management Properties, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, Vol. 6, No. 4, pp. 10-22.

Opremakv (2008) Termo presa za preslikace Tip tp4040s, [Online] Dostupno na: http://www.opremakv.com/a_a.html (pristupljeno 25.02.2015).

Ozdogan E., Demir A., Karahan A.A., Ayhan H., Seventekin N. (2009) Effects of Atmospheric Plasma on the Printability of Wool Fabrics, *Tekstil ve Konfeksiyon*, Vol. 19, pp. 123-127.

Özgen B., Altaş S. (2014) The Investigation of Thermal Comfort, Moisture Management and Handle Properties of Knitted Fabrics Made of Various Fibres, *Tekstil ve Konfeksiyon*, Vol. 24, No. 3, pp. 272-278.

Özgüney A.T., Özerdem A., Özkaya K. (2007) Influences of Pretreatment on the Yellowing Occured During Screen Printing Process, *Tekstil ve Konfeksiyon*, Vol. 17, No. 1, pp. 45-51.

Owen P. (2003) Digital printing: A World of Opportunity From Design to Production, *AATCC Review*, Vol. 3, No. 9, pp. 10-17.

Oyamada Y., Ishiko T., Terao H. (2003) Expanding Applications on the Thermal Transfer Printing, *Proceedings of IS&T NIP19: International Conference on Digital Printing Technologies*, 28 Sep-03 October 2003, New Orleans, Louisiana, pp. 383-386.

Pac M.J., Bueno M.A., Renner M., El Kasimi S. (2001), Warm-Cool Feeling Relative to Tribological Properties of Fabrics, *Textile Research Journal*, Vol. 71. No. 9, pp. 806-812.

Pan J., Tonkay G., Quintero A. (1998) Screen Printing Process Design of Experiments for Fine Line Printing of Thick Film Ceramic Substrates. *Proceedings of International Symposium on Microelectronics*, 1-4 November 1998, San Diego, CA, USA, pp. 264-269.

Parthibana M., Kumarb R.M. (2007) Effect of Fabric Softener on Thermal Comfort of Cotton and Polyester Fabrics, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, Vol. 32, pp. 446-452.

Persons K.C. (2003) *Human Thermal Environments, The Effects of Hot, Moderate and Cold Environments on Human Health, Comfort and Performance*, Second Edition, Taylor and Francis, London.

Petrova S.N., Volkova I.Y., Zakharov A.G. (2003) Oxidative Delignification of Flax Fiber, *Russian Journal of Applied Chemistry*, Vol. 76, No. 8, pp. 1344-1347.

Phillips T. (2010) Revolutionizing Textile Decoration and Finishing with Ink Jet Technology, Talk given at Textile Coating & Laminating Conference, Xennia Technology Ltd., Cannes, November 2010, [Online] Dostupno na: <http://www.xennia.com/media/95b9117d-8ebe-4749-81be-01a08d6e6a28/JqqaVg/PDF/ppp-RevolutionisingTextileDecoration-Nov2010-sml.pdf> (pristupljeno 16.02.2015).

Polyprint (2013) TexJet Plus, [Online] Dostupno na: <http://www.texjetprinter.com/brochure.pdf> (pristupljeno 23.02.2015).

Prahsarn C., Barker R.L., Gupta B.S. (2005) Moisture Vapor Transport Behavior of Polyester Knit Fabrics, *Textile Research Journal*, Vol. 75, No.4, pp. 346-351.

Provost J. (1995) Recent Developments in Ink Jet Printing of Textiles with Reactive Dyes, *Proceedings of IS&T's eleventh international congress on advances in non-impact printing technologies*, 29 Oct-03 November 1995, South Carolina, USA, pp. 378-382.

Provost J. (2009) Ink Jet Printing on Textiles, [Online] Dostupno na: <http://provost-inkjet.com/resources/SDC%2B%2BInk%2BJetPretreatment%2B4th%2BDec%2B03.pdf> (pristupljeno 14.02.2015).

Radetic M., Jovanicic P., Puac N., Petrovic Z.L. (2007) Environmental Impact of Plasma Application to Textiles in Workshop on Non-Equilibrium Processes in Plasma Physics And Studies of the Environment, *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 71, No. 1, doi:10.1088/1742-6596/71/1/012017.

Ross T. (2001), A Primer in Digital Textile Printing, [Online] Dostupno na: <http://www.techexchange.com/library/A%20Primer%20in%20Digital%20Textile%20Printing.pdf> (pristupljeno 11.02.2015).

Saleh S.S. (2011) Performance of Needle- Punching Lining Nonwoven Fabrics and Their Thermal Insulation Properties, *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, Vol. 1, No. 12, pp. 3513-3524.

Schneider A.M., Holcombe B.V. (1991) Properties Influencing Coolness to the Touch of Fabrics, *Textile Research Journal*, Vol. 61, No. 8, pp. 488-494.

Schulz G. (2002) Textile Chemistry of Digital Printing, *Melliand Textilberichte/Int Text Rep (English Edition)*, Vol. 83, No. 3, pp. 30-32.

Shih P.J., Kung T.M. (2006) A Coupled Thermal- Structural Nip Analysis of Thermal Dye Transfer Printing, *Proceedings of IS&T NIP22: International Conference on Digital Printing Technologies*, 17-22 September 2006, Denver, Colorado, pp. 296-299.

Shishoo R. (2007) *Plasma Technologies for Textiles*, Woodhead Publishing Ltd, Cambridge.

Siemensmeyer K., Seigel B., Ervine S., Bullock J. (1999) Solutions for Digital Textile Printing, *Proceedings of IS&Ts NIP 15: International Conference on Digital Printing technology*, 17-22 October 1999, Orlando, Florida, pp. 280-283.

Slater K. (1986) The Assessment of Comfort, Journal of Textile Institute, Vol.77, No. 3, pp. 157-171.

Stančić M., Grujić D., Novaković D., Kašiković N., Ružičić B., Geršak J. (2014) Dependence of Warm or Cold Feeling and Heat Retention Ability of Knitwear from Digital Print Parameters, Journal of Graphic Engineering and Design, Vol. 5, No. 1, pp. 25-32.

Stančić M., Kašiković N., Novaković D., Dojčinović I., Vladić G., Dragić M. (2014) The Influence of Washing Treatment on Screen Printed Textile Substrates, Tekstil ve Konfeksiyon, Vol. 24, No. 1, pp. 96-104.

Stančić M., Kašiković N., Novaković D., Grujić D., Milošević R. (2013) Thermal Load Effect on Print Quality of Ink Jet Printed Textile Materials, Journal of Graphic Engineering and Design, Vol. 4, No. 2, pp. 27-33.

Stančić M., Novaković D., Tomić I., Karlović I. (2012) Influence of Substrate and Screen Thread Count on Reproduction of Image Elements in Screen Printing. Acta Graphica, Vol. 23, No. 1-2, pp. 1-12.

Stanković S., Popović D., Poparić G. (2008) Thermal Properties of Textile Fabrics Made of Natural and Regenerated Cellulose Fibers, Polymer Testing, Vol. 27, No. 1, pp. 41-48.

Stoecker W.F., Jones J.W. (1982) Refrigeration and Air Conditioning, Second Edition, McGraw- Hill, Singapore.

Szentgyörgyvölgy R., Borbely A. (2011) Printability of PVC and PS Substrates by Screen Printing, Óbuda University e-Bulletin, Vol. 2, No. 1, pp. 293-300.

Szosland J. (2003) Modelling the Structural Barrier Ability of Woven Fabrics, AUTEX Research Journal, Vol. 3, No. 3, pp. 102-110.

Škundrić P., Kostić M., Medović A., Mihailović T., Asanović K., Sretković Lj. (2008) Tekstilni materijali, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd.

Thomas H., Denda B., Hedler M., Kasermann M., Klein C., Merten Th. (1998) Textile Finishing with Low Temperature Plasma, Melliand Textilber, Vol. 79, pp. 350-352.

Threlkeld J.L. (1970) Thermal environmental engineering, Prentice- Hall Inc., Second Edition, New Jersey.

Tincher W.C. (2003) Overview of Digital Printing and Print Head Technologies, AATCC Review, Vol. 3, No. 7, pp. 4-7.

Tippet B.G. (2002) The Evolution and Progression Of Digital Textile Printing, [Online] Dostupno na: <http://brookstippett.com/docs/Print2002-BGT.pdf> (pristupljeno 12.02.2015).

Tomšič B., Simončič B., Orel B., Černe L., Forte Tavčer P., Zorko M., Jerman I., Vilčnik A., Kovač J. (2008) Sol-Gel Coating of Cellulose Fibres with Antimicrobial and Repellent Properties, Journal of Sol-Gel Science and Technology, Vol. 47, No. 1, pp. 44-57.

Tyler D.J. (2005) Textile Digital Printing Technologies, Textile Progress, Vol. 37, No. 4, pp. 1-64.

Ujiie H. (2006) Digital Printing of Textiles, Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute, Cambridge.

Umbach K.H. (1978) Hautphysiologie und Kleidung, Bekleidungsphysiologisches, Institut Hohenstein e.V., Hohenstein.

Umbach K.H. (1983) Comfort of Clothing: Bekleidungs physiologisches, Institut Hohenstein e.V., Hohenstein.

Van Parys M. (2002) The Future of Printing will be Digital, Melliand Textilberichte/Int. Text. Rep. (English Edition), Vol. 83, No. 6, pp. 96.

Verhovnik V. (1983) Ekologija dela in industrijska sanitacija, Tehniška fakulteta, Maribor.

Vivekanadan M.V., Sheela Raj, Sreenivasan S., Nachane R.P. (2011) Parameters Affecting Warm- Cool Feeling in Cotton Denim Fabrics, Indian Journal of Fibre and Textile Research, Vol. 36, No. 2, pp. 117-121.

Vladić G., Sadžakov M., Kašiković N., Milić N., Stančić M. (2014) Uticaj štampanih boja na doživljenu vrijednost tekstilnog proizvoda, Četvrti naučno stručni skup sa međunarodnim učešćem Tendencije razvoja i inovativni pristup u tekstilnoj industriji Dizajn, Tehnologija, Menadžment, Zbornik radova, 06-07 Jun 2014, Beograd, pp. 106-111.

Was-Gubala J. (2009) The Kinetics of Colour Change in Textiles and Fibres Treated with Detergent Solutions Part I - Colour Perception and Fluorescence Microscopy Analysis, Science and Justice, Vol. 49, No. 3, pp. 165-169.

Weiser J. (2001) The Future of Digital Textile Printing, International Textile Bulletin, Vol. 47, No. 1, pp. 71-75.

Weng B., Shepherd R.L., Crowley K., Killard A.J., Wallace G.G. (2010) Printing Conducting Polymers, Analyst, Vol. 135, No. 11, pp. 2779-2789.

Williams C. (2001) How New Developments in Ink Technology are Coping with Digital, Digital demand: Journal of Printing and Publishing Technology, Vol. 6, No. 1, pp. 40-47.

Winkelbeiner S. (1998) Textile Printing Digitalisation and Automation- the Opportunity for the Sector, International Textile Bulletin, Vol. 44, No. 6, pp. 74-75.

Wong A.S.W., Li Y., Yeung P.K.W., Lee P.W.H. (2003) Neural Network Predictions of Human Psychological Perceptions of Clothing Sensory Comfort, Textile Research Journal, Vol. 73, No. 1, pp. 31-37.

Xiang W., Cai Z.S. (2008) Dye Behavior of Cationically Treated Silk, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 108, No. 2, pp. 1005-1012.

Xue C.H., Shi M.M., Chen H.Z. (2006) Preparation and Application of Nanoscale Micro Emulsion as Binder for Fabric Inkjet Printing, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Vol. 287, No. 1-3, pp. 147-152.

Yang L. (2003) Ink-Paper Interaction- A Study in Ink-jet Color Reproduction, PhD thesis, Department of Science and Technology, Linköping University, Norrköping.

Yoo H.S., Hu Y.S., Kim E.A. (2000) Effect of Heat and Moisture Transport in Fabrics and Garments Determined with a Vertical Plate Sweating Skin Model, *Textile Research Journal*, Vol. 70, No. 6, pp. 542-549.

Yoon N.S., Lim Y.J., Tahara M. Takagishi T. (1996) Mechanical and Dyeing Properties of Wool and Cotton Fabrics Treated with Low Temperature Plasma and Enzymes, *Textile Research Journal* February, Vol. 66, No. 5, pp. 329-336.

Zhang C., Fang K. (2009) Surface Modification of Polyester Fabrics for Ink-jet Printing with Atmospheric-Pressure Air/Ar Plasma, *Surface and Coating Technology*, Vol. 203, No. 14, pp. 2058-2063.

Zhou X., Li Y. (2002) Inkjet Printing: the Easy Way to Produce Textile Sample, *International Textile Bulletin*, Vol. 48, No. 3, pp. 64-66.

Zhu G., Kremenakova D., Wang Y., Militky J., Buyuk Mazari F. (2014) An Analysis of Effective Thermal Conductivity of Heterogeneous Materials, *AUTEX Research Journal*, Vol. 14, No. 1, pp. 14-21.

Ziabicki A. (1976) *Fundamentals of Fibre Formation*, John Wiley & Sons, London.

Zollinger H. (2003) *Color Chemistry: Syntheses, Properties and Applications of Organic Dyes and Pigments*, Third Edition, Wiley-VCH, Winheim.

11. PRILOZI

Prilog I- Rezultati mjerenja vazdušne propustljivosti

Prilog II- Statistička obrada rezultata mjerenja vazdušne propustljivosti

Prilog III- Rezultati mjerenja sposobnosti zadržavanja vode

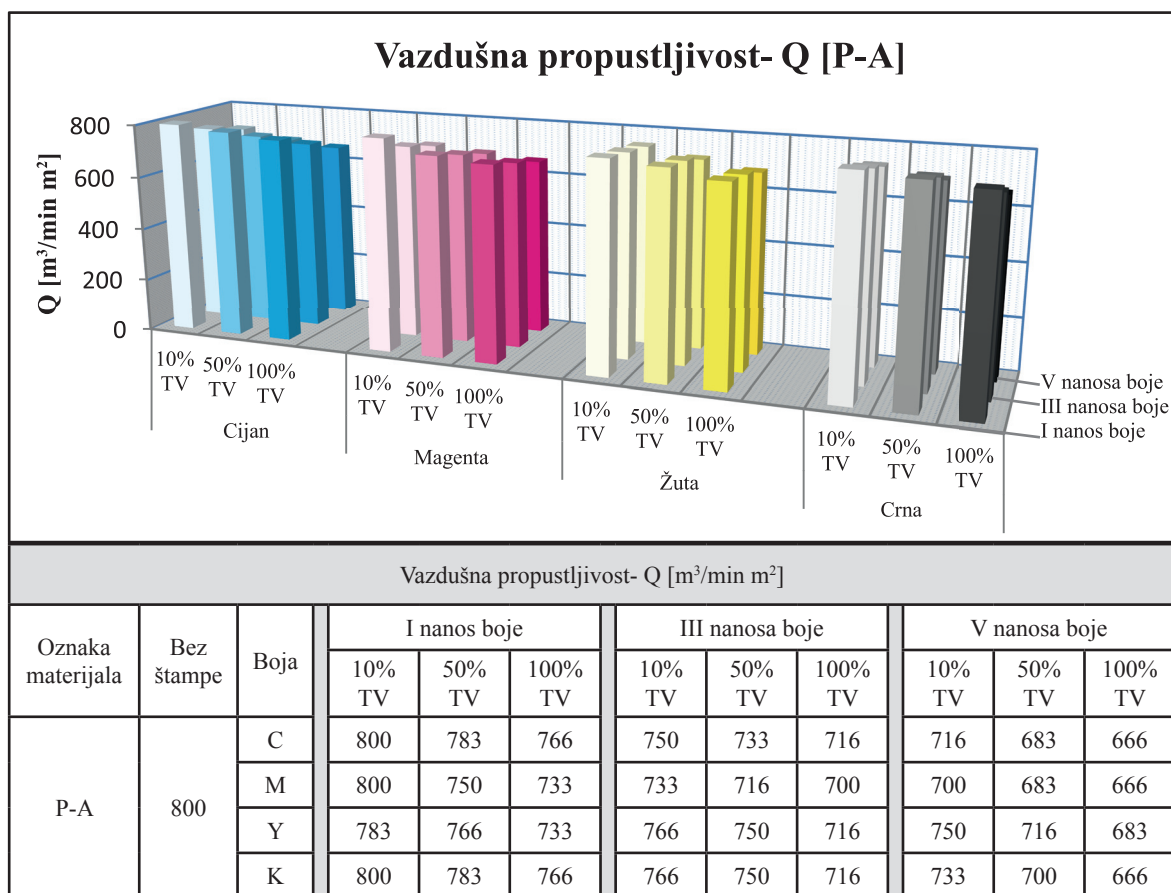
Prilog IV- Statistička obrada rezultata mjerenja sposobnosti zadržavanja vode

Prilog V- Rezultati mjerenja relativne vlažnosti

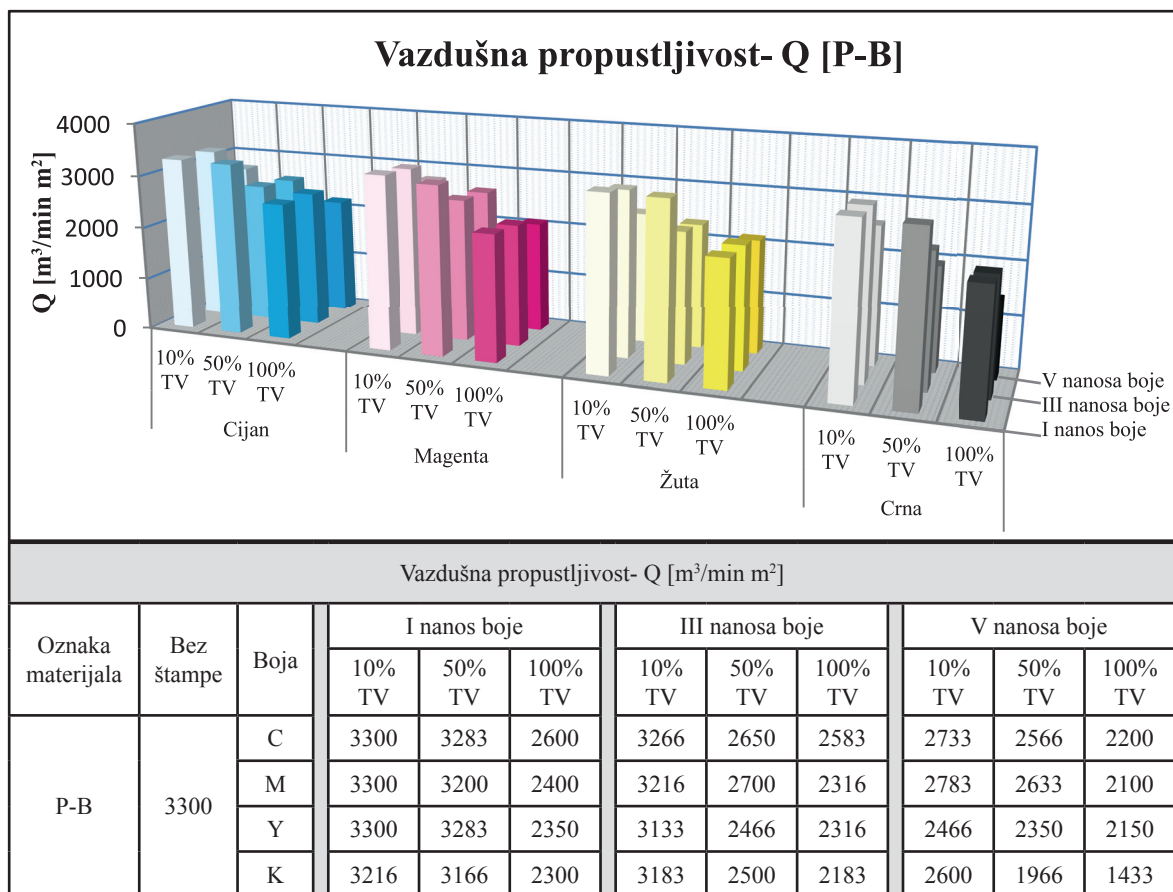
Prilog VI- Statistička obrada rezultata mjerenja relativne vlažnosti

11.1. Elektronska verzija doktorske disertacije

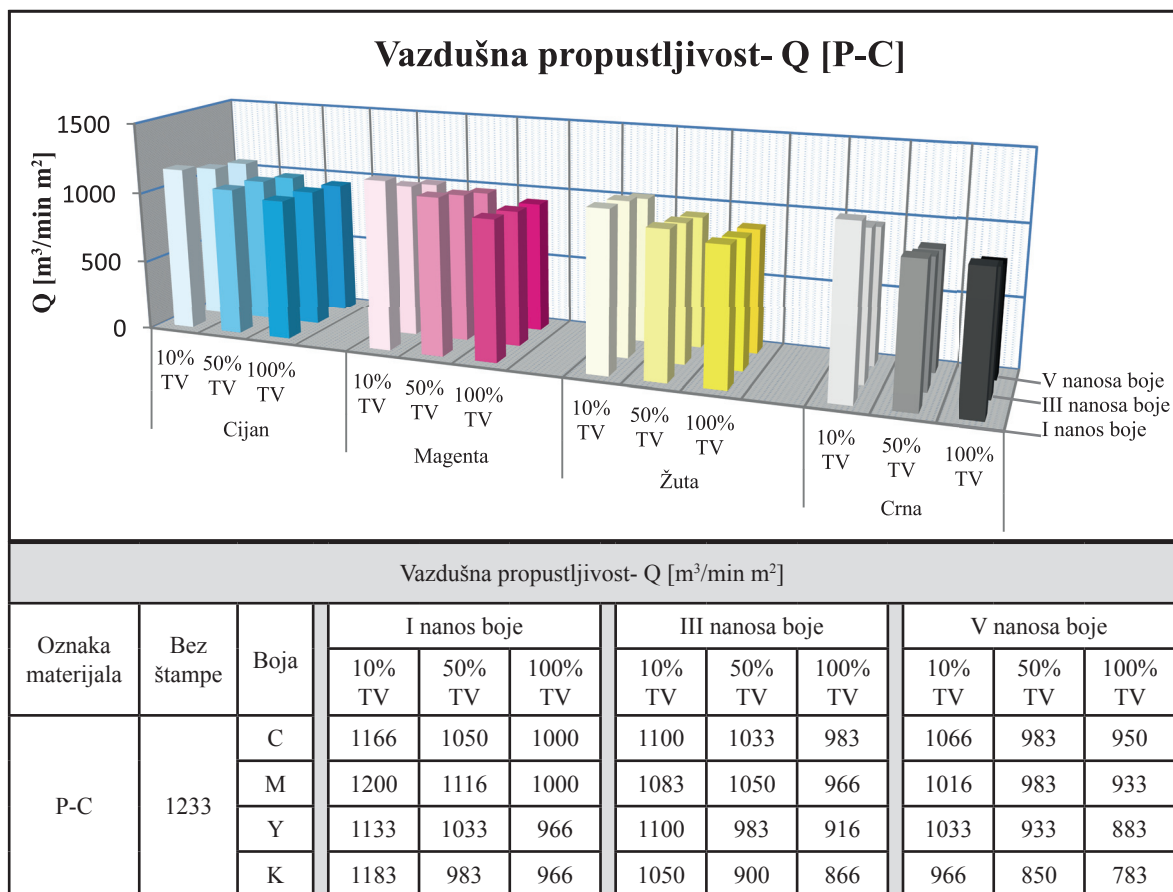
Prilog I - Rezultati mjerenja vazdušne propustljivosti



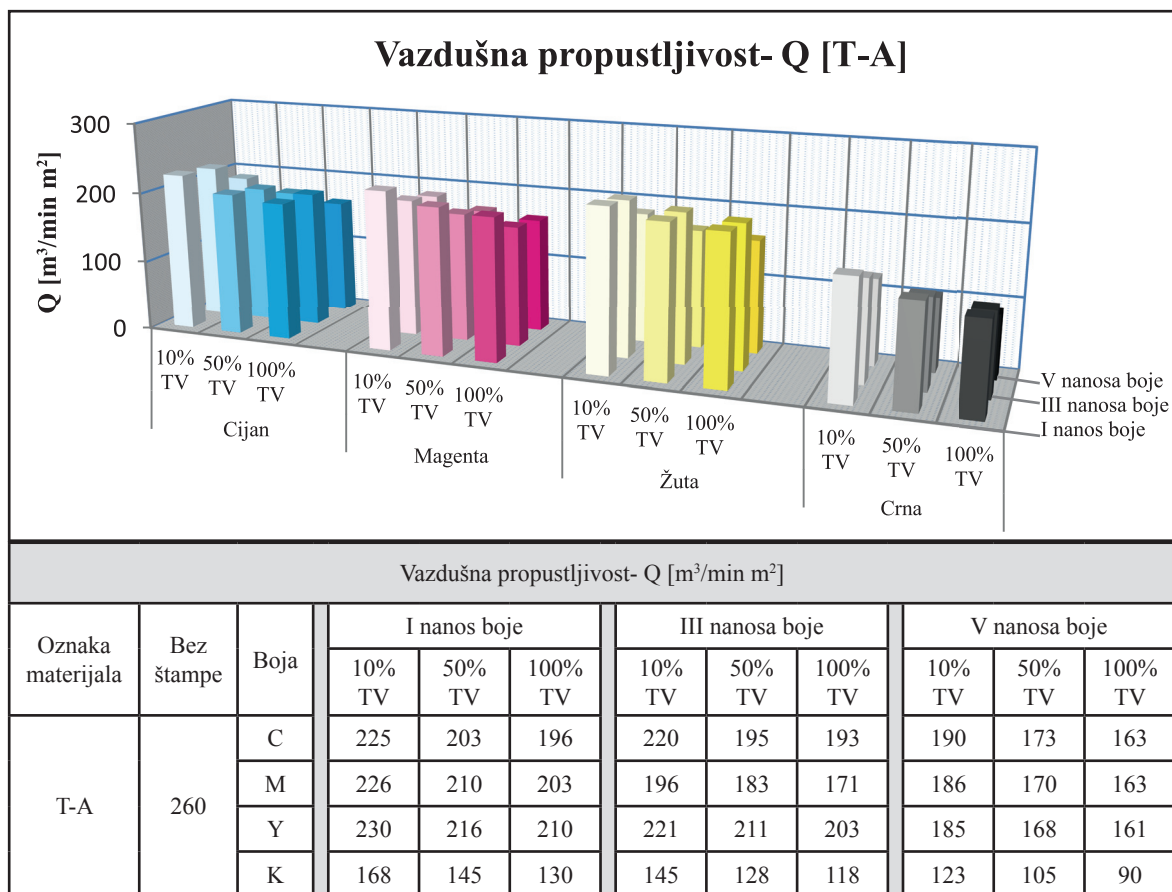
Slika P1.1. Vazdušna propustljivost štampanih pamučnih pletenina



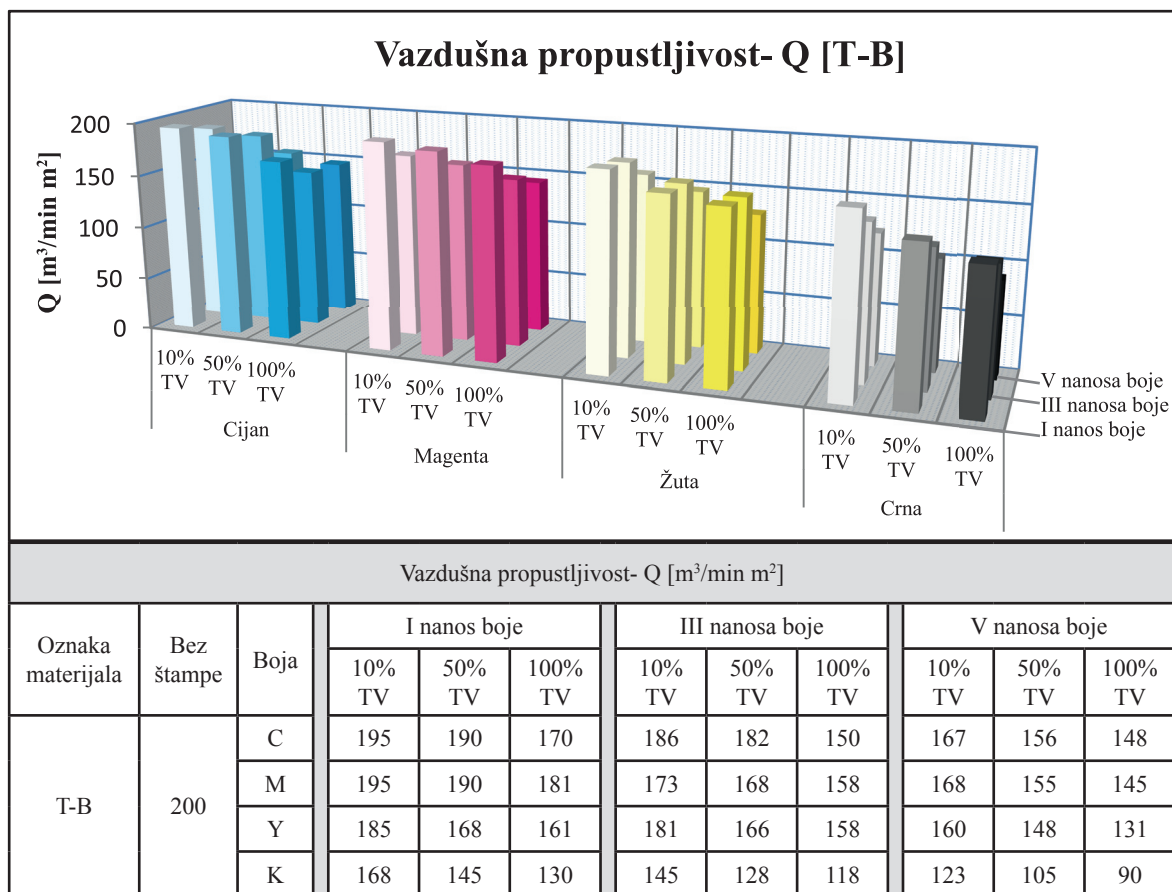
Slika P1.2. Vazдушna propustljivost štampanih poliestarskih pletenina



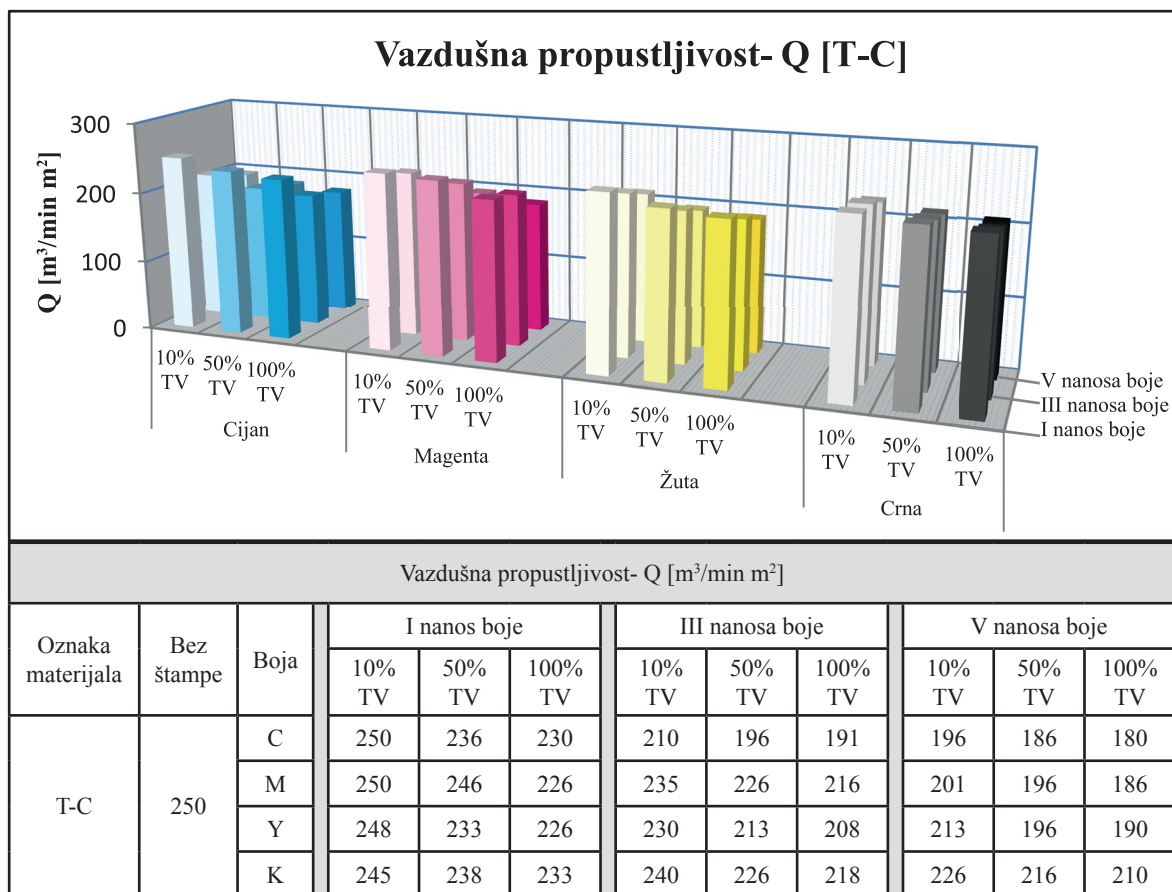
Slika P1.3. Vazдушna propustljivost štampanih Co/PES pletenina



Slika P1.4. Vazдушna propustljivost štampanih pamučnih tkanina



Slika P1.5. Vazдушna propustljivost štampanih poliestarskih tkanina



Slika P1.6. Vazдушna propustljivost štampanih Co/PES tkanina

Prilog II - Statistička obrada rezultata mjerenja vazdušne propustljivosti

Tabela P2.1. Vrijednosti koeficijenata višestruke linearne regresije za dobijene matematičke modele zavisnosti vazdušne propustljivosti od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje za ispitivane materijale štampane različitim bojama

P-A										
$Q(C) = 828,874 - 0,433 \cdot TV - 23,667 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 828,874$			$b_1 = -0,433$			$b_2 = -23,667$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,989	5,399	4,579	181,026	$1,9171 \cdot 10^{-12}$	0,049	-8,860	0,000115	1,102	-21,475	$6,6517 \cdot 10^{-7}$
P-A										
$Q(M) = 804,724 - 0,490 \cdot TV - 19,500 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 804,724$			$b_1 = -0,490$			$b_2 = -19,500$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,946	10,710	9,083	88,595	$1,3931 \cdot 10^{-10}$	0,097	-5,049	0,002	2,186	-8,920	0,000111
P-A										
$Q(Y) = 806,676 - 0,620 \cdot TV - 11,083 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 806,676$			$b_1 = -0,620$			$b_2 = -11,083$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,974	5,841	4,954	162,840	$3,6181 \cdot 10^{-12}$	0,053	-11,733	0,000023	1,192	-9,296	0,000088
P-A										
$Q(K) = 834,566 - 0,560 \cdot TV - 20,833 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 834,566$			$b_1 = -0,560$			$b_2 = -20,833$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,978	7,314	6,203	134,549	$1,1367 \cdot 10^{-11}$	0,066	-8,451	0,000150	1,493	-13,955	0,000008

Tabela P2.1.- nastavak

P-B										
Q (C) = 3598,109 - 7,110 · TV - 140,333 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 3598,109$			$b_1 = -7,110$			$b_2 = -140,333$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,886	152,640	129,453	27,795	$1,4345 \cdot 10^{-7}$	1,382	-5,145	0,002	31,158	-4,504	0,004
P-B										
Q (M) = 3580,055 - 9,289 · TV - 115,333 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 3580,055$			$b_1 = -9,289$			$b_2 = -115,333$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,932	128,980	109,387	32,728	$5,4126 \cdot 10^{-8}$	1,168	-7,954	0,000210	26,328	-4,381	0,005
P-B										
Q (Y) = 3551,040 - 7,749 · TV - 163,917 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 3551,040$			$b_1 = -7,749$			$b_2 = -163,917$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,827	219,145	185,855	19,106	0,000001	1,984	-3,906	0,008	44,733	-3,664	0,011
P-B										
Q (K) = 3785,007 - 11,419 · TV - 223,583 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 3785,007$			$b_1 = -11,419$			$b_2 = -223,583$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,931	185,261	157,118	24,090	$3,3615 \cdot 10^{-7}$	1,677	-6,808	0,000492	37,583	-5,912	0,001

Tabela P2.1.- nastavak

P-C										
$Q(C) = 1168,551 - 1,454 \cdot TV - 18,083 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 1168,551$			$b_1 = -1,454$			$b_2 = -18,083$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,924	21,529	18,259	63,999	$9,7857 \cdot 10^{-10}$	0,195	-7,457	0,000300	4,395	-4,115	0,006
P-C										
$Q(M) = 1213,973 - 1,489 \cdot TV - 32,000 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 1213,973$			$b_1 = -1,489$			$b_2 = -32,000$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,928	25,913	21,976	55,240	$2,3634 \cdot 10^{-9}$	0,235	-6,347	0,001	5,289	-6,050	0,001
P-C										
$Q(Y) = 1166,116 - 1,830 \cdot TV - 23,583 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 1166,116$			$b_1 = -1,830$			$b_2 = -23,583$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,959	19,607	16,628	70,128	$5,6568 \cdot 10^{-10}$	0,178	-10,308	0,000049	4,002	-5,893	0,001
P-C										
$Q(K) = 1195,266 - 2,107 \cdot TV - 44,417 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 1195,266$			$b_1 = -2,107$			$b_2 = -44,417$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,895	44,436	37,686	31,717	$6,5283 \cdot 10^{-8}$	0,402	-5,236	0,002	9,070	-4,897	0,003

Tabela P2.1.- nastavak

T-A										
$Q(C) = 235,833 - 0,3 \cdot TV - 8,167 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 235,833$			$b_1 = -0,3$			$b_2 = -8,167$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,863	8,49	7,157	32,950	$5,1987 \cdot 10^{-8}$	0,076	-3,926	0,008	1,723	-4,741	0,003
T-A										
$Q(M) = 233,607 - 0,259 \cdot TV - 10,000 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 233,607$			$b_1 = -0,259$			$b_2 = -10,000$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,932	6,263	5,311	43,982	$9,2499 \cdot 10^{-9}$	0,057	-4,573	0,004	1,278	-7,822	0,000230
T-A										
$Q(Y) = 248,107 - 0,226 \cdot TV - 11,833 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 248,107$			$b_1 = -0,226$			$b_2 = -11,833$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,867	10,089	8,556	28,998	$1,1143 \cdot 10^{-7}$	0,091	-2,474	0,048	2,059	-5,746	0,001
T-A										
$Q(K) = 178,398 - 0,359 \cdot TV - 10,417 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 178,398$			$b_1 = -0,359$			$b_2 = -10,417$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,976	4,150	3,520	50,685	$3,9568 \cdot 10^{-9}$	0,038	-9,555	0,000075	0,847	-12,296	0,000018

Tabela P2.1.- nastavak

T-B										
$Q(C) = 208,585 - 0,301 \cdot TV - 7,0 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 208,585$			$b_1 = -0,301$			$b_2 = -7,0$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,914	5,975	5,068	41,161	$1,3752 \cdot 10^{-8}$	0,054	-5,556	0,001	1,220	-5,739	0,001
T-B										
$Q(M) = 205,107 - 0,193 \cdot TV - 8,167 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 205,107$			$b_1 = -0,193$			$b_2 = -8,167$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,952	4,137	3,508	58,464	$1,6825 \cdot 10^{-9}$	0,037	-5,143	0,002	0,844	-9,672	0,000070
T-B										
$Q(Y) = 195,613 - 0,279 \cdot TV - 6,250 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 195,613$			$b_1 = -0,279$			$b_2 = -6,250$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,889	6,258	5,307	36,858	$2,6612 \cdot 10^{-8}$	0,057	-4,919	0,003	1,277	-4,893	0,003
T-B										
$Q(K) = 178,398 - 0,359 \cdot TV - 10,417 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 178,398$			$b_1 = -0,359$			$b_2 = -10,417$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,976	4,150	3,520	50,685	$3,9568 \cdot 10^{-9}$	0,038	-9,555	0,000075	0,847	-12,296	0,000018

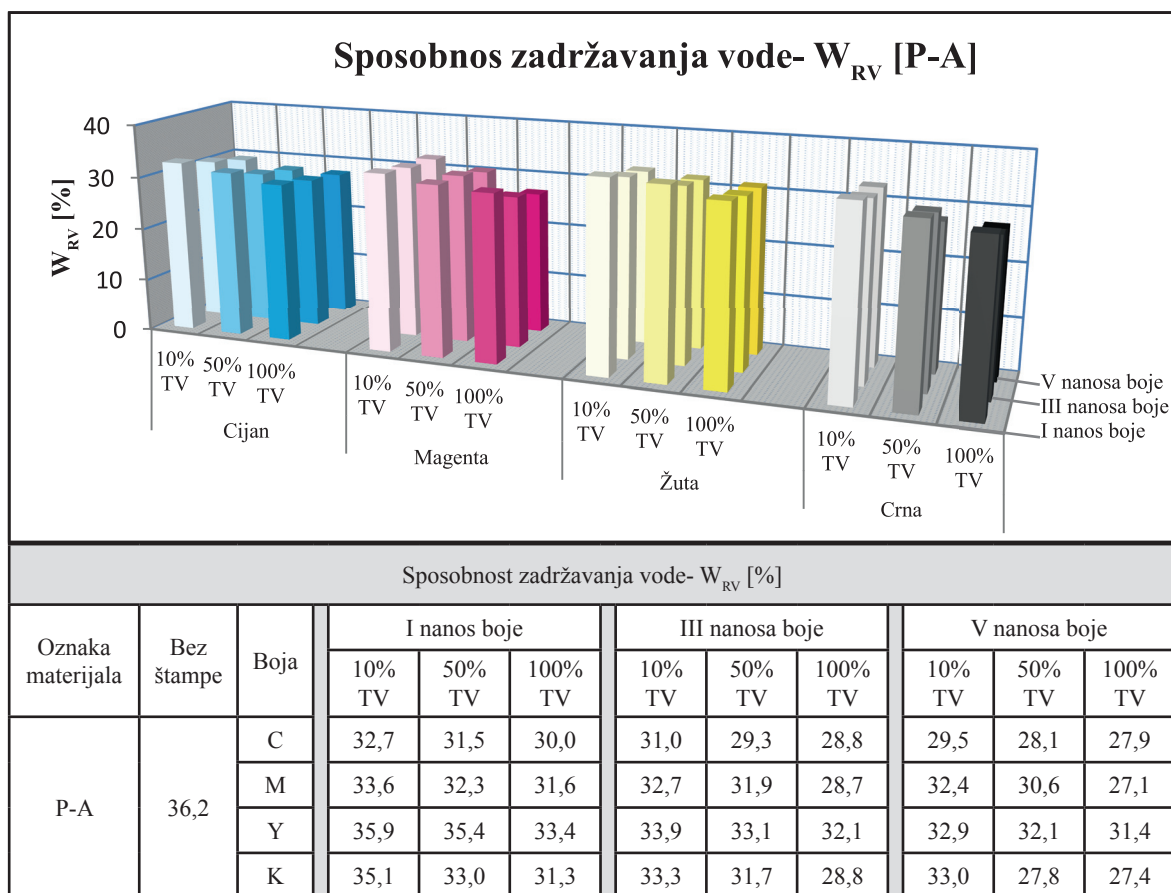
Tabela P2.1.- nastavak

T-C										
$Q(C) = 257,5 - 0,2 \cdot TV - 12,833 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 257,5$			$b_1 = -0,2$			$b_2 = -12,833$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,910	8,557	7,257	35,482	$3,3405 \cdot 10^{-8}$	0,077	-2,582	0,042	1,747	-7,347	0,000325
T-C										
$Q(M) = 266,542 - 0,217 \cdot TV - 11,583 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 266,542$			$b_1 = -0,217$			$b_2 = -11,583$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,953	5,586	4,737	56,263	$2,1175 \cdot 10^{-9}$	0,051	-4,290	0,005	1,140	-10,159	0,000053
T-C										
$Q(Y) = 257,399 - 0,243 \cdot TV - 9,0 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 257,399$			$b_1 = -0,243$			$b_2 = -9,0$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,969	3,751	3,182	80,903	$2,4014 \cdot 10^{-10}$	0,034	-7,152	0,000377	0,766	-11,753	0,000023
T-C										
$Q(K) = 253,749 - 0,183 \cdot TV - 5,333 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 253,749$			$b_1 = -0,183$			$b_2 = -5,333$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,961	2,699	2,289	110,842	$3,6352 \cdot 10^{-11}$	0,024	-7,479	0,000295	0,551	-9,679	0,000070

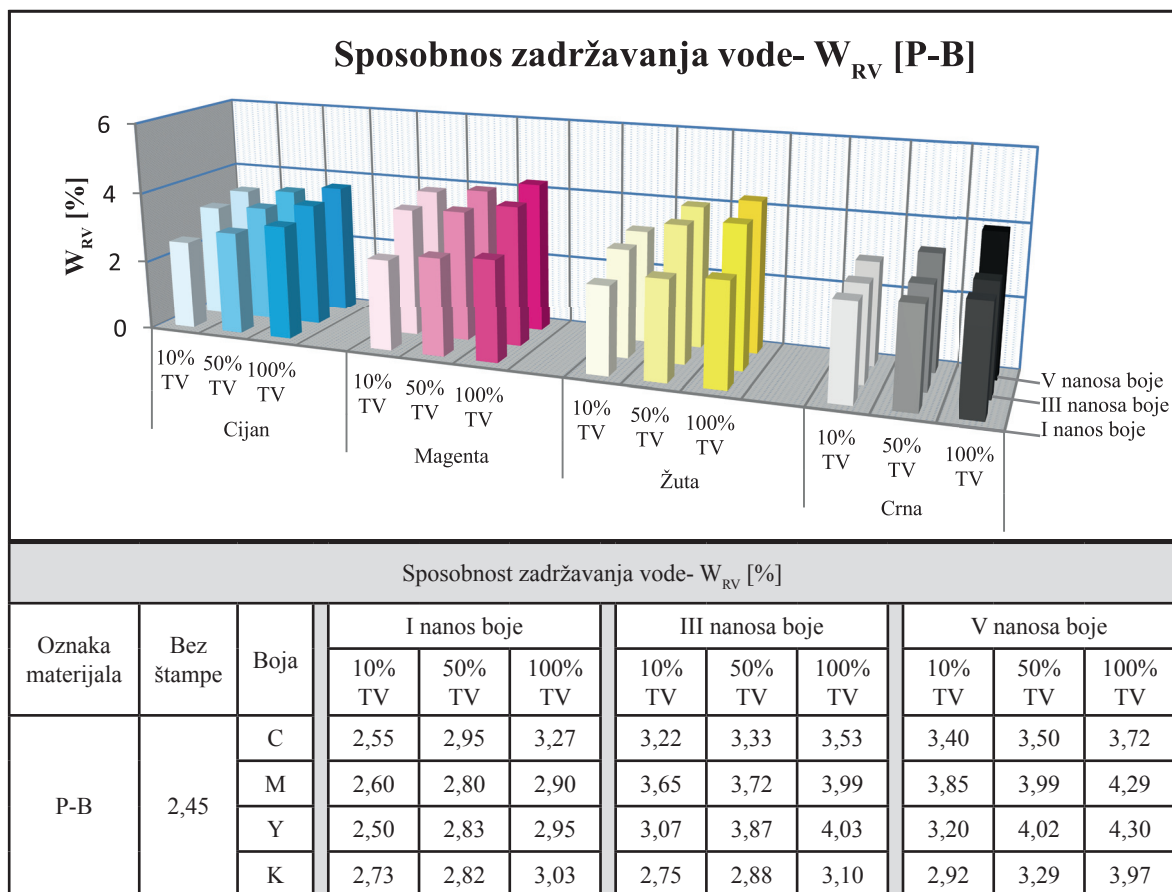
Tabela P2.2. Vrijednosti koeficijenata višestruke linearne regresije za dobijene matematičke modele zavisnosti vazdušne propustljivosti od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje za štampane ispitivane materijale

P-A										
$Q = 818,710 - 0,526 \cdot TV - 18,771 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 818,710$			$b_1 = -0,526$			$b_2 = -18,771$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,880	13,978	5,927	138,124	$3,5805 \cdot 10^{-47}$	0,063	-8,308	$1,3511 \cdot 10^{-9}$	1,427	-13,157	$1,1155 \cdot 10^{-14}$
P-B										
$Q = 3621,240 - 8,892 \cdot TV - 158,354 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 3621,240$			$b_1 = -8,892$			$b_2 = -158,354$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,803	215,774	91,498	39,577	$2,1580 \cdot 10^{-29}$	0,977	-9,103	$1,6113 \cdot 10^{-10}$	22,022	-7,191	$3,0475 \cdot 10^{-8}$
T-C										
$Q = 258,797 - 0,211 \cdot TV - 9,688 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 258,797$			$b_1 = -0,211$			$b_2 = -9,688$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,769	10,073	4,271	60,591	$2,0569 \cdot 10^{-35}$	0,046	-4,620	0,000056	1,028	-9,423	$7,0116 \cdot 10^{-11}$

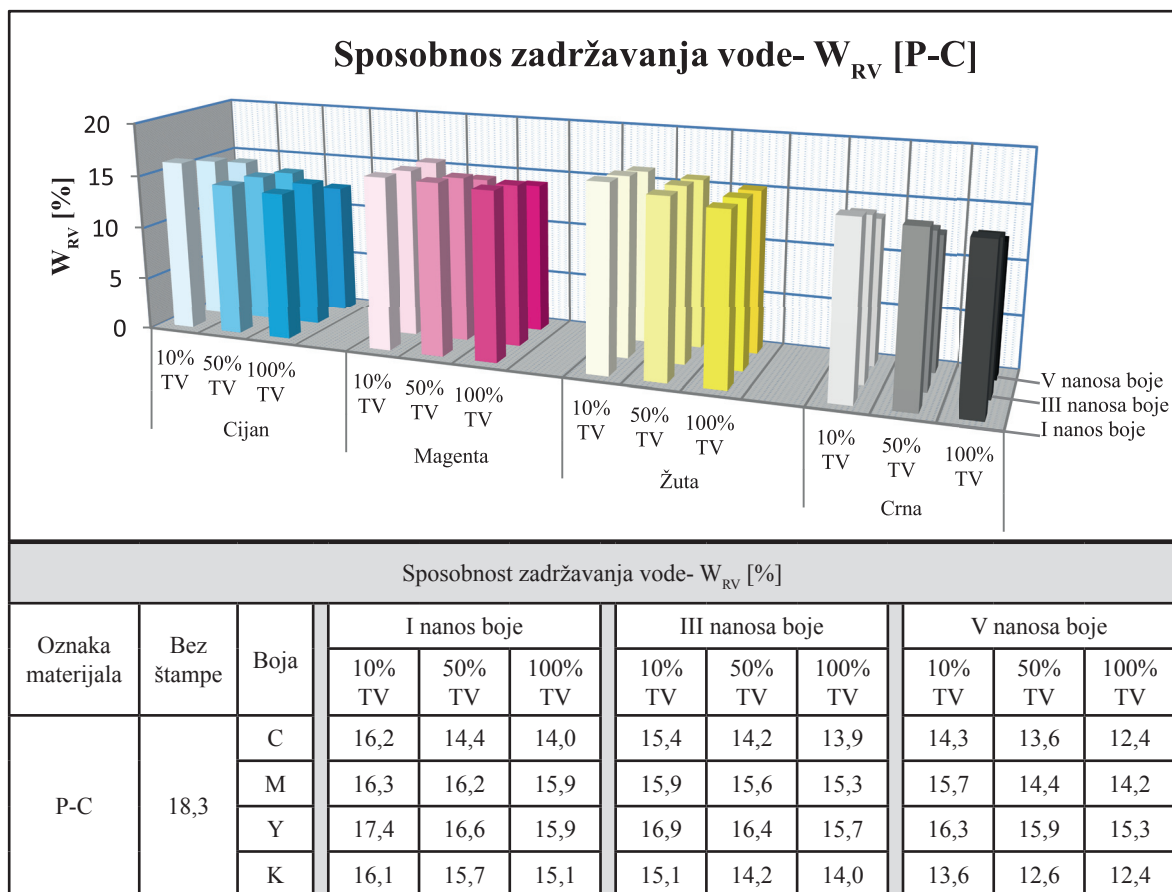
Prilog III - Rezultati mjerenja sposobnosti zadržavanja vode



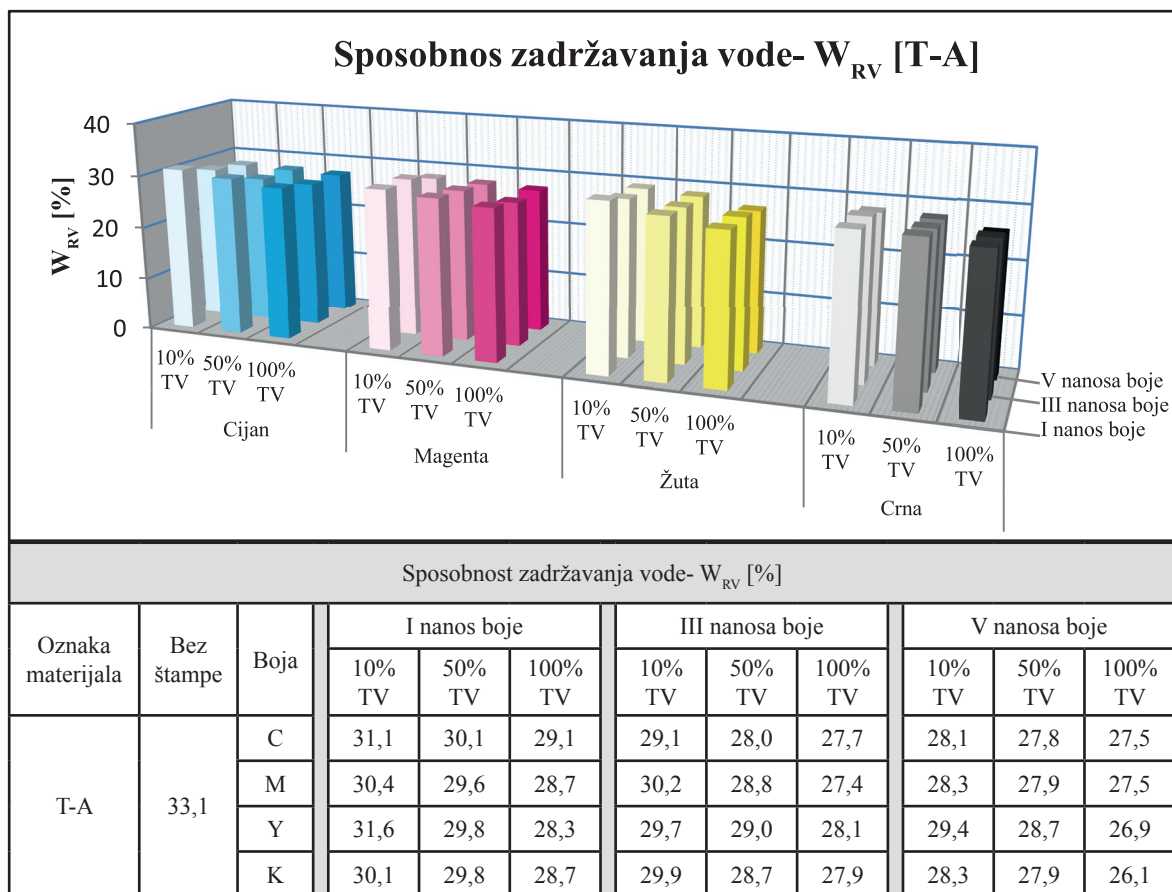
Slika P3.1. Sposobnost zadržavanja vode štampanih pamučnih pletenina



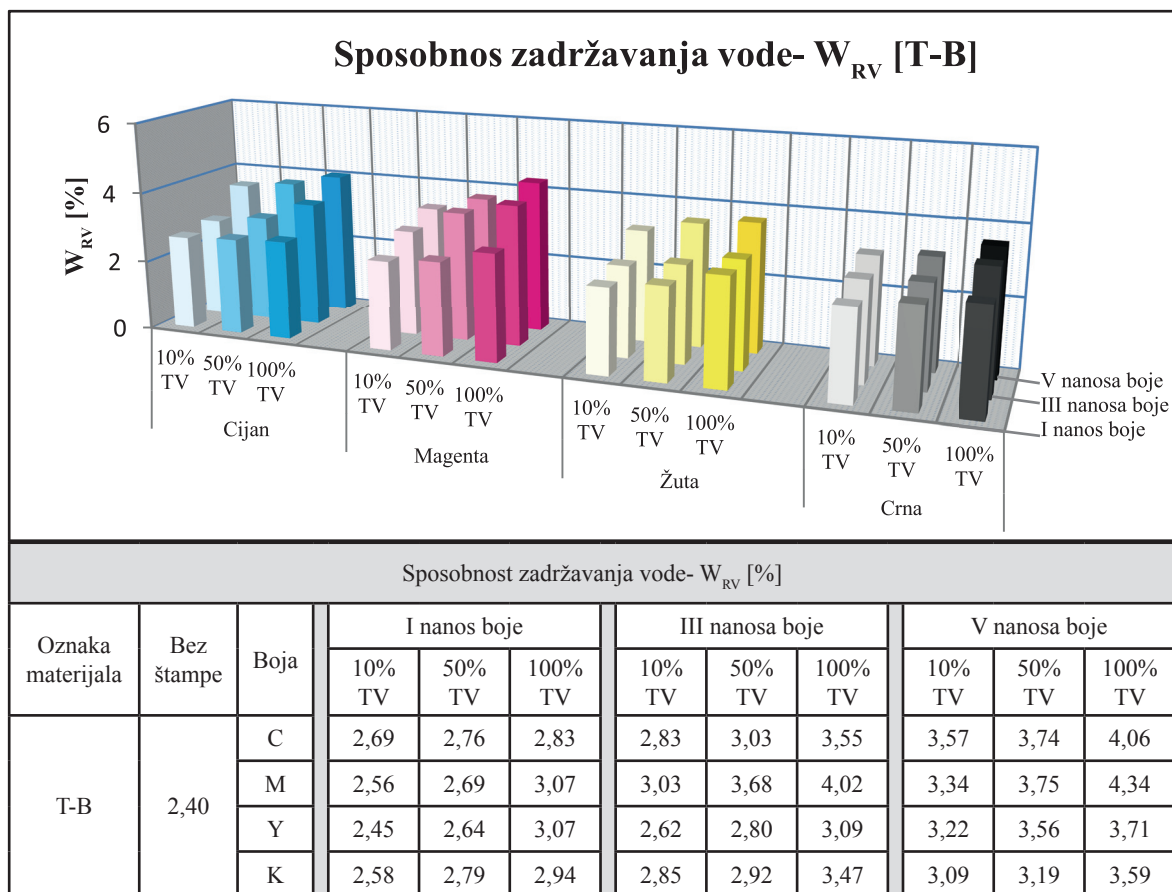
Slika P3.2. Sposobnost zadržavanja vode štampanih poliestarskih pletenina



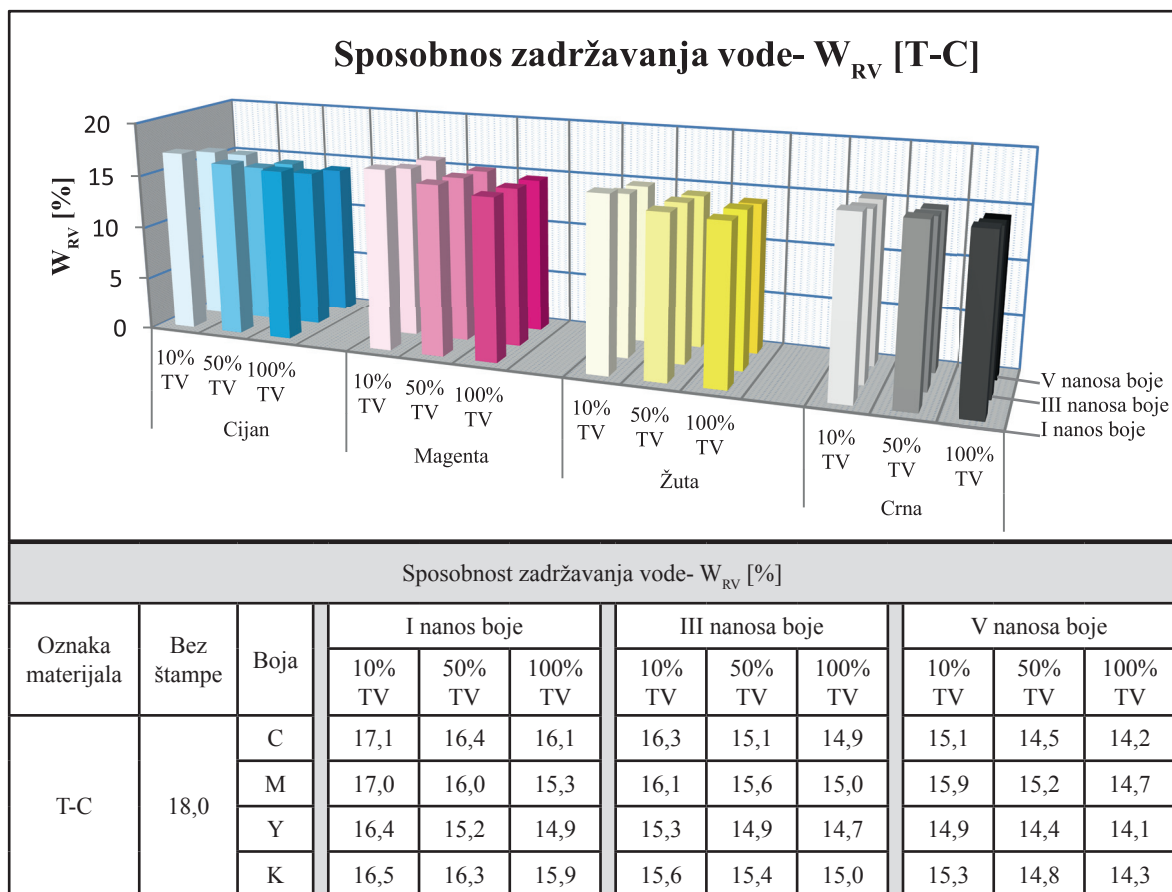
Slika P3.3. Sposobnost zadržavanja vode štampanih Co/PES pletenina



Slika P3.4. Sposobnost zadržavanja vode štampanih pamučnih tkanina



Slika P3.5. Sposobnost zadržavanja vode štampanih poliestarskih tkanina



Slika P3.6. Sposobnost zadržavanja vode štampanih Co/PES tkanina

Prilog IV - Statistička obrada rezultata mjerenja sposobnosti zadržavanja vode

Tabela P4.1. Vrijednosti koeficijenata višestruke linearne regresije za dobijene matematičke modele zavisnosti sposobnosti zadržavanja vode od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje za ispitivane materijale štampane različitim bojama

P-A										
$W_{RV}(C) = 33,305 - 0,024 \cdot TV - 0,725 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 33,305$			$b_1 = -0,024$			$b_2 = -0,725$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,946	0,43186	0,366	90,933	$1,1916 \cdot 10^{-10}$	0,004	-6,059	0,001	0,088	-8,224	0,000174
P-A										
$W_{RV}(M) = 35,310 - 0,042 \cdot TV - 0,617 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 35,310$			$b_1 = -0,042$			$b_2 = -0,617$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,887	0,80816	0,685	51,517	$3,5893 \cdot 10^{-9}$	0,007	-5,762	0,001	0,165	-3,738	0,010
P-A										
$W_{RV}(Y) = 36,583 - 0,022 \cdot TV - 0,692 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 36,583$			$b_1 = -0,022$			$b_2 = -0,692$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,944	0,41275	0,350	104,508	$5,1735 \cdot 10^{-11}$	0,004	-5,783	0,001	0,084	-8,209	0,000176
P-A										
$W_{RV}(K) = 36,781 - 0,051 \cdot TV - 0,934 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 36,781$			$b_1 = -0,051$			$b_2 = -0,934$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,902	0,97710	0,829	44,385	$8,7580 \cdot 10^{-9}$	0,009	-5,745	0,001	0,199	-4,684	0,003

Tabela P4.1.- nastavak

P-B										
$W_{RV}(C) = 2,545 + 0,005 \cdot TV + 0,154 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 2,545$			$b_1 = 0,005$			$b_2 = 0,154$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,905	0,12352	0,105	24,299	$3,1933 \cdot 10^{-7}$	0,001	4,469	0,004	0,025	6,115	0,001
P-B										
$W_{RV}(M) = 2,36 + 0,004 \cdot TV + 0,319 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 2,36$			$b_1 = 0,004$			$b_2 = 0,319$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,896	0,22600	0,192	12,315	0,000017	0,002	1,964	0,097	0,046	6,918	0,000451
P-B										
$W_{RV}(Y) = 2,125 + 0,009 \cdot TV + 0,270 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 2,125$			$b_1 = 0,009$			$b_2 = 0,270$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,835	0,30067	0,255	8,334	0,000162	0,003	3,331	0,016	0,061	4,399	0,005
P-B										
$W_{RV}(K) = 2,316 + 0,006 \cdot TV + 0,133 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 2,316$			$b_1 = 0,006$			$b_2 = 0,133$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,766	0,21623	0,183	12,631	0,000015	0,002	3,239	0,018	0,044	3,021	0,023

Tabela P4.1.- nastavak

P-C										
$W_{RV}(C) = 16,434 - 0,020 \cdot TV - 0,366 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 16,434$			$b_1 = -0,020$			$b_2 = -0,366$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,888	0,41406	0,351	46,799	$6,3791 \cdot 10^{-9}$	0,004	-5,356	0,002	0,085	-4,328	0,005
P-C										
$W_{RV}(M) = 17,010 - 0,009 \cdot TV - 0,342 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 17,010$			$b_1 = -0,009$			$b_2 = -0,342$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,858	0,32363	0,274	61,975	$1,1863 \cdot 10^{-9}$	0,003	-3,105	0,021	0,066	-5,172	0,002
P-C										
$W_{RV}(Y) = 17,597 - 0,014 \cdot TV - 0,2 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 17,597$			$b_1 = -0,014$			$b_2 = -0,2$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,972	0,12518	0,106	165,753	$3,2530 \cdot 10^{-12}$	0,001	-12,078	0,00002	0,026	-7,827	0,000230
P-C										
$W_{RV}(K) = 17,026 - 0,012 \cdot TV - 0,692 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 17,026$			$b_1 = -0,012$			$b_2 = -0,692$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,976	0,23524	0,200	85,341	$1,7435 \cdot 10^{-10}$	0,002	-5,632	0,001	0,048	-14,404	0,000007

Tabela P4.1.- nastavak

T-A										
$W_{RV}(C) = 31,228 - 0,015 \cdot TV - 0,575 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 31,228$			$b_1 = -0,015$			$b_2 = -0,575$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,869	0,51381	0,436	71,664	$4,9679 \cdot 10^{-10}$	0,005	-3,148	0,020	0,105	-5,482	0,002
T-A										
$W_{RV}(M) = 31,049 - 0,020 \cdot TV - 0,417 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 31,049$			$b_1 = -0,020$			$b_2 = -0,417$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,896	0,41363	0,351	88,509	$1,4012 \cdot 10^{-10}$	0,004	-5,224	0,002	0,084	-4,935	0,003
T-A										
$W_{RV}(Y) = 31,694 - 0,027 \cdot TV - 0,392 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 31,694$			$b_1 = -0,027$			$b_2 = -0,392$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,931	0,40002	0,339	93,422	$1,0135 \cdot 10^{-10}$	0,004	-7,575	0,000275	0,082	-4,797	0,003
T-A										
$W_{RV}(K) = 31,290 - 0,021 \cdot TV - 0,525 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 31,290$			$b_1 = -0,021$			$b_2 = -0,525$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,939	0,35942	0,305	102,650	$5,7609 \cdot 10^{-11}$	0,003	-6,423	0,001	0,073	-7,156	0,000376

Tabela P4.1.- nastavak

T-B										
$W_{RV}(C) = 2,187 + 0,005 \cdot TV + 0,258 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 2,187$			$b_1 = 0,005$			$b_2 = 0,258$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,932	0,15154	0,129	17,020	0,000003	0,001	3,676	0,010	0,031	8,325	0,000163
T-B										
$W_{RV}(M) = 2,116 + 0,009 \cdot TV + 0,259 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 2,116$			$b_1 = 0,009$			$b_2 = 0,259$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,907	0,21342	0,181	11,693	0,000024	0,002	4,781	0,003	0,044	5,949	0,001
T-B										
$W_{RV}(Y) = 2,123 + 0,006 \cdot TV + 0,194 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 2,123$			$b_1 = 0,006$			$b_2 = 0,194$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,886	0,16855	0,143	14,853	0,000006	0,002	3,833	0,009	0,034	5,643	0,001
T-B										
$W_{RV}(K) = 2,360 + 0,006 \cdot TV + 0,130 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 2,360$			$b_1 = 0,006$			$b_2 = 0,130$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,924	0,10345	0,088	26,903	$1,7423 \cdot 10^{-7}$	0,001	5,934	0,001	0,021	6,156	0,001

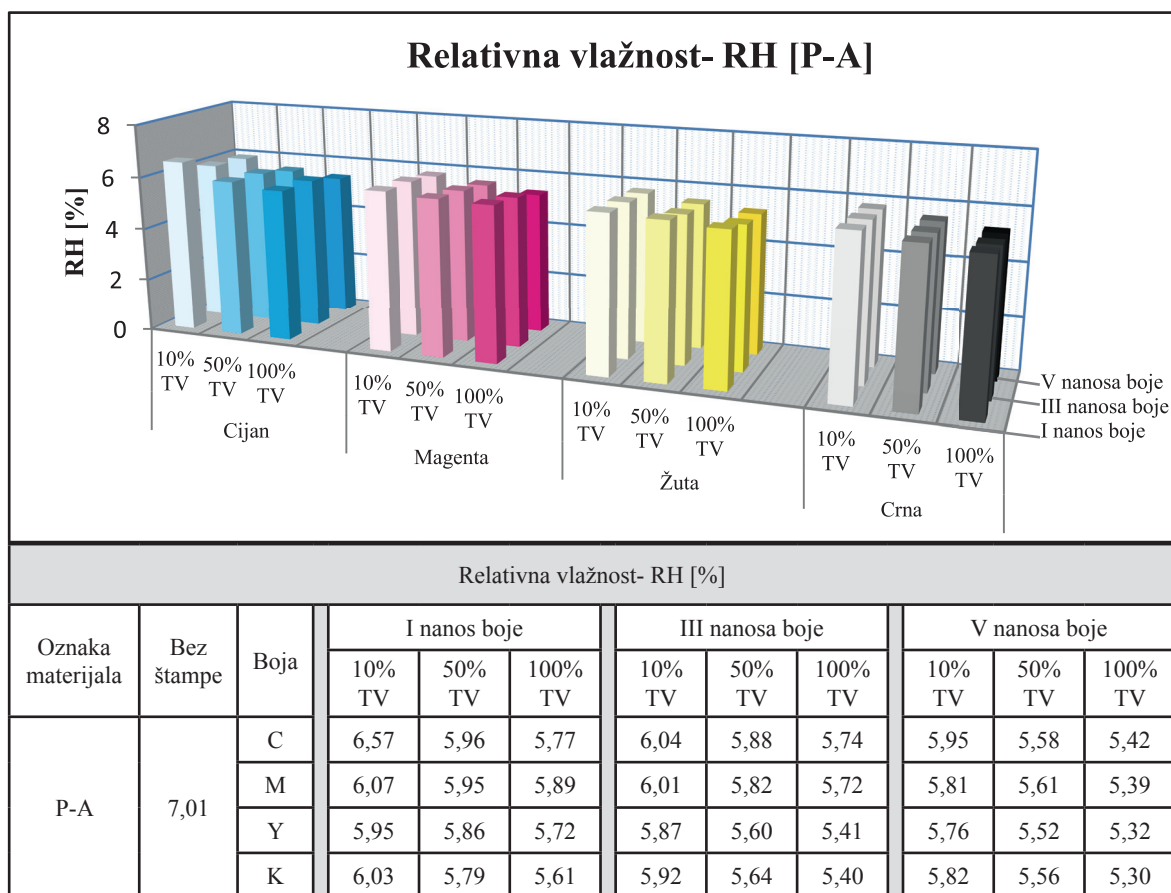
Tabela P4.1.- nastavak

T-C										
$W_{RV}(C) = 17,609 - 0,012 \cdot TV - 0,483 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 17,609$			$b_1 = -0,012$			$b_2 = -0,483$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,950	0,25483	0,216	81,477	$2,3019 \cdot 10^{-10}$	0,002	-5,175	0,002	0,052	-9,292	0,000088
T-C										
$W_{RV}(M) = 17,053 - 0,015 \cdot TV - 0,208 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 17,609$			$b_1 = -0,012$			$b_2 = -0,483$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,952	0,17533	0,149	114,683	$2,9634 \cdot 10^{-11}$	0,002	-9,260	0,000090	0,036	-5,821	0,001
T-C										
$W_{RV}(Y) = 16,314 - 0,011 \cdot TV - 0,258 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 16,314$			$b_1 = -0,011$			$b_2 = -0,258$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,874	0,26581	0,225	72,367	$4,6857 \cdot 10^{-10}$	0,002	-4,371	0,005	0,054	-4,761	0,003
T-C										
$W_{RV}(K) = 16,966 - 0,008 \cdot TV - 0,358 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 16,966$			$b_1 = -0,008$			$b_2 = -0,358$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,969	0,14511	0,123	137,864	$9,8230 \cdot 10^{-12}$	0,001	-6,218	0,001	0,030	-12,098	0,000019

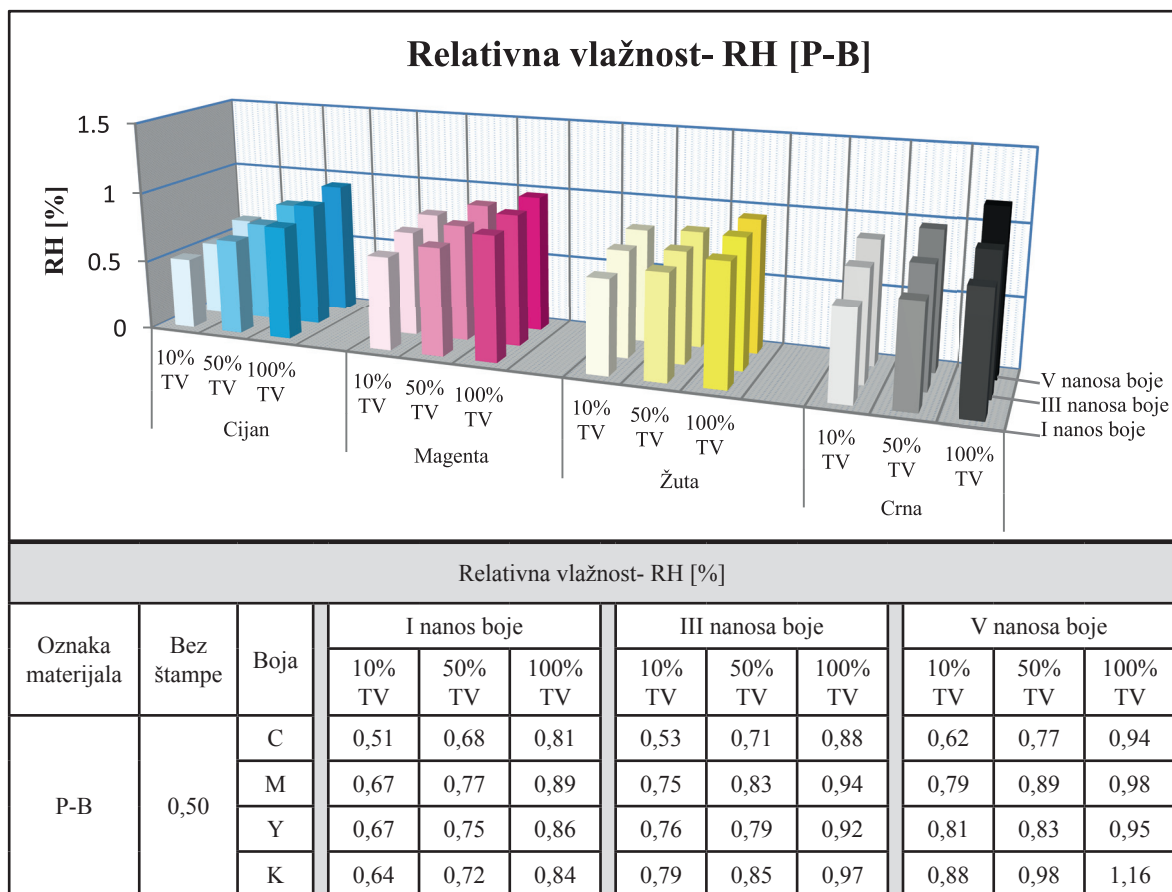
Tabela P4.2. Vrijednosti koeficijenata višestruke linearne regresije za dobijene matematičke modele zavisnosti sposobnosti zadržavanja vode od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje za štampane ispitivane materijale

T-A										
$W_{RV} = 31,315 - 0,021 \cdot TV - 0,477 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 31,315$			$b_1 = -0,021$			$b_2 = -0,477$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,860	0,45792	0,194	161,268	$2,1725 \cdot 10^{-49}$	0,002	-9,955	$1,8138 \cdot 10^{-11}$	0,047	-10,208	$9,6458 \cdot 10^{-12}$
T-B										
$W_{RV} = 2,197 + 0,006 \cdot TV + 0,210 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 2,197$			$b_1 = 0,006$			$b_2 = 0,210$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,772	0,23675	0,100	21,882	$3,2194 \cdot 10^{-21}$	0,001	5,992	$9,8672 \cdot 10^{-7}$	0,024	8,699	$4,6957 \cdot 10^{-10}$
T-C										
$W_{RV} = 16,986 - 0,011 \cdot TV - 0,327 \cdot BN$										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 16,986$			$b_1 = -0,011$			$b_2 = -0,327$		
R^2	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,776	0,37991	0,161	105,435	$2,6047 \cdot 10^{-43}$	0,002	-6,589	$1,7218 \cdot 10^{-7}$	0,039	-8,435	$9,5527 \cdot 10^{-10}$

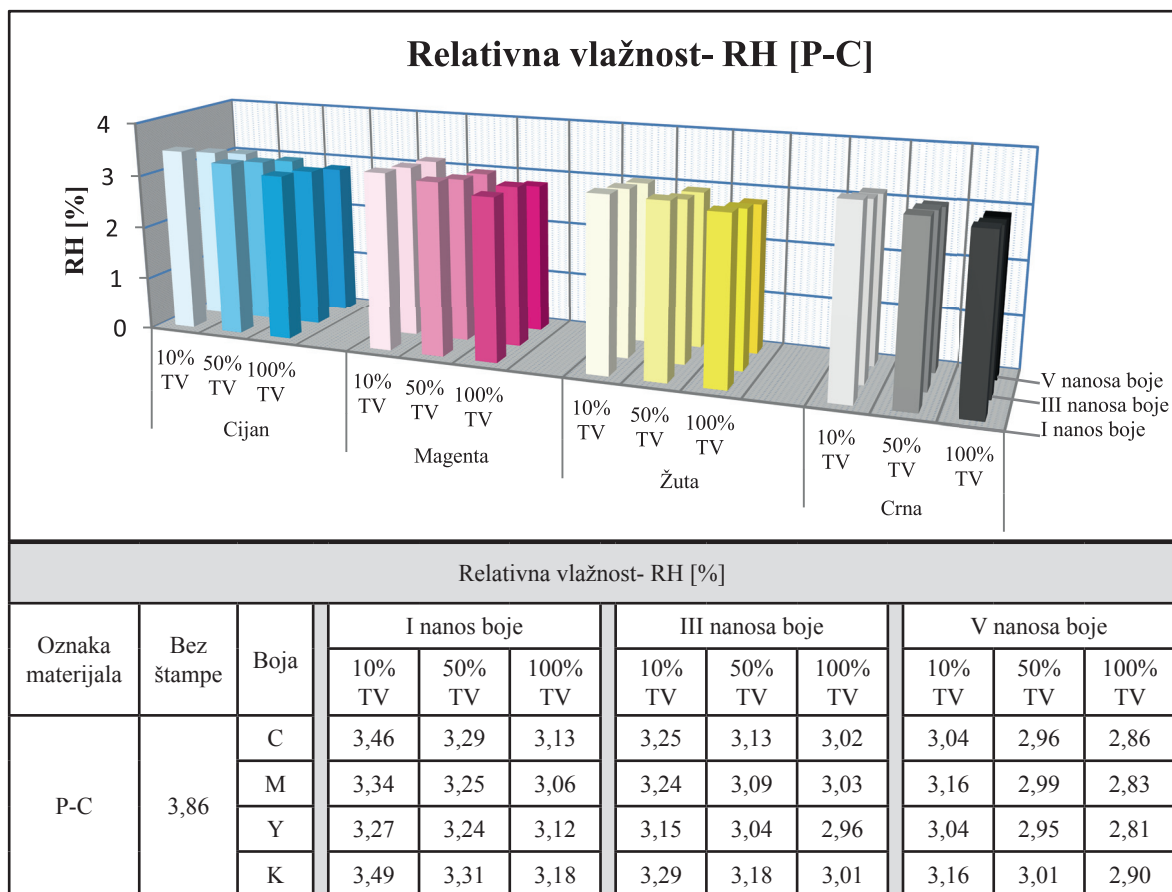
Prilog V - Rezultati mjerenja relativne vlažnosti



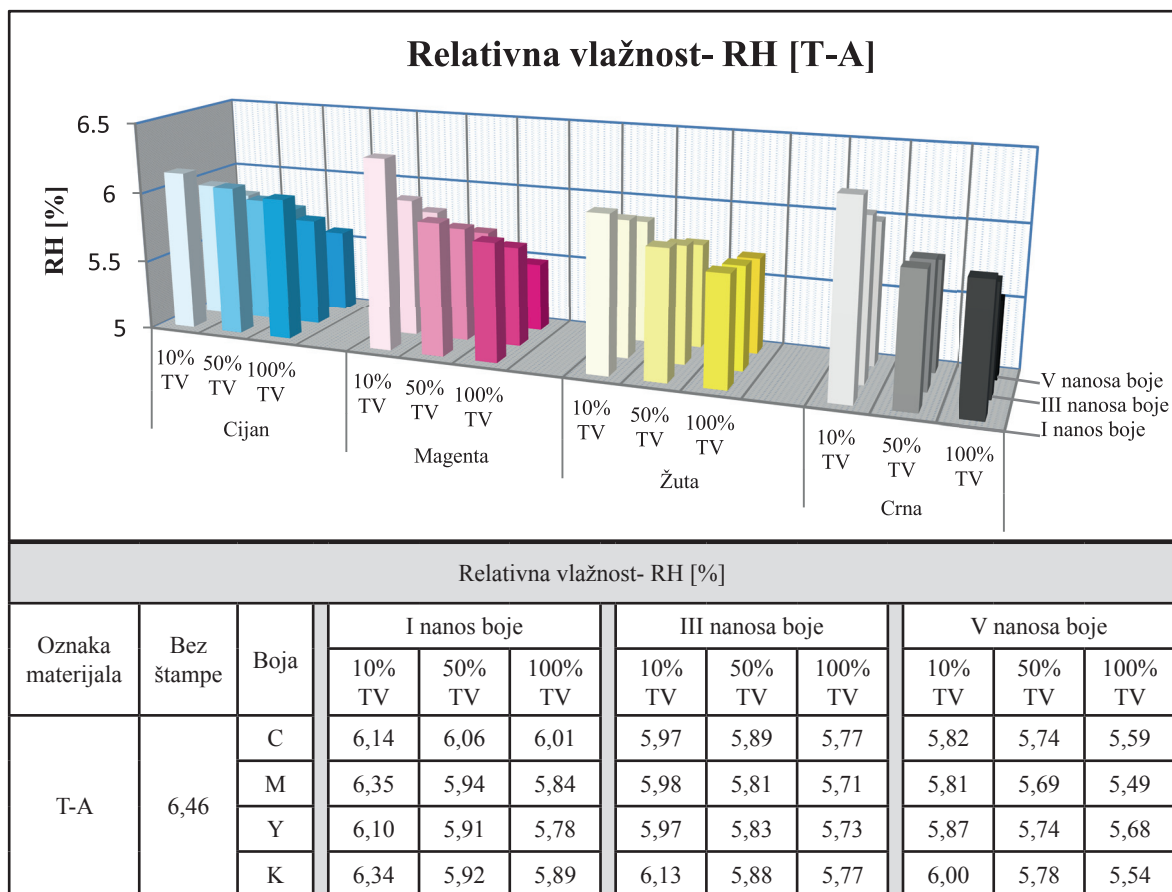
Slika P5.1. Relativna vlažnost štampanih pamučnih pletenina



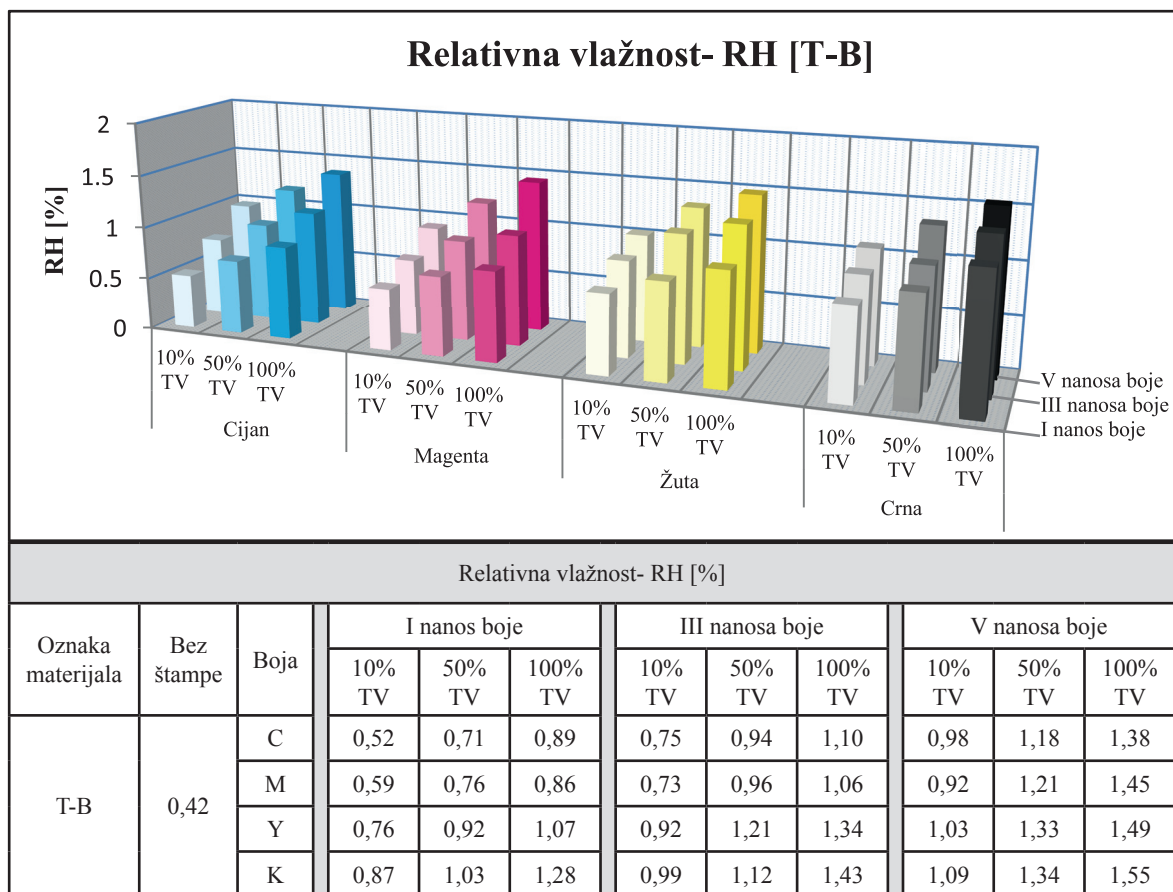
Slika P5.2. Relativna vlažnost štampanih poliestarskih pletenina



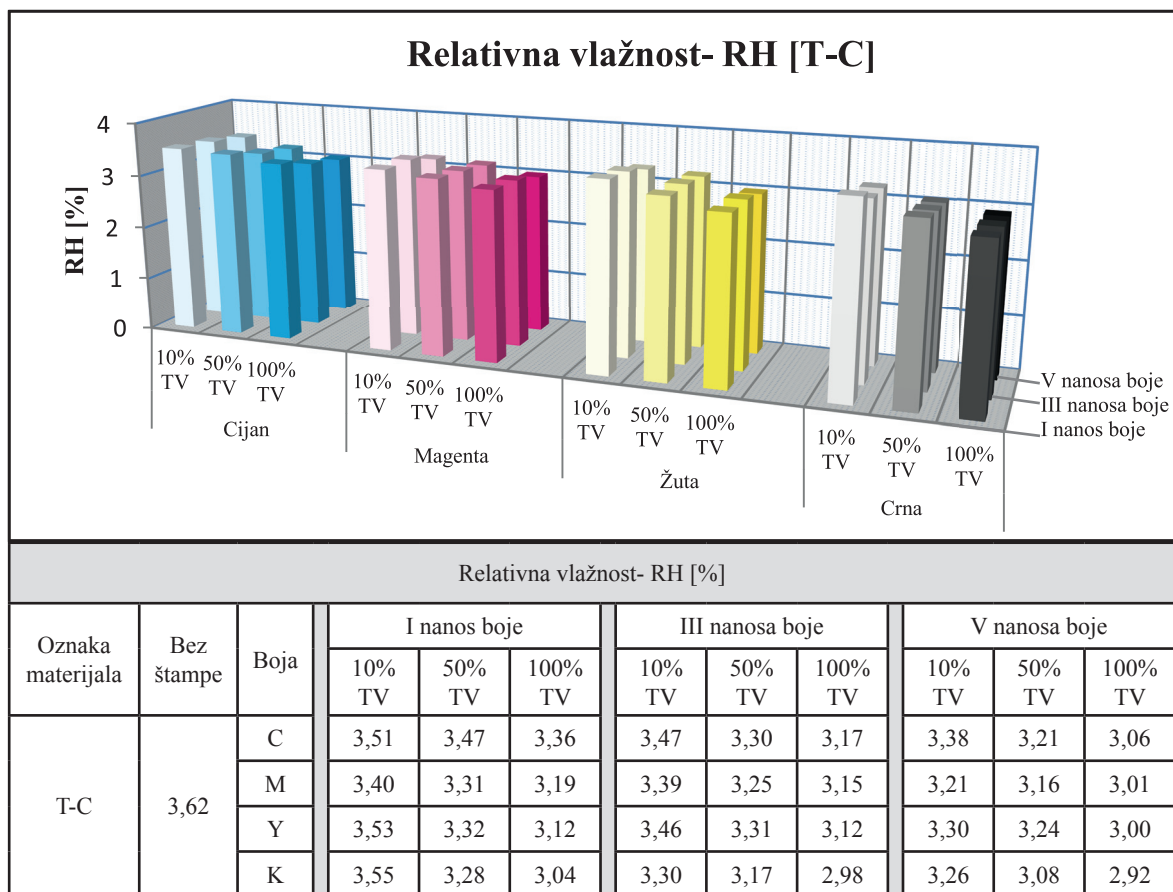
Slika P5.3. Relativna vlažnost štampanih Co/PES pletenina



Slika P5.4. Relativna vlažnost štampanih pamučnih tkanina



Slika P5.5. Relativna vlažnost štampanih poliestarskih tkanina



Slika P5.6. Relativna vlažnost štampanih Co/PES tkanina

Prilog VI - Statistička obrada rezultata mjerenja relativne vlažnosti

Tabela P6.1. Vrijednosti koeficijenata višestruke linearne regresije za dobijene matematičke modele zavisnosti relativne vlažnosti od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje za ispitivane materijale štampane različitim bojama

P-A										
RH (C) = 6,532 - 0,006 · TV - 0,112 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,532$			$b_1 = -0,006$			$b_2 = -0,112$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,865	0,13812	0,117	55,764	$2,2334 \cdot 10^{-9}$	0,001	-4,737	0,003	0,028	-3,990	0,007
P-A										
RH (M) = 6,257 - 0,003 · TV - 0,092 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,257$			$b_1 = -0,003$			$b_2 = -0,092$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,926	0,06637	0,056	111,155	$3,5743 \cdot 10^{-11}$	0,001	-5,433	0,002	0,014	-6,766	0,001
P-A										
RH (Y) = 6,122 - 0,004 · TV - 0,078 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,122$			$b_1 = -0,004$			$b_2 = -0,078$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,928	0,06762	0,057	106,757	$4,5533 \cdot 10^{-11}$	0,001	-6,793	0,000498	0,014	-5,615	0,001
P-A										
RH (K) = 6,148 - 0,005 · TV - 0,063 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,148$			$b_1 = -0,005$			$b_2 = -0,063$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,979	0,03970	0,034	182,633	$1,8181 \cdot 10^{-12}$	0,000359	-14,947	0,000006	0,008	-7,713	0,000249

Tabela P6.1.- nastavak

P-B										
RH (C) = 0,444 + 0,004 · TV + 0,027 · BN										
Koef. višest. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,444$			$b_1 = 0,004$			$b_2 = 0,027$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,986	0,02014	0,017	25,970	$2,1499 \cdot 10^{-7}$	0,000182	19,600	0,000001	0,004	6,689	0,001
P-B										
RH (M) = 0,634 + 0,002 · TV + 0,027 · BN										
Koef. višest. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,634$			$b_1 = 0,002$			$b_2 = 0,027$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,992	0,01019	0,009	73,338	$4,3257 \cdot 10^{-10}$	0,000092	24,055	$3,3912 \cdot 10^{-7}$	0,002	13,225	0,000012
P-B										
RH (Y) = 0,640 + 0,002 · TV + 0,026 · BN										
Koef. višest. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,640$			$b_1 = 0,002$			$b_2 = 0,026$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,948	0,02293	0,019	32,907	$5,2392 \cdot 10^{-8}$	0,000208	8,857	0,000115	0,005	5,519	0,001
P-B										
RH (K) = 0,534 + 0,002 · TV + 0,068 · BN										
Koef. višest. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,534$			$b_1 = 0,002$			$b_2 = 0,068$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,981	0,02437	0,021	25,832	$2,2191 \cdot 10^{-7}$	0,000221	11,146	0,000031	0,005	13,738	0,000009

Tabela P6.1.- nastavak

P-C										
RH (C) = 3,527 - 0,003 · TV - 0,085 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 3,527$			$b_1 = -0,003$			$b_2 = -0,085$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,976	0,03293	0,028	126,289	$1,6622 \cdot 10^{-11}$	0,000298	-9,155	0,000096	0,007	-12,644	0,000015
P-C										
RH (M) = 3,439 - 0,003 · TV - 0,056 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 3,439$			$b_1 = -0,003$			$b_2 = -0,056$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,961	0,03553	0,030	114,109	$3,0539 \cdot 10^{-11}$	0,000322	-9,402	0,000080	0,007	-7,698	0,000252
P-C										
RH (Y) = 3,385 - 0,002 · TV - 0,069 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 3,385$			$b_1 = -0,002$			$b_2 = -0,069$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,977	0,02551	0,022	156,470	$4,5967 \cdot 10^{-12}$	0,000231	-9,169	0,000095	0,005	-13,284	0,000011
P-C										
RH (K) = 3,564 - 0,003 · TV - 0,076 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 3,564$			$b_1 = -0,003$			$b_2 = -0,076$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,988	0,02300	0,020	182,751	$1,8111 \cdot 10^{-12}$	0,000208	-15,038	0,000005	0,005	-16,154	0,000004

Tabela P6.1.- nastavak

T-A										
RH (C) = 6,264 - 0,002 · TV - 0,088 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,264$			$b_1 = -0,002$			$b_2 = -0,088$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,983	0,02609	0,022	283,074	$1,3117 \cdot 10^{-13}$	0,000236	-8,791	0,000120	0,005	-16,587	0,000003
T-A										
RH (M) = 6,346 - 0,004 · TV - 0,095 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,346$			$b_1 = -0,004$			$b_2 = -0,095$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,913	0,08124	0,069	92,107	$1,1034 \cdot 10^{-10}$	0,001	-5,461	0,002	0,017	-5,729	0,001
T-A										
RH (Y) = 6,117 - 0,003 · TV - 0,042 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,117$			$b_1 = -0,003$			$b_2 = -0,042$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,944	0,0364	0,031	198,132	$1,1153 \cdot 10^{-12}$	0,000330	-8,323	0,000163	0,007	-5,607	0,001
T-A										
RH (K) = 6,370 - 0,005 · TV - 0,069 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,370$			$b_1 = -0,005$			$b_2 = -0,069$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,901	0,08284	0,070	90,675	$1,2121 \cdot 10^{-10}$	0,001	-6,153	0,001	0,017	-4,090	0,006

Tabela P6.1.- nastavak

T-B										
RH (C) = 0,364 + 0,004 · TV + 0,118 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,364$			$b_1 = 0,004$			$b_2 = 0,118$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,995	0,02067	0,018	20,759	$8,1350 \cdot 10^{-7}$	0,000187	22,049	$5,6882 \cdot 10^{-7}$	0,004	28,050	$1,3586 \cdot 10^{-7}$
T-B										
RH (M) = 0,386 + 0,004 · TV + 0,114 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,386$			$b_1 = 0,004$			$b_2 = 0,114$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,943	0,07256	0,062	6,271	0,001	0,001	6,293	0,001	0,015	7,708	0,000250
T-B										
RH (Y) = 0,612 + 0,004 · TV + 0,092 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,612$			$b_1 = 0,004$			$b_2 = 0,092$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,944	0,06517	0,055	11,073	0,000032	0,001	7,367	0,000321	0,013	6,890	0,000461
T-B										
RH (K) = 0,730 + 0,005 · TV + 0,067 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 0,730$			$b_1 = 0,005$			$b_2 = 0,067$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,986	0,03017	0,026	28,511	$1,2326 \cdot 10^{-7}$	0,000273	17,805	0,000002	0,006	10,825	0,000037

Tabela P6.1.- nastavak

T-C										
RH (C) = 3,650 - 0,003 · TV - 0,058 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 3,650$			$b_1 = -0,003$			$b_2 = -0,058$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,943	0,04236	0,036	101,591	$6,1308 \cdot 10^{-11}$	0,000384	-7,409	0,000311	0,009	-6,650	0,001
T-C										
RH (M) = 3,489 - 0,002 · TV - 0,043 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 3,489$			$b_1 = -0,002$			$b_2 = -0,043$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,942	0,03436	0,029	119,710	$2,2911 \cdot 10^{-11}$	0,000311	-7,746	0,000243	0,007	-6,178	0,001
T-C										
RH (Y) = 3,582 - 0,004 · TV - 0,036 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 3,582$			$b_1 = -0,004$			$b_2 = -0,036$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,952	0,04255	0,036	99,258	$7,0470 \cdot 10^{-11}$	0,000385	-10,127	0,000054	0,009	-4,125	0,006
T-C										
RH (K) = 3,558 - 0,004 · TV - 0,051 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 3,558$			$b_1 = -0,004$			$b_2 = -0,051$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,949	0,05074	0,043	82,690	$2,1065 \cdot 10^{-10}$	0,000459	-9,398	0,000082	0,010	-4,908	0,003

Tabela P6.2. Vrijednosti koeficijenata višestruke linearne regresije za dobijene matematičke modele zavisnosti relativne vlažnosti od tonskih vrijednosti i broja nanosa boje za štampane ispitivane materijale

P-A										
RH = 6,265 - 0,005 · TV - 0,086 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,265$			$b_1 = -0,005$			$b_2 = -0,086$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,763	0,12942	0,055	114,156	$1,9048 \cdot 10^{-44}$	0,001	-7,988	$3,2514 \cdot 10^{-9}$	0,013	-6,514	$2,1433 \cdot 10^{-7}$
P-C										
RH = 3,479 - 0,003 · TV - 0,071 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 3,479$			$b_1 = -0,003$			$b_2 = -0,071$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,904	0,05251	0,022	156,241	$6,1690 \cdot 10^{-49}$	0,000238	-11,572	$3,7008 \cdot 10^{-13}$	0,005	-13,334	$7,6883 \cdot 10^{-15}$
T-A										
RH = 6,274 - 0,003 · TV - 0,074 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 6,274$			$b_1 = -0,003$			$b_2 = -0,074$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,833	0,08076	0,034	183,2	$3,2473 \cdot 10^{-51}$	0,000366	-9,198	$1,2589 \cdot 10^{-10}$	0,008	-8,922	$2,5994 \cdot 10^{-10}$
T-C										
RH = 3,570 - 0,003 · TV - 0,047 · BN										
Koef. višestr. regres.	Std. gre. regres.	$b_0 = 3,570$			$b_1 = -0,003$			$b_2 = -0,047$		
R ²	s	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p	std. gr.	t	p
0,804	0,07525	0,032	111,870	$3,7073 \cdot 10^{-44}$	0,000341	-9,886	$2,1566 \cdot 10^{-11}$	0,008	-6,103	$7,1181 \cdot 10^{-7}$

12. BIOGRAFIJA SA BIBLIOGRAFIJOM

Ime i prezime: Mladen Stančić

Datum rođenja: 04.04.1986. godine



Obrazovanje:

2010 - 2015 Doktorske akademske studije,

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka,
Departman za grafičko inženjerstvo i dizajn

2008 - 2010 Diplomске akademske - Master studije,

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka,
Departman za grafičko inženjerstvo i dizajn

2005 - 2008 Osnovne akademske - Bachelor studije,

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka,
Departman za grafičko inženjerstvo i dizajn

Kretanje u poslu:

01.04.2012 -

Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet, viši asistent

1.8.2010 - 31.03.2012

Štamparija "Vinjeta" Derventa, tehnolog proizvodnje

Poznavanje jezika:

srpski i engleski

Učešće na projektima:

Bilateralni projekat između Republike Srpske i Republike Slovenije „Istraživanje dejstva tekstila visokih performansi na udobnost kod nošenja sportske odjeće“, broj ugovora: 19/6-020/961-12/13.

Projekat Ministarstva nauke i tehnologije Republike Srpske „Antimikrobna obrada i ekološki prihvatljivo štampanje tekstilnih materijala za sportsku odjeću uz kontrolu njihovih toplotnih svojstava“, broj ugovora: 19/06-020/961-18/14.

Ostale informacije:

Dobitnik Diplome najboljem studentu promocije grafičkog inženjerstva i dizajna, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, decembar 2010. godine.

Stipendist Fonda "dr Milan Jelić" za studije I, II i III ciklusa studija.

Objavljeni radovi:

Spisak rezultata M21 - Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu

1. Jurič I., Kašiković N., **Stančić M.**, Novaković D., Vladić G., Majnarić I.: The influence of heat treatment on print mottle of screen printed textile knitted fabrics, Applied Thermal Engineering, 2015, Vol. 90, pp. 215-220, ISSN 1359-4311

Spisak rezultata M23 - Rad u međunarodnom časopisu

1. **Stančić M.**, Kašiković N., Novaković D., Dojčinović I., Vladić G., Dragić M.: The influence of washing treatment on screen printed textile substrates, Tekstil ve konfeksiyon, 2014, Vol 24, No. 1, pp. 96-104, ISSN 1300-3356
2. Kašiković N., Novaković D., Milić N., Vladić G., Zeljković Ž., **Stančić M.**: Thermovision and spectrophotometric analysis of ink volume and material characteristics influence on colour changes of heat treated printed substrates, Technical Gazette, 2015, Vol. 22, No. 1, pp. 33-41, ISSN 1330-3651, DOI: 10.17559/TV-20130928115500

Spisak rezultata M24 - Rad u časopisu međunarodnog značaja verifikovanog posebnom odlukom

1. Grujić D., Savić A., Topalić-Trivunović Lj., Janjić S., Čiča M., **Stančić M.**, Gorjanc M.: Uticaj upotrebe močila kod bojenja biljnim ekstraktima na stepen obojenja pletenina, Zaštita Materijala, 2015, Vol. 56, No. 3, pp. 304-314, ISSN 0351-9465, DOI:10.5937/ZasMat1503304G

Spisak rezultata M52 - Rad u časopisu nacionalnog značaja

1. **Stančić M.**, Novaković D., Kašiković N., Vukmirović V., Ružičić B.: Uticaj sirovinskog sastava tekstilne podloge na kvalitet otisaka dobijenih tehnikom digitalne štampe, Tekstilna industrija, 2013, Vol. 60, No 1, pp. 37-43, ISSN 0040-2389, UDK: 677.027.562.8
2. Milošević R., Kašiković N., Novaković D., **Stančić M.**, Adamović (Majkić) S.: Investigation of the printing pressure level application influence on sheet-fed offset print quality, Machine Design, 2013, Vol. 5, No 4, pp. 171-176, ISSN 1821-1259
3. Kašiković N., Vladić G., Novaković D., **Stančić M.**, Milošević R.: Spektrofotometrijska analiza uticaja toplotnih dejstava na kvalitet otisaka, Advanced Technologies, 2014, Vol. 3, No 1, pp. 66-71, ISSN 2217-9720, UDK: 677.561.1:543.48
4. Ružičić B., **Stančić M.**, Kašiković N., Majnarić I., Novaković D., Milošević R.: The influence of thermal load on the print quality of screen printed knitted fabrics, Advanced Technologies, 2015, Vol. 4, No. 1, pp.78-83, ISSN 2217-9720, UDK: 677.027.423.5

5. Kašiković N., **Stančić M.**, Vlačić G., Milošević R., Novaković D., Grujić D.: Spektrofotometrijska analiza uticaja procesa pranja na kvalitet otisaka odstampanih žutom bojom tehnikom sito štampe na tekstil, Tekstilna industrija, 2015, Vol. 62, No. 1, pp. 34-40, ISSN 0040-2389, UDK: 677.027.561 : 620.186

Spisak rezultata M53 - Rad u naučnom časopisu

1. **Stančić M.**, Novaković D., Karlović I.: Reprodukcijska vrijednost u standardizovanoj proizvodnji, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, 2010, Vol. 25, No 7, pp. 1487-1490, ISSN 0350-428X, UDK: 655.254.24
2. **Stančić M.**, Novaković D., Tomić I., Karlović I.: Influence of Substrate and Screen Thread Count on Reproduction of Image Elements in Screen Printing, Acta Graphica, 2012, Vol. 23, No 1-2, pp. 1-12, ISSN 0353-4707, UDK: 655.227:655.332
3. **Stančić M.**, Kašiković N., Novaković D., Milošević R., Grujić D.: Thermal Load Effect on Print Quality of Ink Jet Printed Textile Materials, JGED Journal of Graphic Engineering and Design, 2013, Vol. 4, No 2, pp. 27-33, ISSN 2217-379X, UDK: 655.3.062 677.017
4. **Stančić M.**, Kašiković N., Novaković D.: Uticaj procesnih boja na parametre kvaliteta digitalno štampanih tekstilnih podloga, Glasnik hemičara, tehnologa i ekologa Republike Srpske, 2013, No 9, pp. 59-66, ISSN 1840-054X, UDK: 677.1/.5.027.4/.5.004.9
5. Novaković D., **Stančić M.**, Karlović I., Kašiković N., Vukmirović V., Milošević R.: Influence of surface roughness on print quality on digitally printed self adhesive foils, Journal of Print and Media Technology Research, 2013, Vol. 2, No 2, pp. 67-76, ISSN 2223-8905, UDK: 655:676.2653.4
6. **Stančić M.**, Grujić D., Novaković D., Kašiković N., Ružičić B., Geršak J.: Dependence of warm or cold feeling and heat retention ability of knitwear from digital print parameters, Journal of Graphic Engineering and Design, 2014, Vol 5, No. 1, pp. 25-32, ISSN 2217-379X
7. Milošević R., Kašiković N., Novaković D., Jurić I., **Stančić M.**: GLCM Print Mottle Assessment of Ink Jet Printed Billboard Materials, Journal of Printing Science and Technology, 2014, Vol 51, No. 5, pp. 339-346, ISSN 0914-3319
8. Milošević R., Kašiković N., Novaković D., **Stančić M.**: Influence of different printing pressure levels on sheet-fed offset print quality, Journal of Chemical Technology and Metallurgy (JCTM), 2014, Vol. 49, No 4, pp. 375-382, ISSN 1311-7629
9. **Stančić M.**, Ružičić B., Kašiković N., Novaković D., Milošević R.: Influence of Substrate Thickness on the Quality Attributes of Polymer Materials Reverse Printed by Screen Printing Technique, Journal of Chemical Technology and Metallurgy (JCTM), 2015, Vol. 50, No. 2, pp. 141-148, ISSN 1311-7629

10. **Stančić M.**, Grujić D., Kašiković N., Novaković D., Ružičić B., Milošević R.: Influence of the Washing Process and the Perspiration Effects on the Qualities of Printed Textile Substrates, *Tekstilec- Slovene Journal for Textile and Clothing Technology, Design and Marketing*, 2015, Vol. 58, No. 2, pp. 135-142, ISSN 0351-3386

Spisak rezultata M33 - Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini

1. **Stančić M.**: Dizajn plakata, II Međunarodni studentski kongres iz oblasti grafičkih tehnologija, PDP convention, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 14.-16. Maj, 2009, pp. 40, ISBN 978-86-7892-170-4
2. **Stančić M.**, Karlović I., Jurić (Rilovski) I.: Influence of digitally printed self adhesive foils on print quality parameters, 6. International Symposium on Graphic Engineering and Design, GRID, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 15-16 Novembar, 2012, pp. 171-178, ISBN 978-86-7892-457-6
3. **Stančić M.**, Kašiković N., Novaković D., Grujić D., Milošević R.: Uticaj toplotnog dejstva na parametre površinske hrapavosti tekstilnih materijala odštampanih tehnikom digitalne štampe, Međunarodni naučni skup Savremeni materijali, Banja Luka: Akademija nauka i umjetnosti Republike Srpske, 4.- 6. Jul 2013, pp. 407-417, ISBN 978-99938-21-57-1
4. Kašiković N., Vladić G., **Stančić M.**, Novaković D., Milošević R.: Influence of substrates on colour reproduction in billboard printing. IV International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies, Budapest: Óbuda University, 20. – 22. November 2013, pp. 392-397, ISBN 978-615-5018-93-0
5. Kašiković N., Vladić G., Milošević R., Novaković D., **Stančić M.**: Analysis of change in surface roughness of samples printed using screen printing with variable mesh type, 11. Seminar in Graphic Arts, Pardubice: University of Pardubice, Department of Graphic Arts and Photophysics, 17-18 Jun, 2013, pp. 127-132, ISBN 978-80-7395-660-8
6. **Stančić M.**, Kašiković N., Novaković D., Dedukić E.: Uticaj toplotnog dejstva na kvalitet otisaka digitalno štampanih tekstilnih podloga, 10. Conference of Chemists, Technologists and Environmentalists of Republic of Srpska, Banja Luka: Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet, 15-16 Novembar, 2013, pp. 576-584, ISBN 978-99938-54-50-0
7. Kašiković N., **Stančić M.**, Novaković D., Milošević R., Vladić G.: Spektrofotometrijska analiza uticaja toplotnog dejstva na kvalitet otisaka dobijenih tehnikom sito štampe na tekstu, 10. Conference of Chemists, Technologists and Environmentalists of Republic of Srpska, Banja Luka: Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet, 15-16 Novembar, 2013, pp. 550-559, ISBN 978-99938-54-50-0
8. Milošević R., **Stančić M.**, Banjanin B.: Analiza svojstava sita kao najuticajnijeg elementa u tehnici sito štampe, 10. Conference of Chemists, Technologists and Environmentalists of Republic of Srpska, Banja Luka: Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet, 15-16 Novembar, 2013, pp. 550-559, ISBN 978-99938-54-50-0

- lists of Republic of Srpska, Banja Luka: Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet, 15-16 Novembar, 2013, pp. 491-500, ISBN 978-99938-54-50-0
9. **Stančić M.**, Grujić D., Geršak J.: Influence of parameters of digital printing on thermophysiological properties of textile materials, VII International symposium on graphic engineering and design, GRID, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 13.- 14. November 2014, pp. 139-147, ISBN 978-86-7892-645-7
 10. Ružičić B., **Stančić M.**, Milošević R., Sadžakov M.: Influence of substrate thickness on the reproduction quality of screen printed polymer materials, VII International symposium on graphic engineering and design, GRID, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 13.- 14. November 2014, pp. 239-245, ISBN 978-86-7892-645-7
 11. Milošević R., Kašiković N., **Stančić M.**, Ružičić B.: UV light exposure effects on print mottle of ink-jet printed textile material, VII International symposium on graphic engineering and design, GRID, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 13.- 14. November 2014, pp. 253-260, ISBN 978-86-7892-645-7
 12. Milošević R., Kašiković N., Novaković D., Jurić (Rilovski) I., **Stančić M.**: Print mottle assessment of screen printed textile material, 8. Sigt - 7th Symposium of Information and Graphic Arts Technology, Ljubljana: Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Textiles, Chair of Information and Graphic Art Technology, 5-6 Jun, 2014, pp. 154-159, ISBN 978-961-6900-09-6
 13. Vladić G., Sadžakov M., Kašiković N., Milić N., **Stančić M.**: Uticaj štampanih boja na doživljenu vrednost tekstilnog proizvoda, 4. Tendencije razvoja i inovativni pristup u tekstilnoj industriji Dizajn, Tehnologija, Menadžment, Beograd: Visoka tekstilna strukovna škola za dizajn, tehnologiju i menadžment, 6-7 Jun, 2014, pp. 107-112, ISBN 978-86-87017-30-6
 14. Milošević R., Kašiković N., Novaković D., **Stančić M.**, Sadžakov M.: Uticaj gustine tkanja sita na površinsku uniformnost boje punog tona otisaka tehnike sito štampe na tekstu, 4. Naučno-stručni skup "Preduzetništvo, inženjerstvo i menadžment", Zrenjanin: Visoka tehnička škola strukovnih studija u Zrenjaninu, 26 April, 2014, pp. 176-183, ISBN 978-86-84289-65-2
 15. **Stančić M.**, Grujić D., Novaković D., Geršak J.: Uticaj parametara štampe i sirovinskog sastava tekstilnih materijala na toplo-hladni osjećaj, VII Međunarodni naučni skup Savremeni materijali, Banja Luka: Akademija nauka i umjetnosti Republike Srpske, 22. Decembar 2014, pp. 563-576, ISBN 978-99938-21-65-6
 16. Dragić M., Sorak M., Matijević M., **Stančić M.**, Ružičić B.: Razvoj modela za identifikaciju uticaja procesa proizvodnje na životnu sredinu, IV Mežunarodni kongres "Inženjerstvo, ekologija i materijali u procesnoj industriji", Jahorina: Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik, 4-6 Mart 2015, pp. 855-864, ISBN 978-99955-81-18-3