

Špela Zakrajšek, Danaja Štular, Špela Vasič Stepančič, Brigita Tomšič, Marija Gorjanc, Barbara Simončič in
Petra Forte Tavčer
Oddelek za tekstilstvo, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani

Vizualne in funkcionalne lastnosti digitalno natisnjenih in apretiranih anaglifnih slik na bombažni tkanini

Visual and Functional Properties of Digital Printed and Finished Anaglyph Pictures on Cotton Fabric

Izvirni znanstveni članek/*Original Scientific Paper*

Received/*Prispelo* 12-2013 • Accepted/*Sprejeto* 01-2014

Izvleček

Namen raziskave je bil proučiti vpliv različnih zaščitnih apretur na vizualne lastnosti anaglifnih slik in CMYK barvne lestvice, ki so bile digitalno natisnjene na bombažno tkanino. Potiskani vzorci so bili apretirani z enokomponentno vodo- in oljeodbojno ter ognjevarno apreturo in tudi s kombinacijo obeh apretur po impregnirnem postopku. Določene so bile vizualne ocene 3D učinka potiskanih vzorcev pred nanosom apretur in po njem, po enkratnem in petkratnem pranju ter dvainsedemdeseturnem osvetljevanju, kot tudi barvne obstojnosti tiskov po večkratnem pranju, osvetljevanju ter suhem in mokrem drgnjenju. Vodo- in oljeodbojnost, ognjevarnost in pralna obstojnost apretur so bile proučevane z meritvami stičnih kotov vode in n-heksadekana ter vertikalnim testom gorljivosti. Iz rezultatov je razvidno, da je prisotnost apretur vplivala na spremembo barve tiskov, vendar ni poslabšala 3D učinka anaglifne slike, ki se je ohranil tudi po večkratnem pranju in osvetljevanju. Prisotnost apretur je izboljšala pralno obstojnost magenta (M) in rumene (Y) barve ter poslabšala pralno obstojnost cian (C) in črne (K) barve. Svetlobne obstojnosti neapretiranih vzorcev so bile slabe, vendar so se po nanosu apreture izboljšale za barve M, Y in K. Tisk ni vplival na funkcionalne lastnosti apretur, je pa poslabšal njihove pralne obstojnosti.

Ključne besede: bombažna tkanina, digitalni tisk, anaglifne slike, 3D učinek, barvne obstojnosti, vpliv apreture

Abstract

The aim of the study was to examine the influence of various protective finishes on the visual properties of anaglyph images and CMYK primary colours digitally printed on a cotton fabric. Using the impregnation process, one-component water- and oil-repellent, and flame retardant finishes, as well as their combination were subsequently applied on the printed samples. A visual evaluation was determined for the 3D visual effect of printed samples before and after the finishing, one and five washings, and after seventy-two hours of exposure to artificial light. The colour fastness of prints after repeated washing, exposure to artificial light, dry and wet rubbing was determined. The repellence properties of studied finishes were studied by measuring the contact angles of water and n-hexadecane, while the vertical flammability test was used for the determination of flame retardancy. The wash fastness of the studied finishes was also taken into observation. The results showed that the presence of finishes changed the colour properties of prints; however, it did not impair the 3D effect of the anaglyph image, which was maintained even after repeated washings and exposure to artificial light. The presence of finishes improved the wash fastness of the M and Y colour, and impaired the wash fastness of the C and K colour. The light fastness of unfinished printed samples was poor, but it improved for the M, Y and K colours after the application of finishes. The prints did not influence the functional repellent and flame retardant properties. However, the impaired wash fastness of finishes was observed.

Keywords: cotton fabric, digital printing, anaglyph images, 3D effects, colour fastness, influence of finish

1 Uvod

Človeški vid in z njim zaznavanje globine sta zapleten proces, v katerem sodeluje predvsem senzorni sistem z živčevjem. Končna zaznava v možganih pa je psihološki pojav, pri katerem govorimo o čutni zaznavi prostora. Psihološki globinski znaki niso prirojeni, temveč jih človek pridobi z izkušnjami. Omogočajo nam, da prostor zaznamo tudi, če je upodobljen na površini [1–3]. Prostorska oziroma tridimenzionalna (3D) zaznava je rezultat človeških možganov, ki prek obeh oči interpretira dve dvodimenzionalni (2D) sliki [4]. Anaglif je ena najbolj razširjenih 3D vizualnih metod za izražanje globinskih informacij [5]. Anaglifne slike so eden od načinov upodobitve prostorskih slik na ploski površini in spadajo na področje stereofotografije. Anaglifna tehnika je ena najstarejših, najpreprostejših in najučinkovitejših tehnik prostorskega prikaza na ploski površini. Razlog, da stereografija deluje, leži v človeški percepciji globine oziroma v binokularnem gledanju in stereoeffektu, ki temeljita na tem, da vsako oko vidi nekoliko drugačno podobo. Razlika je vezana na gledišče in perspektivo. Možgani na podlagi izkušenj obe ploskovni podobi sestavijo v prostorsko. Pri upodobitvi prostorskih slik na ploski površini, z željo po zaznavi globine prostora, moramo zagotoviti, da bo pri gledanju vsako oko zaznalo drugo podobo. Princip anaglifnih slik temelji na različni obarvanosti leve in desne podobe in na barvnih filtrih, skozi katere podobo zaznavamo. Najpogostejša kombinacija filtrov je magenta-cian. Za doseg stereo efekta morata biti obe sliki oziroma stereopar združena na način izdelave barvnih izvlečkov. V praksi to pomeni, da imamo dva komplementarna barvna izvlečka, ki sta združena v eno sliko oziroma anaglif in ju gledamo s pomočjo pripadajočih filtrov oziroma anaglifnih očal [1–3, 6]. Po navadi so anaglifne slike za prikaz 3D slik natisnjene na papirju in se nahajajo v številnih tehničnih in zabavnih publikacijah [5]. Za tiskanje tekstila se uporabljajo različne metode, kot so filmski tisk, transferni in digitalni tisk [7–9]. Pri digitalnem tisku tiskajo tiskalniki brez tiskovnih form, podatki za tisk pa se sproti odčitavajo z računalnika, ki tudi krmili digitalni tiskarski stroj. Barvila se na blago v obliki drobnih kapljic raztopin barvil nanašajo skozi šobe, nameščene v tiskarski glavi. Tiskarska glava potuje po blagu in natisne od 5 do 10 mm široko črto v enem prehodu, nato pa se blago premakne na drugi prehod. Tiskanje po navadi poteka v obeh

smereh. Na mestih, kjer barvilo ni potrebno, se kapljica barvila prekine. Digitalni tisk je vzorčno neomejen in dopušča tudi fotorealistične vzorce in tisk dolgih vzorcev [10–14]. Barvila za digitalni tisk so pripravljena v obliki raztopin in disperzij [10]. Tiska se lahko z reaktivnimi [12, 14, 16], disperznimi [17] in kislimi barvili [18, 19] ter s pigmenti [8, 13, 20]. Reaktivna barvila se uporabljajo za tiskanje bombaža, viskoze, volne in svile. Barvila reagirajo z —OH skupinami celuloznih vlaken in tvorijo kovalentno vez, zato imajo dobre mokre obstojnosti [21]. Za reakcijo z vlakni potrebujemo toploto in alkalijo, ki se na blago nanese v predobdelavi. Pri tem blago impregniramo z raztopino nizkoviskoznega aliginatnega zgostila in pomožnih kemikalij [22]. Alginat lahko nadomestimo s hitozanom, ki poleg boljše barvne obstojnosti omogoča tudi protimikrobno učinkovitost tiskanega bombaža [14, 16]. Tiskanju sledi obdelava tiskanega blaga z nasičeno paro, pri čemer barvilo prodre v notranjost vlakna in se z vlakni veže [15]. Osnovni nabor barv za digitalni tisk je lestvica CMYK: turkizna (C – cyan), škrlatna (M – magenta), rumena (Y – yellow) in črna (K – key). Pri tem manjkajo toni predvsem v oranžno-rdečem območju, zato se osnovnim barvam dodajo tri ali štiri barve, po navadi oranžna, zlato rumena, vijoličasta, zelena in druge, ki jih s kombiniranjem CMYK na tekstilu ne moremo doseči [10].

Vodo- in oljeodbojne ter ognjevarne zaščitne lastnosti ob hkratnem ohranjanju zračne prepustnosti tekstilije lahko dosežemo z uporabo ustreznega postopka kemijske apreture, kjer se je v zadnjem desetletju uveljavila tehnologija sol-gel [23–26]. Tehnologija sol-gel je nanotehnološki postopek, s katerim na vlaknih oblikujemo kompozitni hibridni anorgansko-organski film. Za nanos apreture sol-gel najprej pripravimo stabilno suspenzijo (sol) s prekursorji različnih kemijskih struktur ustrezne koncentracije. Ti se ob nanosu sola na tekstilna vlakna, v reakciji hidrolize in kondenzacije, zamrežijo v tridimenzionalno polimerno strukturo, ki nam daje zelene funkcionalne lastnosti. Prekursorji se lahko kemijsko kovalentno vežejo z vlakni, če imajo le-ta na površini funkcionalne hidroksilne skupine. Kemijske vezi z vlakni izboljšajo pralno obstojnost apreture [23]. Pri pripravi sola pa lahko v suspenzijo dodamo tudi barvila [27–32].

Namen naše raziskave je bil proučiti vpliv različnih zaščitnih apretur sol-gel na vizualne lastnosti anaglifnih slik in spremembe barv barvne lestvice CMYK, ki so bili digitalno natisnjeni na bombažno

tkanino. Poleg tega smo proučili vpliv digitalnega tiskanja na učinkovitost vodo- in oljeodbojne, protigriljive in kombinirane apreture sol-gel.

2 Eksperimentalni del

V raziskavi smo uporabili 100-odstotno bombažno tkanino (CO) s ploščinsko maso 110 g/m², ki je bila pred tem izkuhana in beljena (Tekstina, Ajdovščina). CO-tkanino smo ustrezno impregnirali, sledilo je tiskanje izbranih fotografij in barvne lestvice CMYK. Tiskali smo z digitalnim tiskalnikom ter vzorce obdelali z različnimi apreturami.

2.1 Fotografiranje in izbira motiva

Za izdelavo anaglifnih fotografij smo uporabili fotoaparatus Fujifilm FinePix Real 3D W3. To je digitalni kompaktni stereo fotoaparatus z avtostereoskopskim LCD-zaslomom, ki omogoča zaznavo globine brez posebnih očal. Fotoaparatus ima dve leči in sistem za usklajevanje desne in leve leče. Fotografije so bile posnete na



Slika 1: Izbrani motiv – Čevljarški most



Slika 2: Izbrani motiv – Gimnastičarke

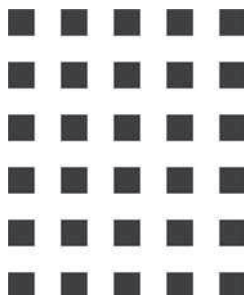
različnih lokacijah v Ljubljani in Kopru. Posnetih je bilo več fotografij, od katerih smo izbrali dva motiva, kjer se je 3D učinek najbolj opazil (sliki 1 in 2).

2.2 Obdelava fotografij v programu StereoPhoto Maker

Fotografije smo obdelali v programu StereoPhoto Maker, da smo dobili sliko s 3D učinkom. Program prepozna fotografije iz stereoskopskega fotoaparata kot dve fotografiji oziroma stereopar in ju samodejno pretvori v komplementarna izvlečka ter združi v anaglifno sliko. Pri obdelavi anaglifnih slik potrebujemo anaglifna očala, saj lahko le z njimi izvajamo kontrolo delovnega procesa.

2.3 Digitalni tisk z reaktivnimi barvili

Na CO-tkanino smo digitalno tiskali anaglifne slike in barvna polja CMYK. Ta so bila natisnjena v obliki šahovnice v velikosti 9x11 cm, sestavljene iz 30 polj v velikosti 1x1 cm, obarvanih s posamičnimi barvami CMYK (slika 3). CO-tkanino smo pred tiskanjem impregnirali v impregnirni kopeli, na dvovaljnem fularju s 100-odstotnim ožemalnim učinkom. Impregnirno kopol sestavlja alginatno zgostilo CHT alginat EHV (CHT), hidrotropno sredstvo sečnina, alkalija natrijev karbonat, organski oksidant Na-metanitrobenzensulfonat Ludigol (BASF) in demineralizirana voda (preglednica 1). Sledilo je sušenje v laboratorijskem sušilniku pri T = 90 °C in t = 2 min. Impregnirane vzorce CO-tkanine smo tiskali z digitalnim tiskalnikom (TX2-1600 Mimaki, Japonska), ki omogoča tiskanje z osmimi barvami. Izbrane anaglifne slike in tudi barvna polja CMYK so bili natisnjeni z barvnim upravljanjem in 300-odstotnim nanosom barvila. Tiskanju je sledilo 10-minutno parjenje v nasičeni pari pri T = 100–102 °C in normalnem zračnem tlaku v laboratorijskem parilniku (DHE 20675, Werner Mathis AG). Po fiksiranju so sledile še dodatne obdelave: izpiranje s hladno vodo,



Slika 3: Primer šahovnice za črno (K) barvo

izpiranje z vročo vodo ($T = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$), izpiranje z vrelo vodo (do prenehanja krvavenja), vrelo miljenje (1,5 g/l Cotoblanc RS (CHT), $T = 98\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 15\text{ min}$), izpiranje z vrelo vodo, izpiranje z vročo vodo ($T = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$) in izpiranje s hladno vodo. Tkanino smo nato posušili na zraku pri sobni temperaturi.

Preglednica 1: Receptura impregnirne kopeli za pravo blaga na digitalno tiskanje

Sredstvo	Količina [g]
CHT alginat EHV 3 %	400
Sečnina	50
Na_2CO_3	15
Ludigol	10
Voda	525
Skupaj	1000

2.4 Apretiranje

Digitalno potiskane CO-vzorke smo apretirali po impregnirnem postopku, ki je vključeval popolno omakanje vzorcev v impregnirni kopeli, ožemanje na dvovaljčnem ožemalniku z 80-odstotnim ožemalnim učinkom, sušenje pri $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ in petminutno kondenzacijo pri $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po apretiranju smo vzorce pustili odležati 14 dni, da se je apretorni film na površini vlaken popolnoma zamrežil. Med apreturami sredstvi smo izbrali vodo- in oljeodbojno apreturo Dynasytan[®] F8815 (Chemacolor, Slovenija), ognjevarno apreturo Apyrol CEP (Bezema AG, Švica) in kombinacijo obeh (preglednica 2).

Preglednica 2: Sestave impregnirnih kopeli za apreture in njihove oznake

Apretura	Sestava impregnirne kopeli	Oznaka apreture
brez	–	N
vodo- in oljeodbojna	100 g/l Dynasytan [®] F8815	FAS
ognjevarna	200 g/l Apyrol CEP 10 g/l Apyrol MH 10 g/l H_3PO_4	OP
kombinacija vodo- in oljeodbojne ter ognjevarne	100 g/l Dynasytan [®] F8815 200 g/l Apyrol CEP 10 g/l Apyrol MH 10 g/l H_3PO_4	FAS+OP

2.5 Metode preiskav

Pranje

Proučevane potiskane neapretirane in apretirane CO vzorce smo prali enkrat (1P) in petkrat (5P) v Launder-Ometru (Gyrowash 815, Jeans Heal, Anglija) po standardni metodi ISO 105-C01:1989. Vzorce smo prali pri kopelnem razmerju 1 : 50 z uporabo 5 g/l standardnega pralnega sredstva, 30 minut pri temperaturi $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po pranju sta sledila izpiranje pod tekočo vodo in sušenje na zraku.

Osvetljevanje

Osvetljevanje vseh proučevanih vzorcev je potekalo 72 ur v Xenotestu (Atlas, ZDA), po standardni metodi SIST EN ISO 105-B02:1999; Colour fastness to artificial light. Pri tem smo uporabili filter Xenochrome 320, s čimer smo dosegli simulacijo sončne svetlobe.

Merjenje barve

Neapretiranim in apretiranim CO-vzorcem, potiskanim z barvno lestvico CMYK, smo določili barvo, ki smo jo ovrednotili s pomočjo spektrofotometra SPECTRAFLASH 600 PLUS (Datacolor International, ZDA) in z uporabo barvnega sistema CIELAB. Barvometrične meritve smo opravili pri osvetlitvi D65, z geometrijo merjenja D/8, kotom opazovanja 10° , vklopljeno zrcalno komponento in velikostjo merilne odprtine 6,6 mm. Pred merjenjem smo vsak vzorec dvakrat prepognili, s čimer smo zagotovili štiri plasti tkanine. Na vsakem vzorcu smo opravili pet meritev. Meritve CIELAB smo opravili na neobdelanih, opranih in osvetljenih vzorcih.

Drgnjenje

Barvne obstojnosti na drgnjenje smo izvedli na neapretiranih in apretiranih barvnih poljih CMYK z uporabo standarda SIST EN ISO 105-X12:1993. Vzorce v velikosti 5 x 14 cm so bili pred tem klimatizirani pri standardnih pogojih ($65 \pm 2\%$ relativne zračne vlažnosti, $T = 20 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 24\text{ ur}$). Za spremljevalno tkanino smo uporabili nepotiskano in neapretirano bombažno tkanino z istimi lastnostmi, veliko 5 x 5 cm. Vzorce smo 10-krat podrgnili v 10 sekundah. S pomočjo sive lestvice smo po končanih testih ocenili prehod na suho in mokro tkanino.

Statični stični koti

Meritve statičnih stičnih kotov vode in n-heksadekana na neapretiranih in apretiranih potiskanih

anaglifnih slikah pred pranjem (OP), po enkratnem (1P) in petkratnem (5P) pranju smo opravili na goniometru DSA 100 (Krüss, Nemčija). Kapljice vode in n-heksadekana, z velikostjo kapljice 5 μL , smo nanašali na različna mesta vzorcev. Stične kote smo določili z uporabo metode Young-Laplace. Meritve so bile opravljene pri sobni temperaturi. Na vsakem vzorcu je bilo opravljenih 10 meritev stičnih kotov. Kot rezultat smo podali srednjo vrednost kota (θ).

Vertikalni test gorljivosti

Gorljivost nepranih potiskanih apretiranih vzorcev (anaglifne slike in barvna polja CMYK) smo določili po standardu DIN 53906. Iz vsakega vzorca CO-tkanine smo izrezali po osnovi dva vzorca v velikosti 15 x 7,5 cm. Test gorljivosti smo izvedli v gorilni komori. Čas gorenja smo določili na podlagi plosčinske mase tkanine, ki spada v 2. razred oziroma času izgorovanja 6 sekund. Vzorce smo vpeli v nosilec, na gorilniku uravnali plamen, visok 4 cm. Gorilnik smo postavili tako, da je 2 cm plamena segalo v vzorec. Po 6 sekundah zagorevanja smo plamen umaknili ter nato merili čas gorenja in tlenja tkanine. Čas gorenja smo odčitali od časa odmaknitve plamena pa do ugasnitve plamena. Od trenutka, ko je plamen ugasnil, do trenutka, ko je vzorec prenehal tleti, pa čas tlenja. Vzorcem smo nato izmerili še dolžino raztrganine.

Vizualna ocena barve po sivi in modri skali

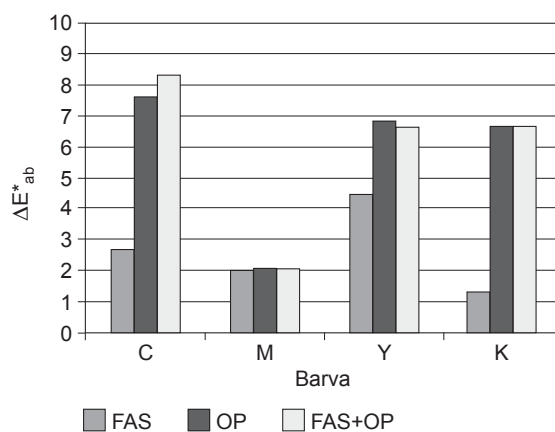
Natisnjene, oprane in osvetljevane vzorce, potiskane z barvnimi polji CMYK, smo postavili na ravno površino v bližino okna s severno dnevno svetlobo in jih primerjali z natisnjenimi, neoprani in neosvetljenimi vzorci. Z ocenami od 1 do 5 smo ocenili vzorce, pri čemer pomeni ocena 5 najmanjšo razliko barvnega tona, ocena 1 pa največjo razliko barvnega tona. Barvno lestvico je ocenjevalo šest ocenjevalcev. Za določitev vizualne ocene smo uporabili sivo (SS) in modro (MS) lestvico.

Vizualna ocena 3D učinka

Natisnjene, oprane in osvetljevane nepapretirane ter apretirane vzorce, potiskane z anaglifnimi slikami, smo postavili na ravno površino v bližino okna s severno dnevno svetlobo in jih opazovali skozi očala z dvobarvnim filtrom. Z ocenami od 1 do 5 smo ocenili 3D učinek natisnjenih vzorcev, pri čemer pomeni ocena 5 najboljši učinek, ocena 1 pa najslabšega. Rezultati kažejo povprečne vrednosti ocen, ki jih je podalo šest ocenjevalcev.

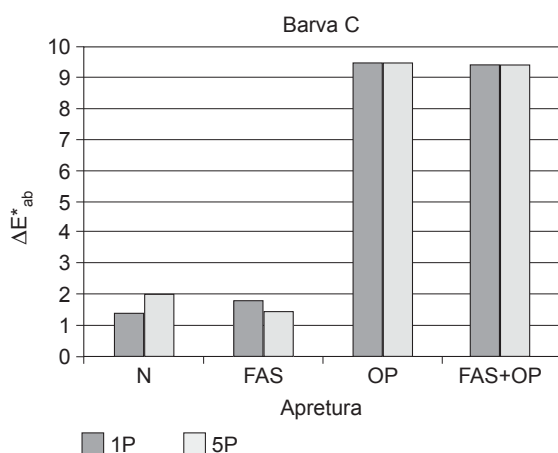
3 Rezultati z razpravo

Na sliki 4 so predstavljene barvne razlike (ΔE^*_{ab}) med neapretiranimi in apretiranimi nepranimi vzorci za posamično barvo barvne lestvice CMYK. Iz rezultatov je razvidno, da nanos apreture vpliva na spremembo barve potiskanih vzorcev. ΔE^*_{ab} je v vseh primerih večja od 1, kar pomeni, da je barvna razlika vidna s prostim očesom. Največji vpliv na spremembo barve imata obdelavi z apreturama OP in FAS+OP, medtem ko so najmanjše barvne razlike opazne pri vzorcih, apretiranih s FAS. Iz tega sledi, da je apretura OP tista, ki vpliva na spremembo barve pri kombinirani apreturi FAS+OP. Aperture tudi različno vplivajo na posamične barve barvne lestvice CMYK. Kot je vidno iz slike 4, imajo vse aperture najmanjši in zelo podoben učinek na spremembo barve M, medtem ko imajo pri preostalih barvah C, Y in K zelo različne vplive na spremembo barve.

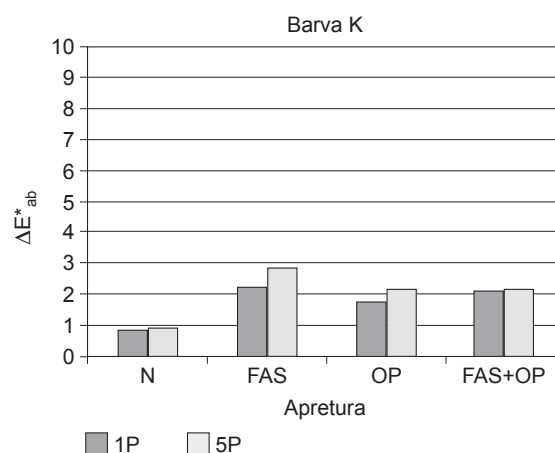


Slika 4: Barvne razlike (ΔE^*_{ab}) med neapretiranimi in apretiranimi vzorci posameznih barv barvne lestvice CMYK

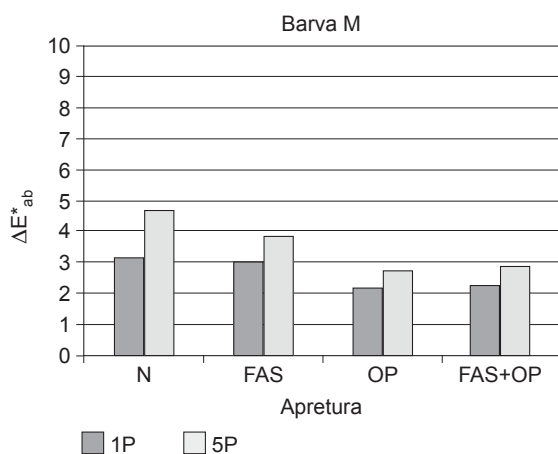
Vpliv enkratnega in petkratnega pranja na barvno obstojnost potiskanih neapretiranih in apretiranih barv lestvice CMYK je predstavljen za vsako barvo posebej. Barva C (slika 5) ima dokaj slabo pralno obstojnost pri neapretiranem in FAS apretiranem vzorcu, z vrednostjo ΔE^*_{ab} do 2. Pri obdelavi s FAS se pralna obstojnost na petkratno pranje celo izboljša glede na neobdelan vzorec. Obdelava z apreturo OP zelo poslabša obstojnost na pranje barve C z vrednostjo ΔE^*_{ab} nad 9. Posledično je tudi obstojnost barve C, apretirane s FAS+OP, zelo slaba. Barva M (slika 6) ima zelo slabe obstojnosti na pranje, če je



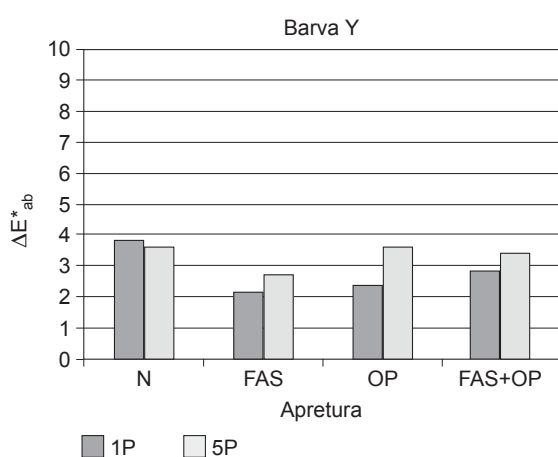
Slika 5: Barvne razlike (ΔE^*_{ab}) med nepranimi in enkrat ter petkrat pranimi vzorci za barvo cian



Slika 8: Barvne razlike (ΔE^*_{ab}) med nepranimi in enkrat ter petkrat pranimi vzorci za črno barvo

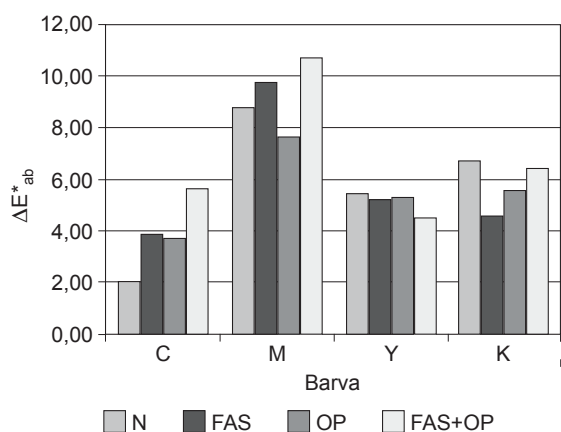


Slika 6: Barvne razlike (ΔE^*_{ab}) med nepranimi in enkrat ter petkrat pranimi vzorci za barvo magenta



Slika 7: Barvne razlike (ΔE^*_{ab}) med nepranimi in enkrat ter petkrat pranimi vzorci za rumeno barvo

vzorec neobdelan ali obdelan s FAS. Kljub temu pa obdelava s FAS izboljša obstojnost na petkratno pranje, saj je ΔE^*_{ab} FAS obdelanega vzorca za eno enoto nižji od ΔE^*_{ab} neobdelanega. Apreturi OP in OP+FAS precej izboljšata obstojnost barve M na pranje. Apretura FAS+OP celo zniža ΔE^*_{ab} pod 2. Kljub temu je barvna razlika med nepranim in pranim vzorcem opazna, vendar je precej manjša kot pri neobdelanem vzorcu. Pri barvi Y (slika 7) imajo vse apreture pozitiven vpliv na izboljšanje pralne obstojnosti, in sicer ima obdelava s FAS+OP najboljši učinek, sledita ji OP in FAS. Barva K (slika 8) ima odlične pralne obstojnosti pri neapretiranem vzorcu, saj je $\Delta E^*_{ab} < 1$, torej barvne razlike med nepranim in pranim vzorcem ne zaznamo s prostim očesom. Obdelava z apreturo FAS močno poslabša pralno obstojnost barve K, saj vrednost ΔE^*_{ab} naraste nad 2,5. Pralno obstojnost barve K prav tako poslabšata obdelava z apreturama OP in FAS+OP ($\Delta E^*_{ab} > 1,5$). Na sliki 9 so predstavljeni rezultati ΔE^*_{ab} za neapretirane in apretirane potiskane vzorce po 72-urnem osvetljevanju. Vsi vzorci imajo slabo obstojnost na svetlobo, saj je najmanjša izračunana vrednost barvne razlike večja od 2. Iz slike 9 je razvidno, ima barva M najslabšo obstojnost na svetlobo (vrednost ΔE^*_{ab} več od 10). Kljub temu opazimo nekoliko izboljšano svetlobno obstojnost barve M, če je vzorec obdelan z apreturo OP. Pri barvi Y (slika 9) opazimo, da se po nanosu apretur malce izboljša obstojnost na svetlobo, in sicer najbolj vzorcem, obdelanem z apreturo FAS+OP. Obstojnost na svetlobo se izboljša po nanosu apretur tudi barvi K (slika 9), najbolj po nanosu FAS, nato OP in FAS+OP apreture.



Slika 9: Barvne razlike (ΔE^*_{ab}) med neosvetljevanimi in 72 ur osvetljevanimi vzorci

Preglednica 3: Vizualne ocene neapretiranih in apretiranih potiskanih vzorcev po suhem in mokrem drgnjenju

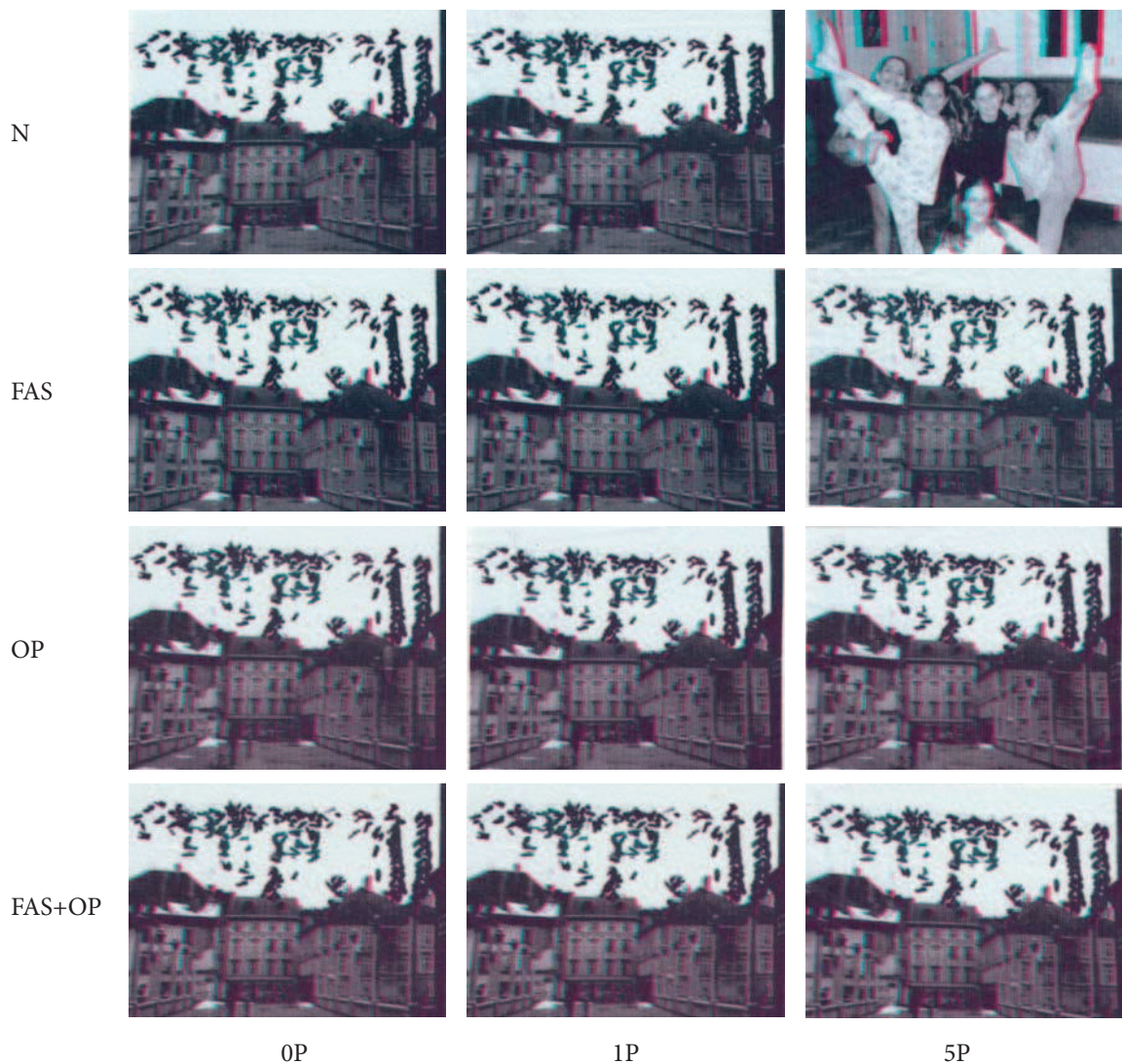
Barva	Apretura	Ocena po sivi skali	
		Suho	Mokro
C	N	5	3
	FAS	5	2
	OP	4	4
	FAS+OP	5	4
M	N	4	4
	FAS	5	3
	OP	3	2
	FAS+OP	4	4
Y	N	5	4
	FAS	5	4
	OP	4	4
	FAS+OP	4	4
K	N	5	4
	FAS	5	3
	OP	4	4
	FAS+OP	4	3

Obstojnost na drgnjenje neapretiranih in apretiranih potiskanih vzorcev smo preverili z vizualno določitvijo barvnih sprememb po sivi skalil (preglednica 3). Večinoma imajo potiskani vzorci odlične

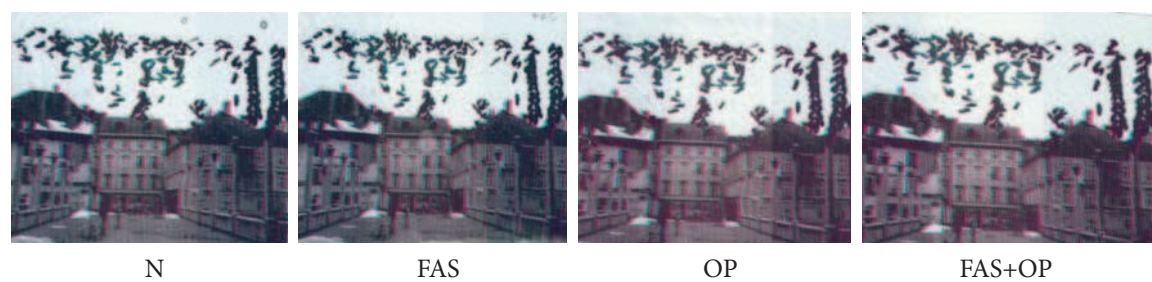
obstojnosti na suho drgnjenje z oceno 4 in 5. Izjema je bil vzorec barve M, apretiran z OP, ki je imel oceno 3. To pomeni, da je obdelava z apreturo OP poslabšala obstojnost barve M na suho drgnjenje. Pri barvi M še opazimo, da obdelava z apreturo FAS celo izboljša obstojnost na suho drgnjenje, saj je vzorec ocenjen s 5. Obstojnosti na mokro drgnjenje so nekoliko slabše kot obstojnosti na suho, vendar pa imajo nekateri apretirani vzorci boljšo oceno na mokro drgnjenje kot neapretirani. To velja predvsem za vzorca barve C, ki sta obdelana z apreturama OP in FAS+OP. Pri barvi M obdelava z apreturo OP poslabša obstojnost na mokro drgnjenje, medtem ko je obdelava z apreturo FAS+OP ne spremeni.

3D učinek je viden tako na neapretiranih kot na apretiranih vzorcih (slika 10). Vseeno pa smo opazili, da so bili vzorci po obdelavi z OP bolj rdeči, vendar to ni vplivalo na dojetje 3D učinka anaglifne slike. Po enkratnem in petkratnem pranju je bil 3D učinek še vedno prisoten. Po osvetljevanju (slika 11) so postali vzorci svetlejši, kar je vplivalo na nekoliko slabši 3D učinek kot pri neosvetljevanjih vzorcih. To lahko pripišemo manjši intenzivnosti barve magenta in cian, ki sta glavna faktorja pri dojetju 3D učinka na anaglifni sliki.

V nadaljevanju članka bomo opisali, kako je vplivala prisotnost tiska na funkcionalno učinkovitost apretiranih vzorcev. Iz literature je znano, da vplivata na vodoodbojne lastnosti substrata njegova površinska prosta energija in hrapavost površine, medtem ko so oljeodbojne lastnosti povezane zgolj z nizko površinsko prosto energijo substrata [23, 25, 33]. Rezultati vodo- in oljeodbojnih lastnosti neapretiranih in apretiranih tiskanih vzorcev so predstavljeni v preglednici 4, iz katere je razvidno, da imajo apreture FAS in FAS+OP super hidrofozne lastnosti. Teorija, ki pojasnjuje ta pojav, pravi, da je površina hidrofilna, kadar je stični kot vode enak ali večji od 0° in manjši od 90° , in da je površina hidrofozna, kadar je stični kot večji od 90° , ter superhidrofozna, kadar je stični kot vode večji od 150° [34, 35]. Kot je razvidno iz preglednice 4, je stični kot vode na vzorcih, apretiranih s FAS in FAS+OP, večji od 150° . Neapretiranemu in OP apretiranemu vzorcu stičnega kota nismo mogli izmeriti, saj je bila površina teh dveh vzorcev hidrofilna. Razlog, da apretura OP ne pripomore k hidrofoznosti, je v njeni kemijski sestavi. Apertura OP ne vsebuje funkcionalnih skupin, ki bi omogočale vodoodbojnost in posledično tudi oljeodbojnost. Vzorci, obdelani z apreturama FAS in



Slika 10: Neprani (0P), enkrat (1P) in petkrat (5P) prani neapretirani in apretirani potiskani vzorci



Slika 11: Neapretirani in apretirani potiskani vzorci po 72-urnem osvetljevanju

FAS+OP, pa imajo poleg super hidrofnih tudi odlične oljeodbojne lastnosti s stičnim kotom n-heksadekana nad 128° (preglednica 4). FAS vsebuje perfluorirane alkilne skupine, ki zagotavljajo vodo- in oljeodbojnost, in so prisotne v kombinirani apreturi

FAS+OP. Enake rezultate najdemo v literaturi [36]. Po enkratnem pranju so super hidrofnosti še vedno prisotne na vzorcu, obdelanem s FAS, medtem ko se super hidrofnost na vzorcu, obdelanem s FAS+OP, izgubi. Kljub temu ima ta vzorec

še vedno odlične vodoodbojne lastnosti s stičnim kotom vode $147,7^\circ$. Oljeodbojne lastnosti FAS in FAS+OP so po enkratnem pranju še vedno prisotne. Apertura OP v kombinaciji s FAS spremeni arhitekturo aperturnega filma, kar se odraža v manjšem stičnem kotu vode. Vpliv OP je opazen tudi pri oljeodbojnih lastnostih vzorca, apretiranega s FAS+OP, saj je stični kot n-heksadekana večji od stičnega kota vzorca, apretiranega s FAS. Po petkratnem pranju se stični kot vode sicer zmanjša, vendar so vodoodbojne lastnosti še vedno prisotne, medtem ko oljeodbojnih lastnosti po petkratnem pranju ni bilo zaznati na nobenem vzorcu. To pomeni, da imata FAS in FAS+OP na potiskanih vzorcih slabe obstojnosti na pranje. Predvidevamo, da je razlog za slabo pralno obstojnost vodo- in oljeodbojne aperture prisotnost barvil in dodatkov v impregnirni kopeli za digitalni tisk bombažnih tkanin, saj so pralne obstojnosti apertur na nepotiskanih apretiranih vzorcih dobre, kar smo dokazali v naših prejšnjih raziskavah [23, 33, 36].

Preglednica 4: Vrednosti stičnih kotov (θ) vode in n-heksadekana na nepranih in pranih vzorcih

Število pranj	Apertura	θ [°]	
		voda	n-heksadekan
0	N	0	0
	FAS	157	128,9
	OP	0	0
	FAS+OP	152,3	130,3
1	N	/ ^{a)}	/ ^{a)}
	FAS	154,4	101,9
	OP	0	0
	FAS+OP	147,7	113,1
5	N	/ ^{a)}	/ ^{a)}
	FAS	141,8	0
	OP	0	0
	FAS+OP	142,6	0

^{a)} Meritev nismo opravili.

V preglednici 5 so podani časi gorenja in tlenja apretiranih in potiskanih vzorcev. Vzorci, obdelani z

apreturama OP in FAS+OP, niso goreli po odstranitvi plamena, kar pomeni, da je ognjevarna apertura uspešno zaustavila gorenje ne glede na tip natisnjene vzorca. Prav tako apertura FAS ni poslabšala ognjevarnih lastnosti vzorca, obdelanega z aperturo FAS+OP. Obdelava tiskanega bombaža z aperturo FAS ne daje protigorljive zaščite. Tako sta imela FAS obdelana vzorca po odstranitvi plamena čas gorenja daljši od 15 s. Vzorec z natisnjeno anaglifno sliko je imel daljši čas gorenja (22 s) in čas tlenja (7 s) kot vzorec z natisnjeno barvno lestvico CMYK (16 s in 1 s). Iz tega lahko predvidimo, da na čas gorenja in tlenja vpliva tudi količina natisnjene barvila.

Preglednica 5: Časi gorenja in tlenja

Apertura	Vzorec ^{a)}	t (s)	
		gorenje	tlenje
N	1	8	6
	2	14	10
FAS	1	16	1
	2	22	7
OP	1	0	0
	2	0	0
FAS+OP	1	0	0
	2	0	0

^{a)} 1 – natisnjena barvna lestvica CMYK

2 – natisnjena anaglifna slika

4 Sklepi

V članku so podrobno obravnavani vplivi funkcionalnih apertur na spremembo barve potiskanega bombaža in na dožemanje 3D učinka anaglifne slike. Prav tako je bilo obravnavano, ali se funkcionalnost apertur poslabša pri nanosu aperture na tiskan bombaž. Obdelava potiskanega bombaža z aperturami vpliva na spremembe barve odtisov. Najbolj je na spremembo barve vplivala obdelava z ognjevarno aperturo in s tem posledično tudi obdelava s kombinirano aperturo. Kljub temu pa prisotnost apertur ni poslabšala 3D učinka anaglifnih slik na bombažni tkanini. 3D učinek se je ohranil tudi po

večkratnem pranju in osvetljevanju, čeprav smo zaznali precejšnje odstopanje barvnih razlik posamičnih barv barvne lestvice CMYK. Prisotnost apretur je izboljšala pralno obstojnost magenta in rumene barve ter poslabšala pralno obstojnost cian in črne barve. Prisotnost tiskov ni poslabšala vodo- in oljeodbojnih ter ognjevarnih funkcionalnih lastnosti nanesenih apretur, vendar pa je poslabšala njihovo pralno obstojnost.

Viri

1. ŠTULAR, Danaja. *Digitalni tisk anaglifnih slik na tekstil: diplomsko delo*. Ljubljana 2012, 68.
2. AHTIK, Jure. *Tehnike upodabljanja anaglifnih slik za uporabo v umetnosti : magistrsko delo*. Ljubljana 2011, 118.
3. FORTE TAVČER, Petra, ŠTULAR, Danaja, AHTIK, Jure. Digital printing of anaglyph images onto textile. *Textile ve Konfeksiyon*, 2013, **23**(4), 381–386.
4. SAKASHITA, R., FUJISAWA, N., MATSUURA, F., TAKIZAWA, K. Anaglyph stereo visualization of rhythmical movements. *Journal of Visualization*, 2007, **10**(4), 345–346, doi: 10.1007/BF03181891.
5. MATSUURA, F., FUJISAWA, N. Anaglyph stereo visualization by the use of a single image and depth information. *Journal of Visualization*, 2008, **11**(1), 79–86, doi: 10.1007/BF03181917.
6. WOODS, Andrew J., HARRIS, Chris R., LEGGO, Dean B., ROURKE, Tegan M. Characterizing and reducing crosstalk in printed anaglyph stereoscopic 3D images. *Optical Engineering*, 2013, **52**(4), article number: 043203, doi: 10.1117/1.OE.52.4.043203.
7. OCEPEK, Barbara, BOH, Bojana, ŠUMIGA, Boštjan, FORTE TAVČER, Petra. Printing of antimicrobial microcapsules on textiles. *Coloration Technology*, 2012, **128**(2), 95–102, doi: 10.1111/j.1478-4408.2011.00349.x.
8. MIKUŽ, Mašenka., TURK ŠOSTAR, Sonja, FORTE TAVČER, Petra. Properties of ink-jet printed, ultraviolet-cured pigment prints in comparison with screen-printed, thermo-cured pigment prints. *Coloration Technology*, 2004, **126**(5), 249–255, doi: 10.1111/j.1478-4408.2010.00254.x.
9. EL-MOLLA, Mohamed, EL-HALWAGY, Azza. A., EL-SAYAD, H. S. Transfer printing of cellulosic and proteinic fabrics. *Advances in Polymer Technology*, 2001, **20**(4), 296–304, doi: 10.1002/adv.10004.
10. FORTE TAVČER, Petra. *Tehnologija tiskanja tekstilij*, Ljubljana : Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, 2010, 78.
11. MHETRE, Shamal, CARR, Wallace, RADHAKRISHNAIAH, Parachuru. On the relationship between ink-jet printing quality of pigment ink and the spreading behavior of ink drops. *The Journal of Textile Institute*, 2010, **101**(5), 423–430, doi: 10.1080/00405000802449984.
12. KAIMOUZ, Ahmad Wassim, WARDMAN, Roger H., CHRISTIE, Robert M. Ink-jet printing process for lyocell and cotton fibers. Part 2: The relationship of colour strength and dye fixation to ink penetration. *Coloration Technology*, 2010, **126**, 342–347, doi: 10.1111/j.1478-4408.2010.00267.x.
13. WANG, X., YIN, Yunjie, WANG, Chaoxia. New approach to impart antibacterial effect and improve ink jet printing properties with modified SiO₂ sols containing cationic biocides. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2010, **361**, 51–55, doi: 10.1016/j.colsurfa.2010.03.007.
14. YUEN, C. W. M., KU, S. K. A., KAN, C. W. in CHOI, P. S. R. A Two-bath method for digital ink-jet printing of cotton fabric with chitosan. *Fiber and Polymers*, 2011, **8**(6), 625–628; doi: 10.1007/BF02876000.
15. YANG, Yiqi, NAARANI, Vamshi. Effect of steaming conditions on colour and consistency of ink-jet printed cotton using reactive dyes. *Coloration Technology*, 2004, **120**, 127–131, doi: 10.1111/j.1478-4408.2004.tb00218.x.
16. KAN, C. W., YUEN, C. W. M., TSOI, W. Y. Using atmospheric pressure plasma for enhancing the deposition of printing paste on cotton fabric for digital ink-jet printing. *Cellulose*, 2011, **18**, 827–839, doi: 10.1007/s10570-011-9522-2.
17. KOSOLIA, Chrysavgi Th., TSATSARONI, Eforia, NIKOLAIDIS, Nikolaos F. Disperse ink-jet inks: properties and application to polyester fibre. *Coloration Technology*, 2011, **127**, 357–364, doi: 10.1111/j.1478-4408.2011.00334.x.
18. YUEN, C. W. M., KAN, C. W., JIANG, S. Q., KU, S. K. A., CHOI, P. S. R. in WONG, K. Y. Optimum condition of ink-jet printing for wool

- wabric. *Fiber and Polymers*, 2010, **11**(2), 229–233, doi: 10.1007/s12221-010-0229-z.
19. YANG, Yiqi, LI, Shiqi. Cotton fabric inkjet printing with acid dyes. *Textile Research Journal*, 2007, **73**(9), 809–814, doi: 10.1177/004051750307300910.
 20. PHATTANARUDEE, K., CHAKVATTANATHAM, K., KIATKAMJORNWONG, S. Pretreatment of silk fabric with amino compounds for ink jet printing. *Progress in Organic Coatings*, 2009, **64**, 405–418, doi: 10.1016/j.porgcoat.2008.08.002.
 21. RENFREW, A., HUNTER, M. Reactive dyes for textile fibres : the chemistry of activated [pi]-bonds as reactive groups and miscellaneous topics. *Bradford : Society of Dyers and Colourists*, 1999, 217.
 22. FORTE TAVČER, Petra, KERT, Mateja, *Tiskanje tekstilij – navodila za vaje*. Ljubljana, 2010, 89.
 23. GORJANC, Marija, JAZBEC, Katja, MALOPRAV, Anja, GODEC, Mateja, FORTE TAVČER, Petra, SIMONČIČ, Barbara. Oblikovanje »loto-sovega efekta« na bombažni tkanini s plazmo, encimi in apreturo sol-gel. *Tekstilec*, 2012, **55**(3), 206–214.
 24. ČERNE, Lidija, HADŽIČ, Samira, SIMONČIČ, Barbara. Določitev optimalne koncentracije sredstev za pripravo večfunkcionalne vodo- in oljeodbojne ter ognjevarne apreture. *Tekstilec*, 2013, **56**(1), 13–21.
 25. SIMONČIČ, Barbara, TOMŠIČ, Brigita, ČERNE, Lidija, OREL, Boris, JERMAN, Ivan, KOVAČ, Janez, ŽERJAV, Metka, SIMONČIČ, Andrej. Multifunctional water and oil repellent and antimicrobial properties of finished cotton: influence of sol-gel finishing procedure. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 2012, **61**, 340–354, doi: 10.1007/s10971-011-2633-2.
 26. TOMŠIČ, Brigita, SIMONČIČ, Barbara, OREL, Boris, ČERNE, Lidija, FORTE TAVČER, Petra, ZORKO, Mateja, JERMAN, Ivan, VILČNIK, Aljaž, KOVAČ, Janez. Sol-gel coating of cellulose fibres with antimicrobial and repellent properties. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 2008, **47**, 44–57, doi: 10.1007/s10971-008-1732-1.
 27. MAHLTIG, B., TEXTOR, T. Combination of silica sol and dyes on textiles. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 2006, **39**, 111–118, doi: 10.1007/s10971-006-7744-9.
 28. MAHLTIG, B., BÖTTCHER, H., KNITTEL, D. in SCHOLLMAYER, E. Light fading and wash fastness of dyed nanosol-coated textiles. *Textile Research Journal*, 2007, **74**(6), 521–527, doi: 10.1177/004051750407400610.
 29. YIN, Yunjie, WANG, Choxia, WANG, Chunxia, WU, Min, TIAN, Anli, FU, Shaohai. Hydrophobic properties and color effects of hybrid silica spin-coating on cellulose matrix. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 2011, **46**, 6682–6689, doi: 10.1007/s10853-011-5621-6.
 30. YIN, Yunjie, WANG, Chaoxia, WANG, Chunying. An evaluation of the dyeing behavior of sol-gel silica doped with direct dyes. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 2008, **48**, 308–314, doi: 10.1007/s10971-008-1819-8.
 31. CHENG, Tong, LIN, Tong, FANG, J., BRADY, Rex. Photochromic Wool fabrics from a hybrid silica coating. *Textile Research Journal*, 2007, **77**(12), 923–928, doi: 10.1177/0040517507083523.
 32. SCHRAMM, Christian, RINDERER, Beate. Dyeing and DP treatment of sol-gel pre-treated cotton fabrics. *Fiber and Polymers*, 2011, **12**(2), 226–232, doi: 10.1007/s12221-011-0226-x.
 33. VASILJEVIĆ, Jelena, GORJANC, Marija, TOMŠIČ, Brigita, OREL, Boris, JERMAN, Ivan, MOZETIČ, Miran, VESEL, Alenka, SIMONČIČ, Barbara. The surface modification of cellulose fibres to create super-hydrophobic, oleophobic and self-cleaning properties. *Cellulose*, 2013, **20**(1), 277–289, doi: 10.1007/s10570-012-9812-3.
 34. ZHANG, Xi, SHI, Feng, NIU, Jia, JIANG, Yuqui, WANG Zhigiang. Superhydrophobic surfaces: from structural control to functional application. *Journal of Materials Chemistry*, 2008, **18**, 621–633, doi: 10.1039/b711226b.
 35. YAN, Y. Y., GAO, N., BARTHLOTT, W. Mimicking natural superhydrophobic surfaces and grasping the wetting process: A review on recent progress in preparing superhydrophobic surfaces. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2011, **169**, 80–105, doi: 10.1016/j.cis.2011.08.005.
 36. SIMONČIČ, Barbara, HADŽIČ, Samira, VASILJEVIĆ, Jelena, ČERNE, Lidija, TOMŠIČ, Brigita, JERMAN, Ivan, OREL, Boris, MEDVED, Jože. Tailoring of multifunctional cellulose fibres with »lotus effect« and flame retardant properties. *Cellulose*, 2013, doi: 10.1007/s10570-013-0103-4.