

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

MARTINA KIŠ

SITOTISAK NA RAZLIČITIM
TEKSTILNIM PODLOGAMA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

MARTINA KIŠ

SITOTISAK NA RAZLIČITIM
TEKSTILNIM PODLOGAMA

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Igor Zjakić

Student:

Martina Kiš

Zagreb, 2016.

ZAHVALE

Zahvaljujem mentoru izv. prof. dr. sc. Igoru Zjakiću na pomoći i vodstvu pri izradi ovog diplomskog rada.

Posebno hvala obitelji i prijateljima na potpori i razumijevanju tijekom cijelog školovanja.

SAŽETAK

Sitotisak ili propusni tisak je tehnika tiska kod kojega je nositelj tiskovne forme sito (mrežica određene gustoće) napeto na drveni ili metalni okvir. Takva temeljna sitotiskarska forma ostavlja otvorene sve one dijelove sita koji trebaju propuštati boju (tiskovni elementi), a zatvara one dijelove koji na otisku trebaju ostati bez boje (slobodne površine). Proces otiskivanja vrši se pomoću gumenog noža (rakela) kojim se boja provlači preko sita i prolazi kroz otvorene dijelove na tiskovnoj formi prenoseći boju na tiskovnu podlogu. Sitotisak je vrlo važna tehnika tiska kojom se proizvede oko 3% grafičke proizvodnje otisaka. Sitotisak može otiskivati na ravnim i zakrivljenim oblicima zbog fleksibilnosti tiskovne forme te na raznim materijalima tako da sitotisak ima široku primjenu posebno kod gotovih proizvoda. Nezamjenjiva je tehnika tiska u tekstilnoj industriji na tekstilne predmete kako direktno na tekstil tako i indirektno na transfer papir s kojega se kasnije otisak termo prešama prenosi na tekstil pod utjecajem visoke temperature. Kvaliteta reprodukcije na tekstilnim materijalima ovisi o sirovinskom sastavu, tkanju te načinu na koji je obrađena sama površina materijala te se pretpostavlja da različite tekstilne podloge neće imati jednaku kvalitetu i postojanost otisaka. Cilj diplomskog rada je istražiti utjecaj različitih tekstilnih podloga na kvalitetu otiska kako bi se potvrdila pretpostavka da različite tekstilne podloge, različitog sirovinskog sastava, neće dati jednaku kvalitetu i postojanost otiska.

Ključne riječi: sitotisak, propusni tisak, sito, tekstil

ABSTRACT

Screen printing or pass printing is printing technique in which the holder of the printing form sieve (mesh certain density) is stretched on a wooden or metal frame. Such basic screen printing form leaves open all the parts that need to sieve leak color (news items), and closes the parts on the print should remain colorless (free surface). The process of printing is carried out using a rubber blade (squeegee) which tries fight through screens and passes through open portions of a press fit transferring color to the printing surface. Screen printing is a very important printing technique which produce about 3% of the graphics production prints. Screen printing can set sail on flat and curved shapes due to the flexibility of the printing form and on various materials so that the screen printing is widely used especially in finished products. Irreplaceable printing techniques in the textile industry to textile items directly to the textile and indirectly on the transfer paper from which the later print of thermo presses transferred to textiles under the influence of high temperatures. The quality of reproduction on textile materials depends on the raw material composition, weaving and the way he dealt with the surface of the material and it is assumed that a variety of textile substrates will not have the same quality and durability of prints. The aim of thesis was to investigate the effect of different textile lining on the quality of the print to confirm the assumption that the various textile substrates of different materials, will not provide the same quality and durability of print.

Keywords : screen printing , pass printing , textile

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. Propusni tisak.....	2
2.1.1. Šablonski tisak	2
2.1.2. Sitotisak.....	3
2.3. Napinjanje sita na okvir	5
2.3.1. Mehaničko napinjanje sita	5
2.3.2. Pneumatsko napinjanje sita	6
2.4. Tkanina sita.....	7
2.4.1. Sita od svile	7
2.4.2. Sita od sintetskih materijala.....	7
2.4.3. Metalna sita	8
2.4.4. Sintetski materijali presvučeni metalom	9
2.5. Izrada šablone.....	9
2.5.1. Mehaničke šablone	9
2.5.2. Fotomehaničke šablone	11
2.6. Rakel.....	12
2.7. Sitotiskarsko bojilo	12
2.8. Sušenje otisaka u sitotisku	13
2.9. Proces tiska u sitotisku	14
2.10. Tekstilni materijali.....	14

2.10.1. Pamuk.....	15
2.10.2. Elastanska vlakna	17
2.10.3. Poliester	19
2.11. Prirast RTV.....	20
2.12. Kolorimetrijske vrijednosti otisaka	23
3. EKSPERIMENTALNI DIO	25
3.1. Plan rada.....	25
3.2. Reprodukcijska fotografija u sitotisku.....	26
3.3. Otiskivanje.....	26
3.4. Mjerni uređaji.....	29
4. REZULTATI I RASPRAVA	31
4.1. Grafički prikaz rezultata gustoće obojenja punog polja	33
4.2. Grafički prikaz rezultata prirasta.....	37
4.3. Spektrofotometrijska mjerenja	40
4.3.1. Kolorimetrijska razlika boja.....	42
4.4. Vizualna metoda kvalitete otisaka prosječnog promatrača.....	46
5. ZAKLJUČAK	49
6. LITERATURA.....	50

1. UVOD

Sitotisak je direktna tehnika propusnog tiska. Počeci sitotiska sežu daleko u povijest, nepoznato je kada točno no zna se da su sa sitom prve tiskale zemlje Dalekog istoka. Neke od najranijih aplikacija tiskanja sitom mogu se naći u srednjovjekovnom Japanu. U Europu je ideju o otiskivanju sitom donio Marko Polo u 13. stoljeću, gdje se putujući tim zemljama upoznao sa tom tehnikom. Poznato je da su Kinezi, još prije nove ere, pomoću ove tehnike otiskivali na svilu, papir i keramiku. Tehnika koju su koristili bila je napeta duga ženska kosa isprepletana u mrežu, a kao bojila koristili su različite boje biljnog i mineralnog porijekla. U 19. stoljeću usvojen je jednostavan proces gdje je tkanina napeta na drveni okvir bila nosioc šablona tijekom tiska. Mehanizacija sitotiska počela je u 20. stoljeću (usporedno sa offsetnim tiskom) kada se ova tehnika počela koristiti u tisku plakata, ambalaže i tkanine. Danas je sitotisak postao vrlo sofisticiran proces, te se koriste razrađene mrežice, boje i računalna tehnologija. Često se koristi kao zamjena za mnoge druge procese. Fleksibilnost tiskovne forme kod sitotiska omogućuje tiskanje na različite materijale i oblike, te se može tiskati na gotovo svaku površinu, papir, drvo, staklo, plastika, koža ili tkanina. Otisak otisnut ovom metodom ima visoku pokrivnost boja jer je debljina otiska mnogo veća nego kod drugih tehnika tiska. Prednosti ove metode tiska su: tisak na neravne površine, na različite materijale, visoki sjaj otiska. Pomoću sitotiska se mogu dobiti reljefni efekti (npr. Braille-ovo pismo). Nedostaci su manje naklade u odnosu na ofset i širina otiska do 30 cm. Kvaliteta otiska razlikuje se ovisno o metodi kojom se tiska, kvaliteti mrežice i okvira, preciznosti izrade tiskovne forme, kvaliteti bojila i o podlozi na koju se tiska.

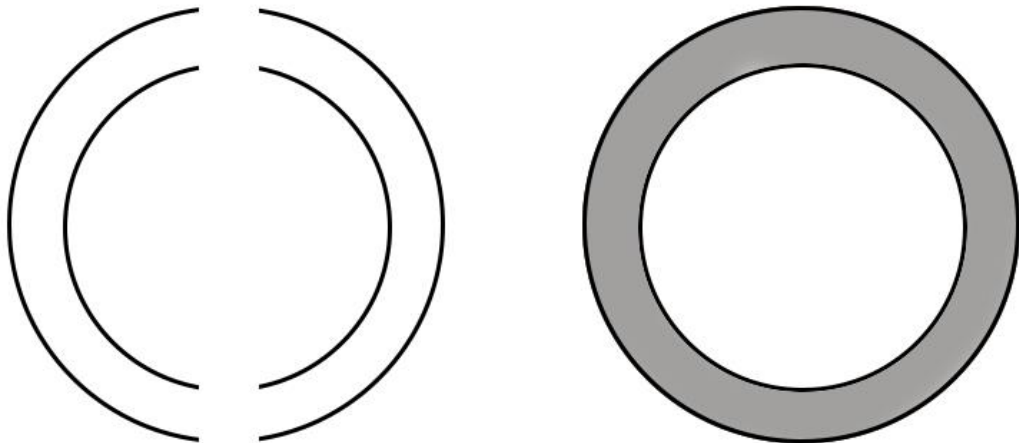
2. TEORIJSKI DIO

2.1. Propusni tisak

Propusni tisak je direktna tehnika tiska u kojoj se bojilo protiskuje kroz otvore šablone na tiskovnu podlogu. Postoje dvije tehnologije propusnog tiska, šablonski tisak i sitotisak.

2.1.1. Šablonski tisak

Šablonski tisak vrlo je star tehnološki postupak. Najraniji zapis o propusnom otiskivanju potječe iz Kine (vladavina dinastije Song) koji se dalje proširio i na druge azijske zemlje. [1] Koristi se za otiskivanje jednostavnih tekstova, simbola, oznaka, na drvenu ambalažu ili ambalažu od ljepenke. Šablonskim tiskom se također oslikavaju zidovi i slično. Proces otiskivanja vrši se na način da se šablona prislanja na podlogu te se zatim bojilo protiskuje rakelom, kistom, četkom ili sprejom na tiskovnu podlogu. Kod šablone svi njezini dijelovi moraju biti mehanički spojeni u jednu cjelinu. Na slici 1. je prikazano slovo „O“ kao primjer konstrukcije šablone.



Slika 1. Primjer šablone za propusni tisak za otiskivanje slova „O“

2.1.2. Sitotisak

Sitotisak je također propusni tisak kod kojeg je šablona (tiskovna forma) položena na mrežicu sita tako da svaki dio može stajati samostalno, bez mehaničkog povezivanja s ostatkom šablone. Sitotisak je vrlo stara tehnika tiska koja je poznata još iz doba kada su se sita izrađivala od ljudske kose. Moderni sitotisak datira iz 20. stoljeća kada su pronađeni postupci koji omogućuju proizvodnju ponovljenih jednakih tiskovnih formi, a samim time i umnožavanje otiskivanjem istovrsnih otisaka do bilo koje veličine naklade.

Za proces otiskivanja danas se koriste dvije osnovne konstrukcije sitotiskarskih uređaja. To su strojevi koji koriste ravno sito i strojevi koji koriste rotacijsko sito u obliku valjka. Za tisak nekih specifičnih proizvoda koriste se i zakrivljena sita koji nemaju oblik valjka. [3]

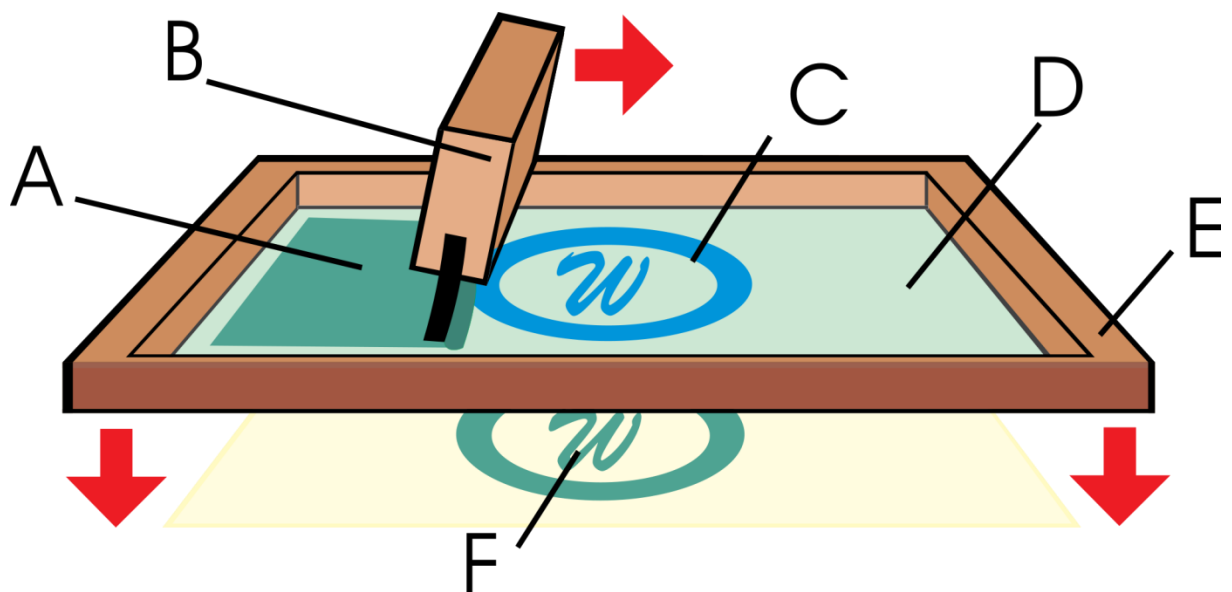
Sitotisak je vrlo važna tehnika tiska kojom se proizvede oko 3% grafičke proizvodnje otisaka, nezamjenjiva je tehnika tiska na tekstilne predmete kako direktno na tekstil tako i indirektno na transfer papir s kojega se kasnije otisak pod utjecajem visoke temperature termo prešama prenosi na tekstil. Sitotisak odlikuje dugi vijek trajanja otisaka u svim uvjetima korištenja. Često se koristi na mjestima gdje se zadržava masnoća, vlaga ili zahtjevni temperaturno klimatski uvjeti jer je otisak postojan. [2]

2.2. Građa uređaja i strojeva za sitotisak

Sitotisak je tehnika tiska koja koristi ravnu ili cilindričnu tiskovnu formu. Najčešće se koristi za tisak vrlo malih ili malih naklada. Ako se otiskuju srednje ili velike naklade tada se najčešće koriste rotacijski sitotiskarski strojevi.

Osnovni dio uređaja sitotiska čini okvir na koji je napeta mrežica. Okvir može biti drven ili metalni, a oblik mu može biti ravan ili kostur cilindra. Na takav okvir se napinje fina mrežica koja je ujedno i nosilac tiskovne forme koju još nazivamo i šablona. Šablonu čini materijal koji na situ zatvara sve rupice koje kod otiskivanja čine slobodne površine dok otvorene rupice na situ predstavljaju

tiskovne elemente. Proces otiskivanja započinje nanašanjem bojila na sito nakon čega rakelom (klizni nož) pod određenim kutem protiskujemo bojilo kroz otvorene očiće sita. Bojilo prolazi kroz sito i prihvaća se za tiskovnu podlogu sa druge strane sita. Na slici 2. je prikazan ravan okvir sa sitom na kojem je izrađena šablona. Rakelom se protiskuje bojilo kroz sito (tiskovna forma) na tiskovnu podlogu i tako dobivamo otisak.



Slika 2. Ravan okvir sa sitom [11]

A-boja, B-rakel, C- slika, D-fotoemulzija, E-okvir, F-otisak

(Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Screen_printing)

Okvir ravnog sita može biti izrađen od drveta ili metala dok su ostali oblici sita metalni. Okvir od drveta danas se rjeđe koristi međutim još uvijek ima dosta prednosti. Najvažniji nedostatak drvenog okvira jest osjetljivost na vlagu jer se pod utjecajem vlage okvir može saviti. Prednosti drvenih okvira jesu niska cijena i raznoliki načini pričvršćivanja sita na okvir.

Najčešći način pričvršćivanja sita na okvir je ljepljenje. Na taj način sito se može pričvrstiti i na drveni i metalni okvir. Materijali koji se koriste za izradu metalnih okvira su aluminij i čelik, ali najčešće se izrađuju od aluminija. Čelični okviri su

do tri puta čvršći, međutim aluminijski okviri su znatno lakši, ne hrđaju i otporni su na sve kemikalije osim na jače kiseline i jače lužine. Čelični okviri mogu imati veću otpornost na kiseline i lužine, međutim mogu hrđati. [3]

2.3. Napinjanje sita na okvir

Osim pričvršćivanja sita, važan je i postupak napinjanja sita na okvir. Postoji ručno, mehaničko i pneumatsko napinjanje.

Ručno napinjanje je danas sve rijeđe jer se teško postiže jednolikost napetosti svih niti na cijelom situ te se danas koristi na drvenim okvirima. [3]

2.3.1. Mehaničko napinjanje sita

Mehanička napinjanja pružaju nove mogućnosti koje su važne za povećanje konkurentnosti na sitotiskarskom tržištu. Postoje uređaji koji mogu napinjati više sita odjednom. Osim napinjanja u smjeru osnove i potke kod mehaničkog napinjanja sita mrežica se može postaviti i pod određenim kutem što omogućuje kvalitetan otisak linija koje su paralelne s okvirom sita. Mehaničko napinjanje sita najčešće se izvodi na uređaju koji ima poredane mehaničke stezaljke uz sve četiri stranice okvira, te se pravilnim radom postiže ravnomjerna napetost cijeloga sita. Jačina samog napinjanja prilagođava se debljini niti sita, njegovoj udaljenosti od tiskovne podloge i elastičnosti sita. Pritom se mora i to naročito kod tiska kolora uračunati i očekivana deformacija sita prilikom tiska da bi se očuvao kvalitetan paser. Stroj za mehaničko napinjanje sita prikazan je na slici 3. Uređaj pomicanjem stranica može napinjati sita različitih veličina. Uređaji se izrađuju tako da jednoliko napinju sito na cijeli okvir odjednom ili tako da posebno napinju jedan smjer, a posebno smjer okomit na njega. Moguće je napinjanje i oba smjera istovremeno. [3]



Slika 3. Uređaj za mehaničko napinjanje sita [12]

(Izvor: <http://xinology.com>)

2.3.2. Pneumatsko napinjanje sita

Postoje i uređaji za pneumatsko napinjanje sita. Oni se sastoje od mnogo stezača za pojedinačno napinjanje koji su međusobno povezani. Stezače pokreće komprimirani zrak, a broj upotrebljenih stezača ovisi o veličini sitotiskarskog okvira. Prilikom napinjanja sita okvir je pod pritiskom stezača, što koristi nakon ljepljena sita jer nakon prestanka djelovanja stezača okvir lagano dodatno napinje sito. Na slici 4 je prikazan uređaj za pneumatsko napinjanje sita. Sita se napinju tako da su niti paralelne na okvir ili da su položene u koso, najčešće oko 15° s obzirom na okvir. Aparati za napinjanje mogu biti toliko veliki da se na njemu može napinjati više sita istovremeno te se na taj način pojeftinjuje i ubrzava rad u sitotisku. [3]



Slika 4. Uređaj za pneumatsko napinjanje sita [5]
(Izvor: <http://www.chinabestprice.com>)

2.4. Tkanina sita

Tkanina sita izrađuju se od nekoliko vrsta materijala, a to su: svila, sintetski materijali, metalni materijali i sintetski materijali presvučeni metalom. U tkanju sita koriste se niti od multivlakna i monovlakna. Svaki način ima određene prednosti i nedostatke.

2.4.1. Sita od svile

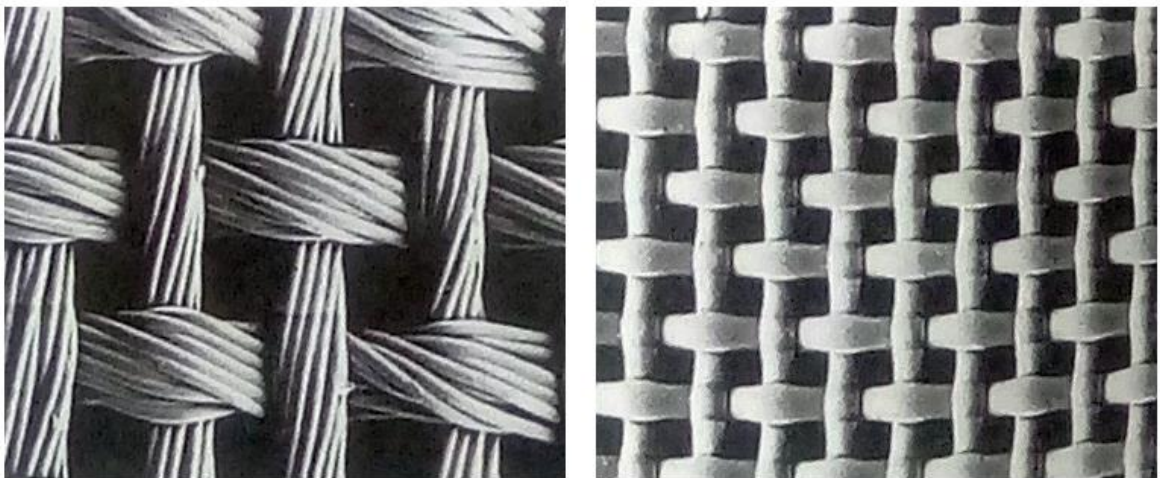
Sita od svile imaju nisku cijenu, dobro drže šablonu, ne prave problema pri napinjanju, elastična su pa ne pucaju pod pritiskom rakela i dobro održavaju paser za male formate. Nedostatak sita od prirodnih svila je neotpornost na kiseline i lužine. Vlakna sita od prirodnih materijala nisu glatka pa je šablonu teško odstraniti sa sita. Također niti svile koje su isprepletene od većeg broja vlakanaca dodatno narušavaju glatkost i otežavaju pranje sita. Sita od prirodne svile sadrže 110 do 240 niti po inču. Trajnost materijala sita nije velika.

2.4.2. Sita od sintetskih materijala

Sita od sintetskih materijala danas su najrasprotranjenija u upotrebi. Najčešće se koriste sita od poliestera i poliamida. Njihovo dobro svojstvo je srednje velik do

vrlo velik broj niti po inču. Sita ispletena s jednovlaknatim nitima dostižu 420-470 niti po inču, a sita ispletena od viševlaknatih niti dostižu do oko 200 niti po inču. Sita od sintetskih materijala su trajna i lako se peru. Otporna su na sve vrste kemikalija osim na neka organska otapala. Poliesterska sita dobro drže paser dok su sita od najlonskih niti vrlo elastična pa su kao takva pogodna za otiskivanje tiskovnih podloga nepravilnih oblika. Najlonska sita zbog velike rastezljivosti teško drže paser. Nedostatak sita od sintetskih materijala su: slabo prihvaćanje šablone na monovlaknata sita, sita od najlona slabije drže paser, polivlaknata sita u tisku mogu biti sabijena te se tako smanjuju površine očica, polivlaknata sita teže se peru, sva sintetska sita osjetljiva su na organska otapala.

Sita od multivlaknatih niti obično se koriste za tisak na tkaninama ili velikim tiskovnim ploham, gdje nije potreban finiji raster. Na slici 5. su prikazana sita ispletena od polivlaknatih i monovlaknatih niti. [3]



Slika 5. Sita s polivlaknatim i monovlaknatim nitima [3]

(Izvor: Tisak ambalaže, Stanislav Bolanča, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb 2013.)

2.4.3. Metalna sita

Metali koji se koriste su fosforna bronca, antikorozivni čelik, poliniklani ili kromirani čelik. Metalna sita su najskuplja. Niti metalnih sita su tanke i isključivo monovlaknate te su tanki i nanosi bojila na tiskovnu podlogu. Na taj način se štedi bojilo i otisci se lako suše. Metalna sita imaju najveći broj rupica po kvadratnom centimetru. Dimenzije sita su stabilne pa tako rastezanje sita ne ugrožava tisak kolora. Kod sitotiska je poželjno da linijatura sita bude tri puta veća od linijature rastera da bi se izbjegli moarei. Za pranje sita mogu se koristiti sve kemikalije jer rabljeni metali kemijski reagiraju samo s jakim kiselinama. Najveći nedostatak metalnih sita je njihova slaba rastezljivost, sito je krto te kao takvo može puknuti ili se deformirati pod pritiskom rakela. U praksi se metalna sita ne koriste često, a najveća primjena je za tisak keramike ili neke druge tvrde materijale. [3]

2.4.4. Sintetski materijali presvučeni metalom

U razvijanju novih tehnologija koje nastoje ujediniti najbolje iz postojećih tehnologija nastala su sita koja su izrađena od monovlaknatih niti od sintetskih materijala presvučenih metalnom prevlakom. Takav tip sita ima elastičnost sintetskih materijala, a mogu se lako prati. Malo se rastežu i dobro zadržavaju paser kao sita od metala. Linijatura sita i otpornost na kemikalije je velika. [3]

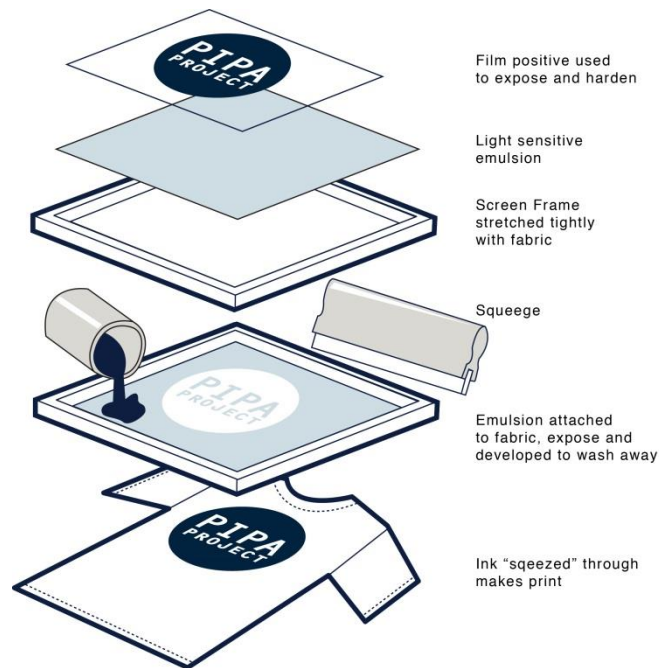
2.5. Izrada šablone

Nakon napijanja mrežice potrebno je izraditi šablonu. Procesu izrade prethodi faza odmašćivanja (i nove i prethodno korištene) čime se uklanjaju masnoće nanešene rukovanjem ili prašina iz zraka. Sredstvo se utrlja mekanom četkom te se nakon nekoliko minuta ispire mlazom vode. Nakon odmašćivanja slijedi proces nanašanja emulzije. Šablona se nanosi na centralni dio tiskovne forme (Slika 6.). Postoje mehaničke i fotomehaničke šablone. [4]

2.5.1. Mehaničke šablone

Mehaničke šablone:

- a) ručno rezane šablone
- b) vodotopivi ručno rezani film
- c) celulozno ručno rezani film



Slika 6. „Proces sitotiska“ 1. Priprema motiva i ispis na film, 2. Nanošenje fotoosjetljivog sloja, 3. Sušenje, 4. Osvjetljavanje, 5. Razvijanje, 6. Sušenje, 7. Retuširanje, 8. Nanos bojila na sito, 9. Protiskivanje bojila rakelom, 10. Sušenje otiska [6]
(Izvor: <http://www.kmq.co.za/branding/Screen-Printing>)

Ručno rezane šablone proizvode oštre rubove na otisku te se njome otiskuju slovni znakovi te čvrsti gotovi proizvodi. Vodotopivi ručni rezani film je specijalna vrsta ručno rezane šablone, bolje prijanja uz sitotiskarsku mrežicu zbog primjene vode, primjenjiva je za sva bojila na bazi organskih otapala te se lako uklanja toplom vodom. Kod celulozno ručno rezanog filma potrebno je primijeniti samo sredstva za odmašćivanje koje propisuje proizvođač. Ovakvi

filmovi mogu se koristiti samo za boje na bazi vode koje se sa mrežica skidaju pomoću otapala.


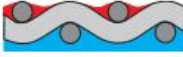


Problemi koji se javljaju kod mehaničkih šablona:

- prašina kod ljepljenja
- boranje filma kod većih formata
- tekućina za povezivanje stvara oštećenja na rubovima
- suše na visokim temperaturama

2.5.2. Fotomehaničke šablone

- a) direktne šablone s emulzijom
- b) indirektna šablona
- c) direktna šablona s filmom i vodom
- d) direktna šablona s filmom i emulzijom

Tablica 1. Svojstva fotomehaničkih šablona

	Direktne šablone s emulzijom	Direktna šablona s filmom i emulzijom	Direktna šablona s filmom i vodom	Indirektna šablona
				
Mehanička otpornost	Jako dobra	Jako dobra	Dobra	Slaba
Otpornost na otapala	Dobra	Dobra	Dobra	Dobra
Oštrina kontura	Dobra	Vrlo dobra	Vrlo dobra	Vrlo dobra
Prosječan broj otiska	50000-75000	20000-50000	10000-30000	2000-5000
Uporaba	Puno	Puno	Malo	Srednja
Primjena	Tisak na ravnim i neravnim predmetima	Tisak na ravnim i neravnim predmetima	Tisak na ravnim i neravnim predmetima	Tisak na ravnim predmetima
Ponovno korištenje	Teško	Teško	Lako	lako

Osim navedenih postupaka danas se šablone izrađuju i novijim postupcima koji koriste laser i inkjet postupak.

2.6. Raket

Raket (Slika 7.) je nož od sintetskog materijala ili gume uglavljen u drveni ili metalni nosač. Njegovim povlačenjem pod određenim kutem protiskuje se bojilo kroz tiskovnu formu na tiskovnu podlogu. Parametar koji utječe na prijenos

bojila na tiskovnu podlogu je način brušenja rakela. Postoje različiti načini brušenja, a biraju se prema proizvodu koji se tiska i materijalu na koji se tiska. Raketel se može brusiti ručno ili strojno. [3]



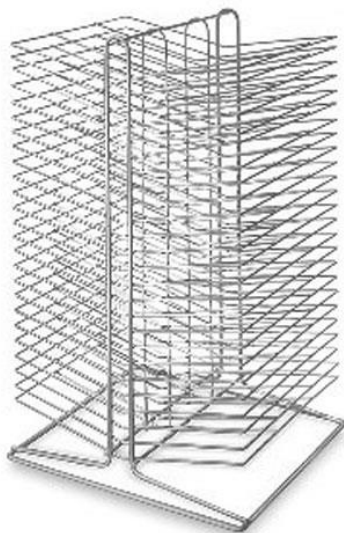
Slika 7. Aluminijsko gumeni raketel [13]
(Izvor: <http://unoelite.rs>)

2.7. Sitotiskarsko bojilo

Bojilo za sitotisak se priprema neposredno prije tiska. Ako je potrebno u originalno gusto bojilo dodaje se voda ili razrjeđivač koji reguliraju viskoznost. Bojilo ne smije biti pregusto jer tada nije moguće ravnomjerno ga nanijeti preko tiskovnih elemenata. U bojila se još mogu dodavati ubrzivači sušenja, usporivači te lakovi za površinsko lakiranje. Pravilna viskoznost je najvažniji kriterij koji mora zadovoljavati sitotiskarsko bojilo. Ono utječe na prolaz bojila kroz tiskovne elemente, brzinu tiska, debljinu nanosa bojila na tiskovnoj podlozi, oštrinu rubova na otisku te nanašanje boje na boju. Također tiskarsko bojilo treba biti prilagođeno materijalu na koji se tiska. [7]

2.8. Sušenje otisaka u sitotisku

Sitotisak daje vrlo jasne otiske s visokim stupnjem zasićenosti, odnosno gamut boja otisaka sitotiskom je vrlo velik. To je posljedica debelih nanosa bojila koji se otiskuju tehnikom sitotiska. Debljine nanosa bojila u sitotisku su desetak pa i više puta veće od debljine nanosa bojila naprimjer u ofsetu. U specijalnim slučajevima danas su mogući tako debeli nanosi bojila na otisku da se sitotiskom može otiskivati Brailleovo pismo. Deblji slojevi bojila na podlozi se teže suše, potrebno je više vremena za sušenje. Da bi skratili vrijeme sušenja, osim intervencija u samim sustavima bojila, odabiremo posebne postupke koji ubrzavaju proces sušenja. Tiska se bojilima koja su uz povišenu temperaturu tekućine te se za takav tisak koriste metalna sita koja se također mogu zagrijavati. Kada toplo rastopljeno bojilo sjedne na hladnu tiskovnu podlogu većeg toplinskog kapaciteta, bojilo se trenutačno ohladi i pretvori u krutinu. Kad se otiskuju veće količine otisaka u sitotisku brzina sušenja nije dovoljna pa se na kraju procesa treba posebno intervenirati u sušenje. Za male naklade koriste se police na koje se odlažu otisci. Police su gusto naslagane, ali sa dovoljnim razmakom da oko otisaka struji zrak (Slika 8.). [3]



Slika 8. Metalne rešetke za sušenje otisaka [14]

(Izvor: <http://www.utrechtart.com>)

Police su najčešće od metalnih rešetki koje omogućavaju pristup zraku sa svih strana. Industrijska proizvodnja većih naklada zahtijeva brže sušenje. Za sušenje u takvim uređajima prijeko je potrebna potrošnja energije. Veliki broj takvih uređaja koristi strujanje toploga zraka preko otiska.

2.9. Procesi tiska u sitotisku

Strojevi za sitotisk mogu biti neautomatizirani, poluautomati i automati. Svi ti strojevi koriste jedno od sljedećih načela procesa otiskivanja, a to je protiskivanje bojila kroz otvorene očiće sita (tiskovne elemente) dok zatvorene očiće kroz koje se ne može protisnuti bojilo predstavljaju slobodne površine na otisku. Razlika između automatskih i poluautomatskih strojeva je ta što automatski strojevi traže minimalnu uključenost čovjeka u njegov rad, dok poluautomatski iziskuju poveću uključenost čovjeka u njegov rad. Za primjer neautomatiziranog sitotiskarskog stroja možemo uzeti karusel. Princip otiskivanja na tom stroju je takav da se majica položi na podlogu, a sita se izmjenjuju ovisno o broju boja koje želimo otisnuti (jedno sito, jedna boja). Ljudi ga najčešće posjeduju jer spada među jeftinije sitotiskarske strojeve. U uporabi su i poluautomatski strojevi za sitotisk, njih karakterizira: pneumatsko zatvaranje sita i rakela, koordinatni vakumski stol, elektronička regulacija brzine i temperature te niskovalne IR lampe. U automatske strojeve za sitotisk spada rotacioni sitotisk. On koristi mrežu od čelične legure koja formira šuplji cilindar. Boja i nož za skidanje boje nalaze se u tom šupljem cilindru, a sam princip nam omogućuje kontinuirano tiskanje. [3]

2.10. Tekstilni materijali

Tekstil je naziv za vlakna i sve proizvode načinjene od njih bilo kojom tehnologijom prerađivanja, pređenjem, tkanjem, pletenjem, čipkanjem, pustenjem, iglanjem i drugim suvremenim tehnologijama. [15]

2.10.1. Pamuk

Pamuk je najšire i najviše upotrebljavano tekstilno vlakno te jedna od najvažnijih sirovina za izradu tekstilija za raznovrsnu upotrebu. Unatoč razvitku brojnih novih vrsta vlakana izvrsnih svojstava ljudi diljem svijeta i dalje oblače ugodnu pamučnu odjeću. S proizvodnjom od oko 19,32 milijuna t/god u ukupnoj svjetskoj proizvodnji i potrošnji vlakana pamuk učestvuje s oko 36%, dok je unutar skupine prirodnih vlakana zastupljen sa 74,3%. Povijesni izvori govore da najstariji pamučni tekstil potječe čak iz vremena oko 5800. g. pr. Kr. U to su vrijeme datirani ostaci pamučnih čakura i tekstila pronađeni u jednom nalazištu na tlu današnjeg Meksika. Danas se pamuk uzgaja u oko 75 zemalja, a najveći proizvođači su Kina, SAD, Indija, Pakistan, Uzbekistan i Turska. Tih 6 zemalja proizvodi oko $\frac{3}{4}$ ukupne količine pamuka u svijetu. [15]

2.10.1.1. Vrste pamuka

Znanstvenici su identificirali oko 40 vrsta pamučnih biljaka. Sve pripadaju rodu *Gossypium*, porodici Malvaceae, a samo su 4 vrste kultivirane za uzgoj s ciljem dobivanja vlakana.

To su:

- *Gossypium hirsutum*
- *Gossypium barbadense*
- *Gossypium herbaceum*
- *Gossypium arboreum*

Iz jedne sjemenke izrasta oko 2000 do 7000 vlakana. Sva vlakna u jednoj čahuri ne narastu do jednake duljine, a niti ne zriju do jednakog stupnja zrelosti.



Slika 9. Otvorena čahura pamuka [8]

(Izvor: <http://www.biovitalis.hr>)

Po sazrijevanju i otvaranju čahura (Slika 9.) loptice pamučnih vlakana se sabiru. Nakon berbe vlakna je potrebno odvojiti od sjemenaka, što se obavlja strojevima koji se zovu egrenaljke, a postupak egreniranja. Nakon odvajanja dugih vlakana na sjemenci zaostaju kratka vlakna (do 3mm) koja se nazivaju linters. Ta su vlakna prekratka za preradu u pređu pa se upotrebljavaju za izradu netkanog tekstila, za industrijske i medicinske vate ili se prerađuju u tehničku celulozu iz koje se ispredaju umjetna celulozna vlakna. Egreniranjem sirovog pamuka dobiva se oko 33% vlakana za tekstilne svrhe, oko 2% otpadnih vlakana, a ostatak otpada na sjemenke koje se prerađuju u uljne pogače za stočnu ishranu ili proizvodnju ulja. Nakon egreniranja slijedi čišćenje pamuka od ostatka čahura, lišća i sličnih nečistoća te pakiranje u bale. Zbog velikog volumena pamučnih vlakana u rastresitom stanju, određena masa vlakana oblikuje se u balu prešanjem, bale se zaštićuju jutenom tkaninom i stežu čeličnim trakama. [15]

2.10.1.2. Svojstva pamučnih vlakana

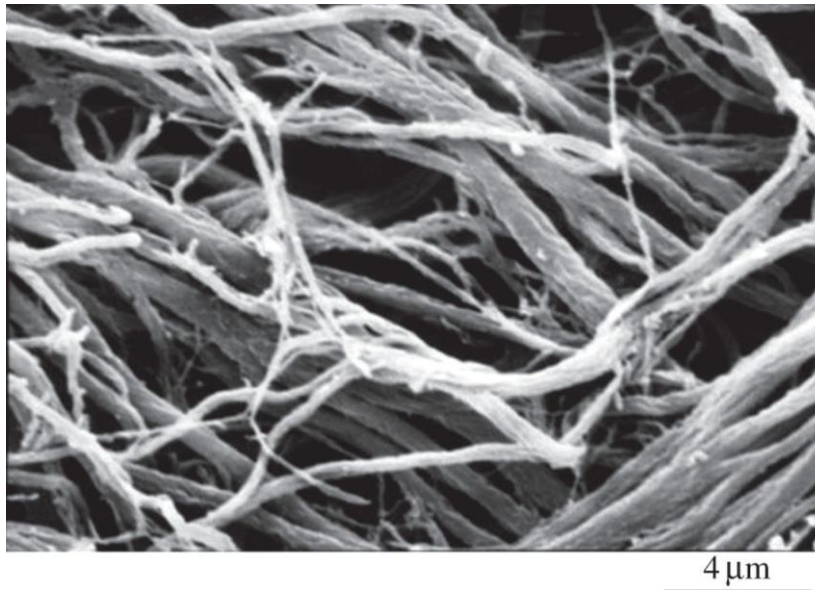
Pamučna vlakna pretežito su bijela odnosno blijedo žućkasta. Bjelina pamuka ovisi o vrsti, zrelosti i klimatskim uvjetima u kojima je biljka rasla. Bijeli pamuk je zdravi, zreli i kvalitetan pamuk, a odstupanja od bijelog znače i smanjenu kvalitetu. Pamučna vlakna su relativno kratka. Duljina vlakana dobivenih od raznih vrsta pamuka je različita, također duljina vlakana unutar jedne vrste pamuka je različita. Poželjno je da nejednolikost duljine vlakana bude što manja jer se takva vlakna lakše prerađuju u pređu. Važno je da količina vrlo kratkih vlakana bude što manja jer vlakna čija je duljina manja od granične izazivaju teškoće u pređenju te se iste moraju odstraniti prije pređenja. Pamučna vlakna su poćenito uzevši fina vlakna. Pamučna vlakna su dovoljno čvrsta za vrlo raznovrsne tekstilne primjene, premda čvrstoća značajno ovisno o vrsti pamuka. Relativno je otporno na deformaciju. Vlakno je higroskopsko, u prostoriji od 100% relativne vlažnosti zraka pamučno vlakno apsorbira 25 do 27% vlage. Hidrofilnost pamuka se povećava nakon iskuhavanja i bijeljenja. Gustoća vlakna iznosi 1,53 do 1,55 g/cm³ i po toj vrijednosti se pamuk ubraja u vlakna srednjih gustoća. Lako gori i zapaljeno održava gorenje izvan direktnog plamena. U određenim uvjetima na vlaknu se mogu razvijati gljivice, plijesni i bakterije koje ga pritom oštećuju. Na mikroorganizme je naročito osjetlji sirovi pamuk zbog raznih popratnih tvari na vlaknu. Pamučna vlakna izlaganjem UV zrakama s vremenom gube na čvrstoći. Općenito se može reći da je postojanost pamučnih vlakana na starenje vrlo dobra. Ponašanje pamučnih vlakana pri djelovanju raznih kemikalija prvenstveno je određeno otpornošću celuloze na razna kemijska svojstva, može se istaknuti relativno dobra otpornost prema alkalijama i organskim otapalima, a manja prema anorganskim kiselinama. [15]

2.10.2. Elastanska vlakna

Elastanska vlakna se definiraju kao vlakna koja su pretežito građena od segmentiranog poliuretana (najmanje 85%) pa su prije bila poznata kao poliuretanska vlakna. Pripadaju skupini elastomernih vlakana te postoji zahtjev za izvrsnom rastezljivošću i elastičnim oporavkom nakon rastezanja. Vlakna se nakon rastezanja na trostruku duljinu, po prestanku djelovanja sile rastezanja, moraju vratiti na početnu duljinu. Pojedini tipovi elastanskih vlakana mogu se rastegnuti na sedmerostruku duljinu bez trajne deformacije. Upotreba elastanskih vlakana u području tekstila se širi te su vrlo poželjni mali udjeli elastana u raznim odjevnim predmetima jer pridonose elastičnosti i stabilnosti oblika odjeće tijekom njezine primjene. [15]

2.10.2.1. Svojstva elastana

Elastanska vlakna (Slika 10.) se pretežito proizvode kao multifilamentna pređa, ali i kao relativno grubi monofilamenti. Izgled im je sličan gumenim nitima, presjek je kružan ili poput piškote, ovisno o uvjetima ispredanja tj. skrućivanja niti. Nakon izlaska iz komore za ispredanje vlakna su ljepljiva pa se pojedini filamenti pri udruživanju u pređu mjestimično slijepe. Vlakna su gotovo potpuno bijela, otporna su na znoj, masnoće i kozmetičke preparate te se mogu dobro održavati pranjem. Otporna su na većinu kiselina i sredstava za kemijsko čišćenje, ali su osjetljiva na vruće lužine. Otporna su na sunčevo svjetlo i mikroorganizme. Imaju dobru otpornost na toplinu, gustoća vlakana iznosi $1,15\text{g/cm}^3$, relativno su lagana te u standardnoj atmosferi upiju 1,0 do 1,3% vlage. [15]



Slika 10. Mikroskopski izgled elastanskog vlakna [9]
(Izvor: <http://rsfs.royalsocietypublishing.org>)

2.10.3. Poliester

Poliesterska vlakna su građena od linearnih poliesterskih makromolekula u kojima je maseni udio estera tereftalne kiseline i nekog dialkohola najmanje 85%. Prisustvo esterskih veza je karakteristično za makromolekule koje izgrađuju ova vlakna. One povezuju konstitucijske jedinice i po kojima je i cijela skupina dobila naziv poliesterska vlakna. Međunarodna kratica za poliesterska vlakna je PES. Najveći dio poliesterskih vlakana je po kemijskoj građi poli(etilentereftalat), a kratica za taj polimer i vlakno načinjeno od njega je PET. Po proizvodnim kapacitetima i po potrošnji na svjetskoj razini poliesterska vlakna dominiraju na 1. mjestu u skupini umjetnih vlakana.

Poliesterski polimeri za proizvodnju vlakana dobivaju se stupnjevitom polimerizacijom tj. poliestifikacijom iz dikarboksilne kiseline i dialkohola, a pritom se najčešće koriste: tereftalatna kiselina, dimetiltereftalat, 1,2-etandiol, 1,4-butandiol, 1,4-cikloheksandimetilol. Ovisno o monomerima koji se koriste dobivaju se različiti poliesterski polimeri koji se razlikuju po kemijskoj građi makromolekula. Sve vrste poliesterskih polimera su termoplastični i taljivi

polimeri, pa se vlakna ispredaju postupkom iz taline na temperaturi između 290-315 °C. Nakon ekstruzije se oblikovana pojedinačna vlakna s iste mlaznice, zračnim hlađenjem trenutačno skrute te se nakon nanošenja preparacija i vlaženja udružuju u filamentnu pređu uz istodobno lagano uvijanje. U proizvodnji vlasastih vlakana, više tisuća filamenata koji dolaze iz više mlaznica udružuje se u snop (kabel), koji se u liniji vlakana reže u vlasasta vlakna željene duljine. Svježe ispredena vlakna obično nemaju zadovoljavajuća svojstva pa se naknadno podvrgavaju nizu obrada kao što su istežanje, termofiksiranje, kovrčanje, aviviranje i dr. koje će se obrade koristiti ovisi prvenstveno o brzini ispredanja vlakana i predviđenoj namjeni vlakna. [15]

2.10.3.1. Svojstva poliestera

Poliester kao tkanina se koristi za proizvodnju raznih vrsta odjeće. Poliesterske tkanine pružaju određenu prednost u odnosu na prirodne tkanine, poboljšana je otpornost, trajnost i zadržavanje boje. Poliesterska vlakna se ponekad koriste zajedno s prirodnim vlaknima za proizvodnju tkanine sa poboljšanim svojstvima, većom otpornošću na vodu, vjetar i sl.

Unatoč velikoj raznolikosti brojnih tipova poliesterskih vlakana, mogu se istaknuti neka zajednička svojstva. Poliesterska vlakna imaju izvrsna mehanička svojstva, čvrstoća im se gotovo ne smanjuje ni u mokrom stanju. Tako tekstilije od poliestera imaju dobru dimenzijsku stabilnost, slabu sklonost gužvanju. Vlakna su otpornija na habanje od većine drugih umjetnih i prirodnih vlakana. Vrlo slabo upijaju vodu i vlagu iz zraka te se iz tog razloga teško boje pa su za bojenje razvijeni posebni postupci uz primjenu disperznih bojila. Mala sposobnost upijanja vlage i zadržavanja vode omogućuje lako pranje te sušenje proizvoda. Kemijska otpornost vlakana osobito prema kiselinama je vrlo dobra, odlično podnose sredstva koja se upotrebljavaju za kemijsko čišćenje. Termička otpornost poliesterskih vlakana je vrlo dobra. Vlakna i odjeća od PES vlakana mogu se termofiksirati na temperaturi od 210-220°C i na taj način trajno stabilizirati u željenom obliku. U plamenu vlakna brzo gore, a nastavljaju gorjeti i nakon vađenja iz plamena. PES vlakna su otporna na UV zračenje, ali tijekom

duljeg izlaganja sunčevoj svjetlosti može doći do degradacije uz kemijske promjene. Otporna su na mikroorganizme, naročito prema djelovanju bakterija. [15]

4. Prirast RTV

Kvaliteta reprodukcije u suvremenoj grafičkoj tehnologiji vezana je uz dosljednu i ponovljivu reprodukciju rasterskih elemenata. Za vrijeme proizvodnog procesa dolazi do promjene u veličini rasterskih elemenata koja može rezultirati pomacima u tonu i obojenju. Postoje različiti faktori koji utječu na prijenos rastertonskih vrijednosti te mogu uzrokovati deformaciju rasterskog elementa. Najjednostavniji način kontrole je mjerenje prirasta RTV. RTV je neizbježna pojava koja se uvijek pojavljuje te se nastoji kompenzirati i standardizirati u tiskovnom procesu.

Prirast RTV (engl. Dot Gain, Tonal Value Increase) se u toku tiska nikada u potpunosti ne kompenzira jer će rezultirati presvijetlom reprodukcijom. Presvijetla reprodukcija ne odgovara percepciji ljudskog oka koje očekuje da vidi tamniju reprodukciju sa većim kontrastom. [16]

Veličina rasterskog elementa (rastertonska vrijednost RTV) može se izraziti kao postotak pokrivenosti jedinične površine rasterskog elementa, 40% rastertonska vrijednost označava takvu veličinu rasterskog elementa da njihova površina zauzima 40% jedinične površine. Veličina rasterskog elementa se može izraziti i kao integralna gustoća obojenja. Konkretno prirast rastertonskih vrijednosti se odnosi na povećanje stvarne, otisnute pokrivenosti u odnosu na teorijsku pokrivenost. Kako bi se prirast RTV predvidio i umanjio potrebno je ustanoviti vrijednosti prirasta rastertonskih vrijednosti. Promjene kod prijenosa tonskih vrijednosti moraju se uzeti u obzir kod separacije boja i izrade filma. Kod standardne pozitivne kopije prilikom snimanja na tiskovnu formu, rasterske točkice koje nastaju moraju biti nešto manje nego na originalu, jer kod tiska u standardnim uvjetima dolazi do njezina povećanja. Promjena linijature rastera također utječe na prirast rasterskog elementa, primjerice veća linijatura uzrokuje

i veći prirast RTV-a. Kako bi se dobila stvarna rastertonska vrijednost određenog polja potrebno je, pomoću mjernog uređaja, izmjeriti gustoću obojenja polja koje se mjeri i gustoću obojenja punog polja. Tada se pomoću Murray–Davies (Jednadžba 1) formule izračunava stvarna rastertonska vrijednost:

(1)

$$Fr = \frac{1 - 10^{-D_R}}{1 - 10^{-D_{PP}}} \times 100\%$$

Fr – stvarna rastertonska vrijednost

D_R - gustoća obojenja mjernog polja

D_{PP} – Gustoća obojenja punog polja

(2)

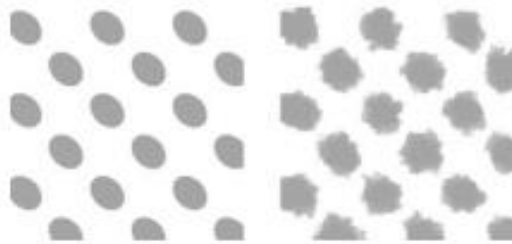
$$DG = F (mj) - Fr$$

DG – Dot Gain – Prirast RTV

F (mj) – Mjerena pokrivenost

Fr – Stvarna pokrivenost

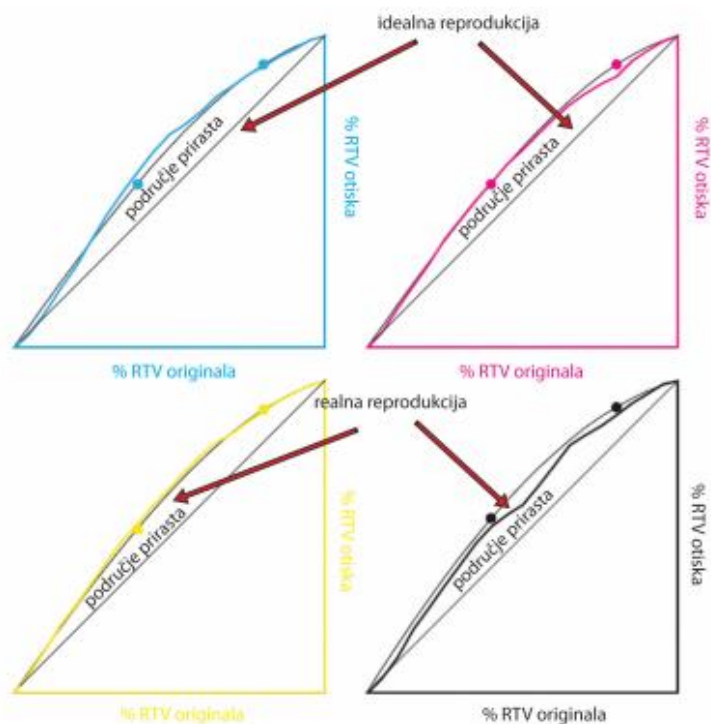
Prirast RTV se izračunava oduzimanjem vrijednosti stvarne pokrivenosti od mjerene pokrivenosti. (Jednadžba 2, slika 11.)



Slika 11. Vizualni prikaz prirasta rastertonske vrijednosti

Slika lijevo – stvarna pokrivenost, slika desno – mjerena pokrivenost

Kvalitetan otisak podrazumjeva što manju toleranciju prirasta rastertonskih vrijednosti, manji prirast podrazumijeva reprodukciju što sličniju originalu. Kako bi se kvalitetno prezentirale karakteristike prirasta RTV-a u tiskovnom sistemu, potrebno je prikazati krivulje prirasta za svaku osnovnu boju tiska (Slika 12.) [18]

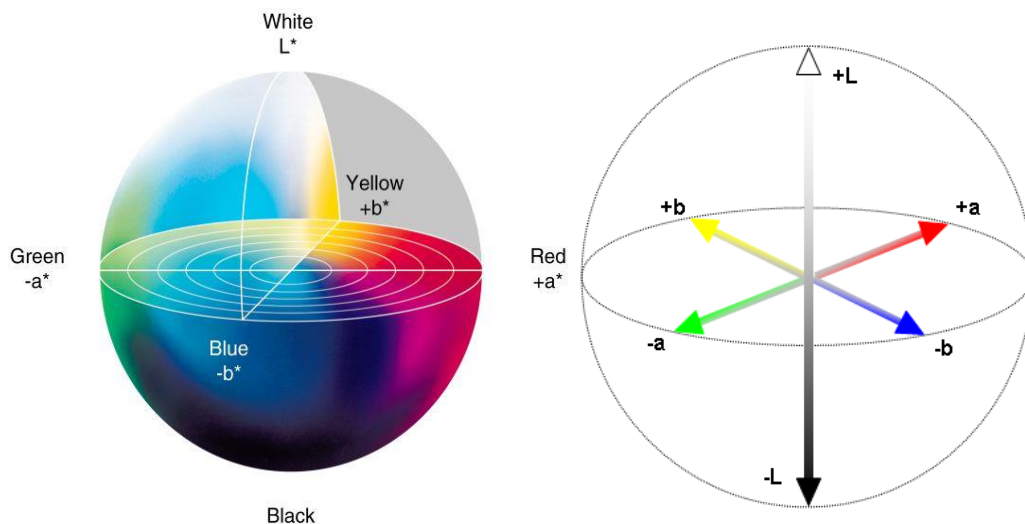


Slika 12. Pojedinačne krivulje realne i idealne reprodukcije osnovnih boja CMYKa [17]

(Izvor: <http://repro.grf.unizg.hr>)

5. Kolorimetrijske vrijednosti otiska

Kontrola kvalitete otisaka u grafičkoj industriji vrlo često se provodi pomoću prostora boja, a neki od njih su *CIE XYZ*, *CIE LUV*, *CIE L*a*b** itd. Za prikazivanje kolorimetrijskih vrijednosti laboratorijskih otisaka najčešće se koristi *CIE L*a*b** prostor boja te se pomoću Euklidove razlike između boja (ΔE) definira odstupanje boja uzrokovano određenim uvjetima. Za mjerenje kolorimetrijskih vrijednosti otisaka najčešće se koriste mjerni instrumenti poput spektrofotometra i kolorimetra. CIE (fra. „*Comission Internationale de l'Eclairage*“) je internacionalna komisija za osvjetljenje i utemeljitelj znanosti o boji, razumijevanju nastanka boje, njenog instrumentalnog mjerenja i brojčanog vrednovanja. *CIE L*a*b** prostor boja (Slika 13.) temeljen je na objektivnom vrednovanju boja i najbliži je vizualnoj percepciji. Sastoji se od koordinatnog sustava s tri koordinate (x, y i z) gdje x -koordinata predstavlja vrijednost a^* , y -koordinata vrijednost L^* , a z -koordinata vrijednost b^* . Vrijednost L^* ima raspon od 0 do 100, gdje 0 označava crni, a 100 bijeli ton boje, te prema tome ta koordinata prikazuje svjetlinu (engl. "*lightness*"). Vrijednost a^* u negativnom dijelu koordinatne osi označava zeleni ton ($-a^*$), a u pozitivnom dijelu crveni ton boje ($+a^*$), dok vrijednost b^* u negativnom dijelu prikazuje plavi ton ($-b^*$), a u pozitivnom dijelu osi žuti ton boje ($+b^*$) [19].



Slika 13. Trodimenzionalni prikaz CIE $L^*a^*b^*$ prostora boja [20]

(Izvor: <http://www.codeproject.com>)

Pomicanjem boje od ishodišta prema rubu sustava, njena kromatičnost raste. Kromatičnost boje, C^* , dana je kao udaljenost između položaja boje i ishodišta. Promjene u obojenju pojedine boje ili razlike u obojenju između dvije boje izražavaju se kolorimetrijskom, odnosno Euklidovom razlikom između boja. Euklidova razlika boja (ΔE) je ukupna kolorimetrijska razlika između dvije boje u CIE $L^*a^*b^*$ sustavu boja. Definira se kao razlika između koordinata za dva položaja boja, odnosno referentnog i uspoređivanog položaja. Izračunava se kao srednja vrijednost razlika između L^* , a^* i b^* , odnosno L^* , c^* i H^* vrijednosti standarda (referentna vrijednost) i vrijednosti izmjerene na uzorku (uspoređivana vrijednost).

Sa stajališta kontrole kvalitete u grafičkoj tehnologiji, kolorimetrijska razlika definira kvalitetu reprodukcije, odnosno prikazuje odstupanje reprodukcije od originala ili odstupanje referente od uspoređivane vrijednosti. Jednostavno ocjenjivanje odstupanja boja može se provesti na temelju vrijednosti kolorimetrijske razlike na osnovu kriterija koje prikazuje Tablica 2.

Tablica 2. Vrijednosti i tolerancije Euklidove razlike boja

Vrijednost Euklidove razlike boja	Tolerancija
< 1	Prosječno ljudsko oko ne vidi razliku
1 - 2	Vrlo mala razlika - optimalno
2 – 3,5	Umjerena razlika
3,5 - 5	Razlika
> 5	Velika razlika

3. EKSPERIMENTALNI DIO

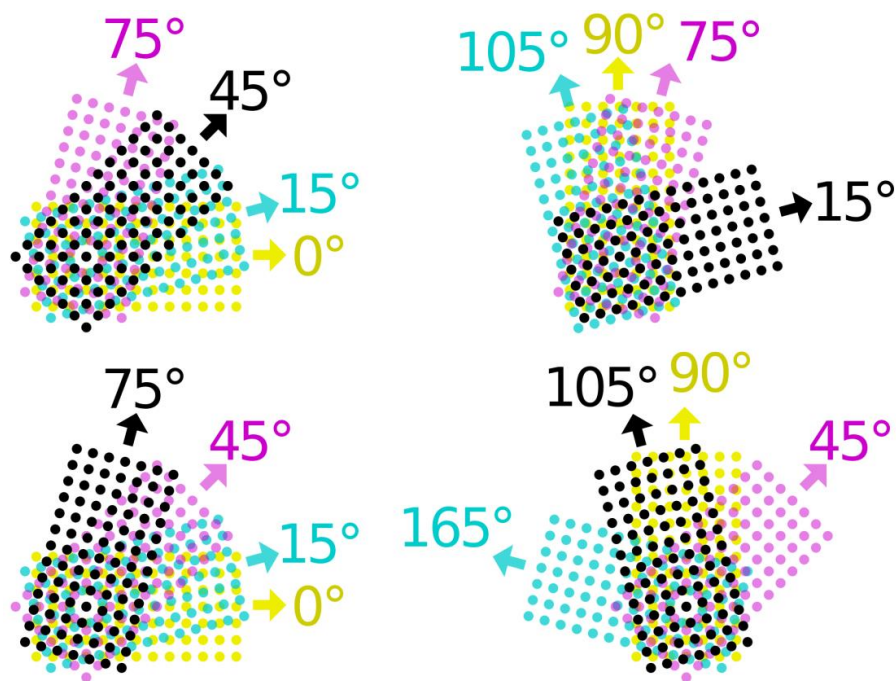
3.1. Plan rada i cilj istraživanja

U radu se analiziraju otisci na tkaninama od pamuka, pamuka s elastičnom i poliestera otisnuti tehnikom sitotiska. Kvaliteta reprodukcije na tekstilnim materijalima ovisi o sirovinskom sastavu, tkanju te načinu na koji je obrađena sama površina materijala te se pretpostavlja da različite tekstilne podloge neće imati jednaku kvalitetu i postojanost otisaka. Cilj diplomskog rada je istražiti utjecaj različitih tekstilnih podloga na kvalitetu otiska kako bi se potvrdila pretpostavka da različite tekstilne podloge, različitog sirovinskog sastava, neće dati jednaku kvalitetu i postojanost otiska. Na otiscima su rađena spektrofotometrijska i denzitometrijska mjerenja. Također otisci su uspoređivani i vizualnom metodom prosječnog promatrača. Na osnovi svih mjerenja i dobivenih rezultata napravljen je zaključak o kvaliteti kolor otisaka na tekstilnim podlogama.

3.2. Reprodukција fotografije u sitotisku

Proces započinje računalnom obradom, izradom PDF predloška za probno otiskivanje. Kao i kod svake tehnike tiska, tako i u sitotisku, rezolucija fotografija u pripremi treba biti 300 dpi (dots per inch).

Također potrebno je napraviti potrebne separacije boja te kut rastriranja koji je najbitniji korak prilikom rastriranja svake boje (Slika 14.). Kada se uspostavi balans između linijature rastera fotografije i linijature mrežice na situ tada je priprema fotografije gotova i spremna za ispis na film.



Slika 14. Kutevi rastriranja u CMYKu [21]

(Izvor: <https://en.wikipedia.org>)

3.3. Otiskivanje

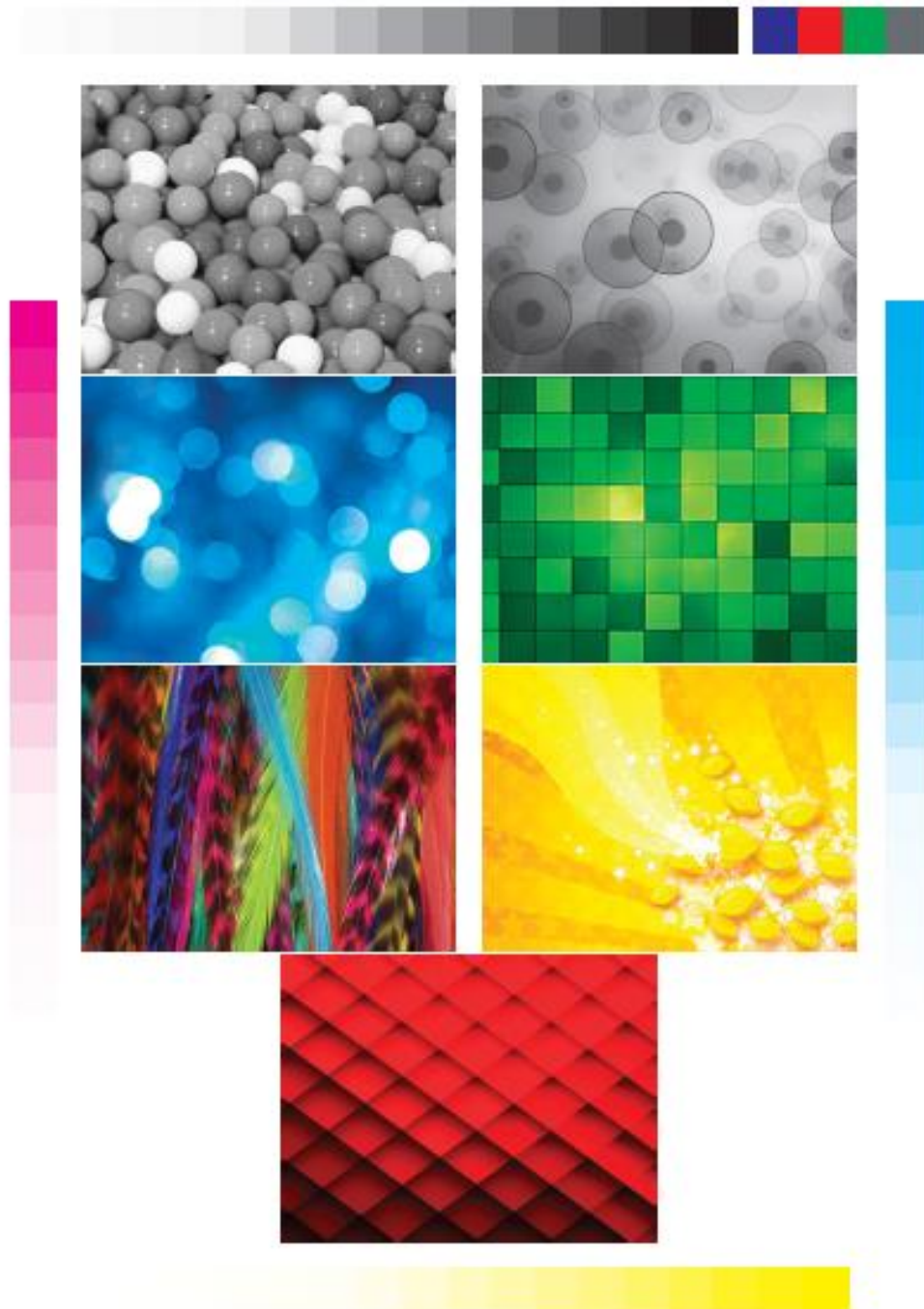
Mrežice za sito mogu biti različite linijature, zavisno o materijalu na koji se otiskuje i od samog bojila, a na tržištu se mogu naći mrežice sa: 15, 35, 43, 77,

90, 120, 160, 200 niti po kvadratnom centimetru. U tisku se koristilo svileno sito linijature 120 niti po kvadratnom centimetru koje je prethodno potrebno odmastiti odgovarajućim kemikalijama te nakon toga nanijeti fotoosjetljivi sloj. Koristi se negativski fotoosjetljivi sloj koji nakon osvjetljavanja postaje netopiv u vodi. Nakon sušenja sito je spremno za upotrebu. Kod višebojnog sitotiska koristi se uređaj koji se naziva karusel te je na njemu moguće otisnuti od 2 do 6 pa čak i više boja. Karuseli su neautomatizirani rotacioni strojevi. Princip otiskivanja je takav da se tkanina položi na podlogu, a sita se izmjenjuju ovisno o broju boja koje želimo otisnuti (jedno sito, jedna boja). Uređaj karusel prikazan je na slici 15.



Slika 15. Tehnologija Karusel [22]
(Izvor: <http://www.adriascreen-tiskara.hr>)

Prilikom izrade predloška za mjerenje, formirano je 10 polja veličine 10 x 10 mm. Gustoća obojenja prvog polja je 10% određene boje te se za svako sljedeće polje povećava za 10 sve do 100%-tnog obojenja za svaku boju. Napravljeno je po 10 polja za svaku boju CMYK sustava (slika 16.).



Slika 16. Predložak za otiskivanje

3.4. Mjerni uređaji

3.4.1. Denzitometar x – rite 508

Denzitometar je uređaj koji mjeri faktor refleksije ili transmisije, odnosno omjer između upadnog svjetla usmjerenog na uzorak i reflektiranog ili propuštenog svjetla koji dođe do fotoćelije u uređaju (slika). Na osnovi dobivenih informacija, denzitometar izračunava optičku gustoću (D), izraženu u obliku logaritamskih vrijednosti. Optička gustoća matematički se definira kao logaritamska vrijednost opaciteta (neprozirnosti). Optička gustoća je stupanj do kojeg materijali apsorbiraju svjetlo. Što je više svjetla apsorbirano, tj. što je manja refleksija ili transparentija površine, optička gustoća je veća. Denzitometri nemaju definirani izvor svjetla te pri mjerenju boja koriste filtere (definiranih karakteristika) komplementarne bojama čije se gustoće mjere. Koriste se filteri boja aditivne sinteze. Za mjerenje optičke gustoće korišten je denzitometar x-rite 508 (Slika17.) [23]



Slika 17. Denzitometar x-rite 508 [24]

(Izvor: <http://www.cmykol.com>)

3.4.2. Spektrofotometar Datacolor CHECK II

Spektrofotometar je uređaj koji mjeri promjene u refleksiji, transmisiji ili zračenju, u intervalima, duž valnih dužina vidljivog dijela spektra (Slika 18.). Kao rezultat mjerenja faktora refleksije ili transmisije u pojedinim valnim područjima (intervalima) dobiva se spektrofotometrijska krivulja. U grafičkoj industriji najčešće se koriste spektrofotometrijske krivulje u valnom području od 350 nm do 750 nm. Rad uređaja temelji se na rastavljanju bijelog svjetla na pojedinačne valne dužine (ili intervale valnih dužina) pomoću monokromatora. Kao monokromator koristi se prizma ili optička rešetka. Pojedinačnim valnim dužinama izdvojenim monokromatorom, osvjetljava se ispitivani uzorak boje i bijeli standard. Postupak se provodi redom s monokromatskim svjetlima duž čitavog spektra. Reflektirano svjetlo dolazi do fotoćelije, koja ih pretvara u električne impulse. Impulsi se dalje preračunavaju tako da se na skali mogu očitati faktor refleksije ili transmisije, pri određenoj valnoj dužini, u odnosu na bijeli standard. Kao grafički prikaz mjerenja dobije se spektrofotometrijska krivulja. Suvremeni spektrofotometri sadrže informacije o CIE standardnom promatraču, krivuljama spektralne emisije za mnoge standardne izvore svjetla i mikroračunalo za izračunavanje CIE tristimulusnih vrijednosti. Na temelju CIE koordinata koje se mogu izračunati za boje pod različitim izvorima svjetla, može se predvidjeti koji će izvori svjetla dovesti do pojave metamerije. [23]



Slika 18. Spektrofotometar Datacolor CHECK II [25]

(Izvor: <http://www.tec-color.com>)

4. REZULTATI I RASPRAVA

U tablicama (Tablica 1-3) su prikazani rezultati mjerene pokrivenosti RTV-a u odnosu na stvarnu pokrivenost RTV na poljima različite pokrivenosti površine raspona RTV od 0% do 100%. Denzitometrijske vrijednosti na dobivenim otiscima mjerene su X – Rite 508 denzitometrom, uređajem koji mjeri faktor refleksije i transmisije, odnosno faktor između upadnog svjetla usmjerenog na uzorak i reflektiranog ili propuštenog svjetla koji dođe do fotoćelije u uređaju. Na osnovi dobivenih informacija, denzitometar izračunava optičku gustoću (D), izraženu u obliku logaritamskih vrijednosti. Rezultati su mjereni na tekstilnim podlogama: pamuk s elastirom, pamuk i poliester te pomoću navedenih izmjerenih vrijednosti izračunavamo relativni tiskovni kontrast.

Tablica 1. Rezultati mjerene pokrivenosti RTVa (Di) na pamuku s elastirom

RTV	CIJAN	MAGENTA	ŽUTA	CRNA
100%	1,34	1,38	1,49	1,54
90%	1,28	1,32	1,47	1,45
80%	1,21	1,26	1,45	1,44
70%	0,99	1,13	1,41	1,17
60%	0,69	1,00	1,34	0,86
50%	0,48	0,84	1,16	0,55
40%	0,36	0,69	0,95	0,33
30%	0,24	0,58	0,73	0,25
20%	0,12	0,46	0,71	0,13
10%	0,05	0,38	0,50	0,00

Tablica 2. Rezultati mjerene pokrivenosti RTVa (Di) na pamuku

RTV	CIJAN	MAGENTA	ŽUTA	CRNA
100%	1,50	1,31	1,45	1,60
90%	1,41	1,28	1,43	1,57
80%	1,26	1,26	1,40	1,47
70%	0,93	1,23	1,38	1,17
60%	0,57	1,05	1,35	0,86
50%	0,38	0,91	1,27	0,55
40%	0,23	0,82	0,95	0,32
30%	0,19	0,60	0,76	0,21
20%	0,1	0,54	0,50	0,13
10%	0	0,42	0,24	0,06

Tablica 3. Rezultati mjerene pokrivenosti RTVa (Di) na poliesteru

RTV	CIJAN	MAGENTA	ŽUTA	CRNA
100%	1,53	1,53	1,56	1,61
90%	1,36	1,44	1,53	1,57
80%	1,29	1,38	1,51	1,49
70%	1,10	1,25	1,49	1,30
60%	0,74	1,17	1,45	0,92
50%	0,53	0,99	1,36	0,64
40%	0,40	0,86	1,18	0,42
30%	0,28	0,71	1,00	0,32
20%	0,17	0,46	0,81	0,21
10%	0,07	0,22	0,58	0,07

Kako bi se dobila stvarna rastertonska vrijednost određenog polja koristi se Murray-Daviesuova formula

(3)

$$Fr = \frac{1 - 10^{-Dr}}{1 - 10^{-Dpp}} \times 100\%$$

Gdje je Fr stvarna rastertonska vrijednost određenog polja, Dr je gustoća obojenja polja koje se mjeri, a Dpp gustoća obojenja punog polja. Ukupni prirast je razlika Fr stvarne i mjerene pokrivenosti.

U tablicama 4-6 prikazani su rezultati prirasta za tiskovne podloge pamuk s elastinom, pamuk i poliester.

Tablica 4. Pamuk s elastinom – rezultati prirasta RTV-a

RTV	CIJAN	MAGENTA	ŽUTA	CRNA	STANDARD
100%	0,0	0,0	0,0	0,0	
90%	9,3	9,38	9,9	12,2	
85%					8
80%	18,3	18,6	19,7	19,2	
75%					12
70%	24,0	26,6	29,3	26,0	
60%	23,4	33,9	38,6	28,7	14
50%	20,1	39,2	46,2	23,9	13
40%	19,6	43,0	51,8	14,8	
30%	14,5	46,9	54,1	15,0	
25%					7
20%	5,3	48,1	63,2	6,5	
15%					3
10%	1,3	50,8	60,7	0,0	

Tablica 5. Pamuk – rezultati prirasta RTV-a

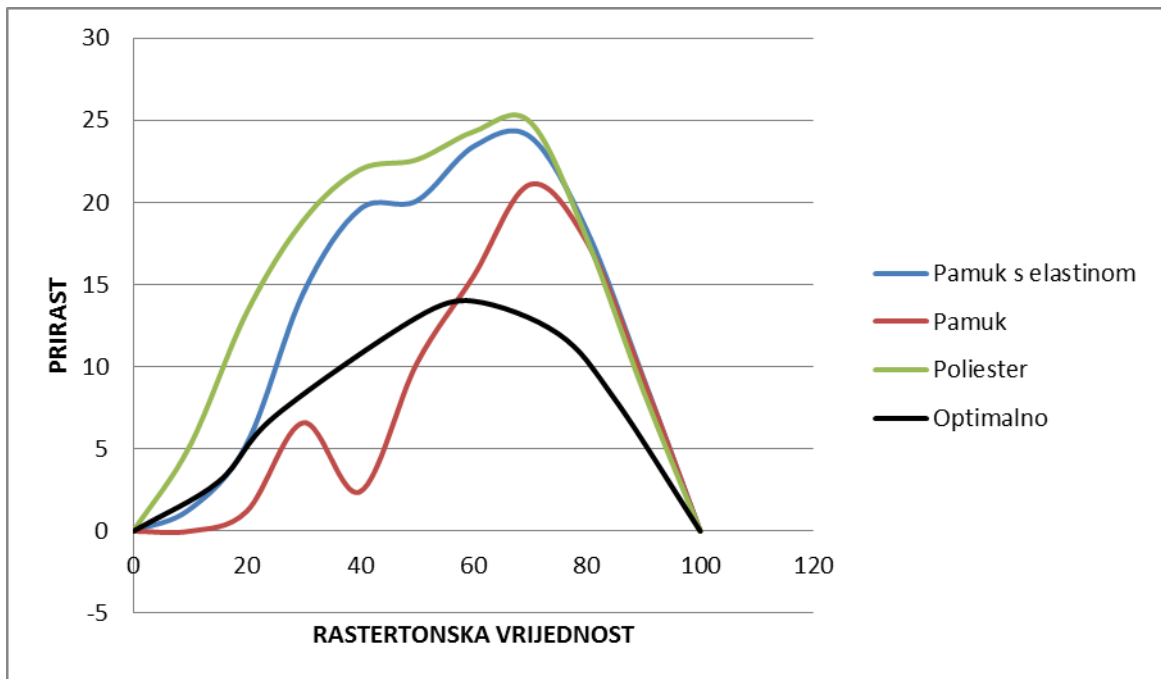
RTV	CIJAN	MAGENTA	ŽUTA	CRNA	STANDARD
100%	0,0	0,0	0,0	0,0	
90%	9,2	9,6	9,8	9,9	
85%					8
80%	17,6	19,3	19,6	19,1	
75%					12
70%	21,1	28,9	29,4	25,7	
60%	15,5	35,7	39,1	28,4	14
50%	10,2	42,2	48,1	23,7	13
40%	2,4	49,2	52,0	13,5	
30%	6,6	48,7	55,7	9,36	
25%					7
20%	1,2	54,8	12,8	6,5	
15%					3
10%	0,0	55,0	34,0	3,2	

Tablica 6. Poliester – rezultati prirasta RTV-a

RTV	CIJAN	MAGENTA	ŽUTA	CRNA	STANDARD
100%	0,0	0,0	0,0	0,0	
90%	8,5	9,3	9,8	9,8	
85%					8
80%	17,8	15,8	19,7	19,2	
75%					12
70%	24,9	27,2	29,5	27,4	
60%	24,3	36,1	39,2	30,3	14
50%	22,6	42,5	48,3	29,0	13
40%	22,0	58,8	56,0	23,5	
30%	18,9	52,9	62,5	23,4	
25%					7
20%	13,3	47,3	66,9	18,3	
15%					3
10%	5,2	30,9	65,8	5,2	

Radi lakšeg razumjevanja i analize rezultata, izrađeni su grafički prikazi rezultata (Slika 19.-22.). Rezultati prikazani u obliku grafova omogućavaju lakšu analizu, a samim time i lakše utvrđivanje nepravilnosti

4.1. Grafički prikaz rezultata prirasta

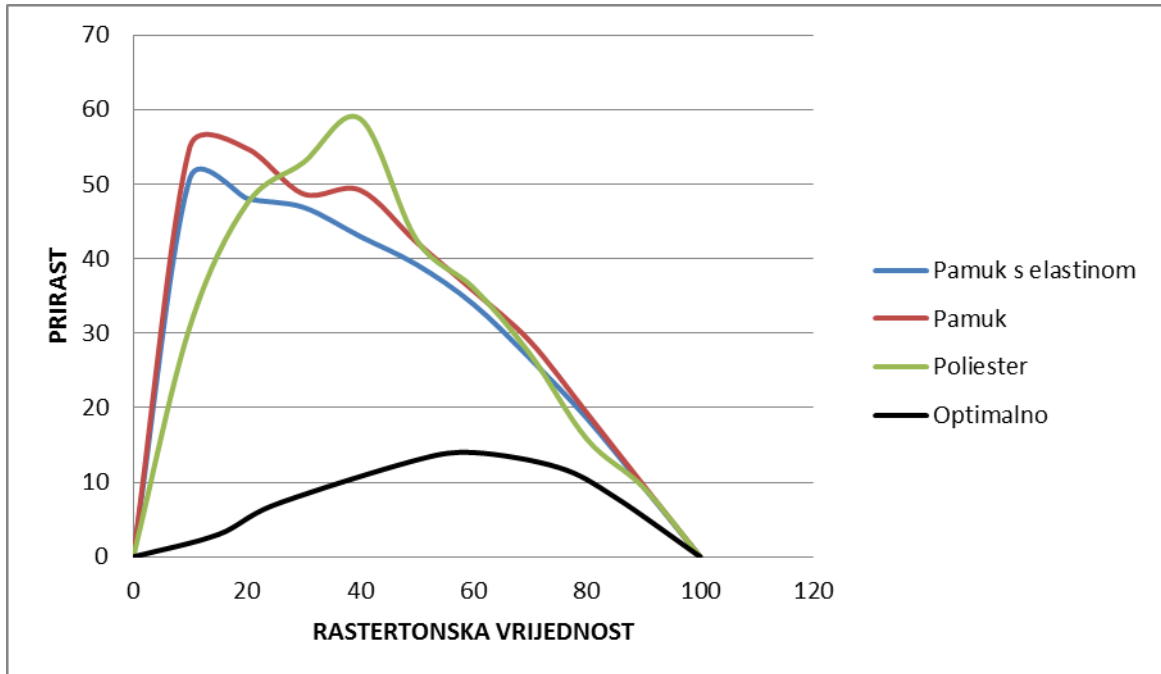


Slika 19. Krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti za cijan boju na materijalima pamuk s elastinom, pamuk i poliester

Na slici 19. prikazane su krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti za cijan boju na materijalima pamuk s elastinom (plava krivulja), pamuk (crvena krivulja) te poliester (zelena krivulja). Crna krivulja prikazuje optimalne rezultate uvrštene prema ISO 12647-5:2001 prema kojoj se radi usporedba sa ostalim krivuljama. ISO standard prikazuje vrijednosti izmjerene na 30cm^{-1} linijskom rasteru dok su otisci rađeni pomoću 40cm^{-1} linijskog rastera te je potrebno uzeti u obzir da su rezultati rastertonskih vrijednosti veći kod većih linijatura rastera.

Na slici 19. može se detektirati veliko odstupanje od idealne reprodukcije tonova. U nižim tonskim vrijednostima odstupanja su nešto niža. Na području od 20-70% RTVa krivulje prirasta za pamuk s elastinom i poliester ekstremno rastu te se nakon maksimalne detekcije odstupanja uočava pad po linearnoj funkciji do područja punog tona. Na području od 30-40% RTVa pojavljuje se neobičan pad krivulje prirasta za pamuk.

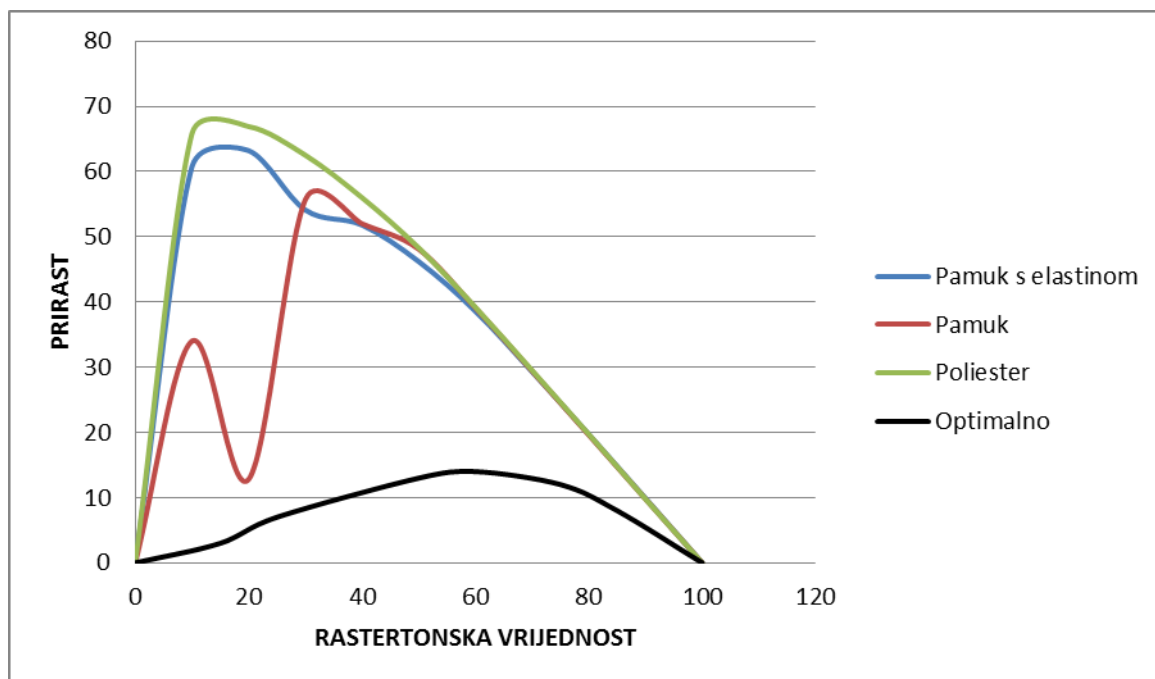
Ukupni prirast rasterskog elementa je prevelik za sve tri ispitivane tiskovne podloge te se kao takav treba korigirati u samoj pripremi.



Slika 20. Krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti za magentu na materijalima pamuk s elastinom, pamuk i poliester

Na slici 20. prikazane su krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti za magentu na materijalima pamuk s elastinom (plava krivulja), pamuk (crvena krivulja) te poliester (zelena krivulja). Crna krivulja prikazuje optimalne rezultate uvrštene prema ISO 12647-5:2001 prema kojoj se radi usporedba sa ostalim krivuljama. ISO standard prikazuje vrijednosti izmjerene na 30cm^{-1} linijskom rasteru dok su otisci rađeni pomoću 40cm^{-1} linijskog rastera te je potrebno uzeti u obzir da su rezultati rastertonskih vrijednosti veći kod većih linijatura rastera.

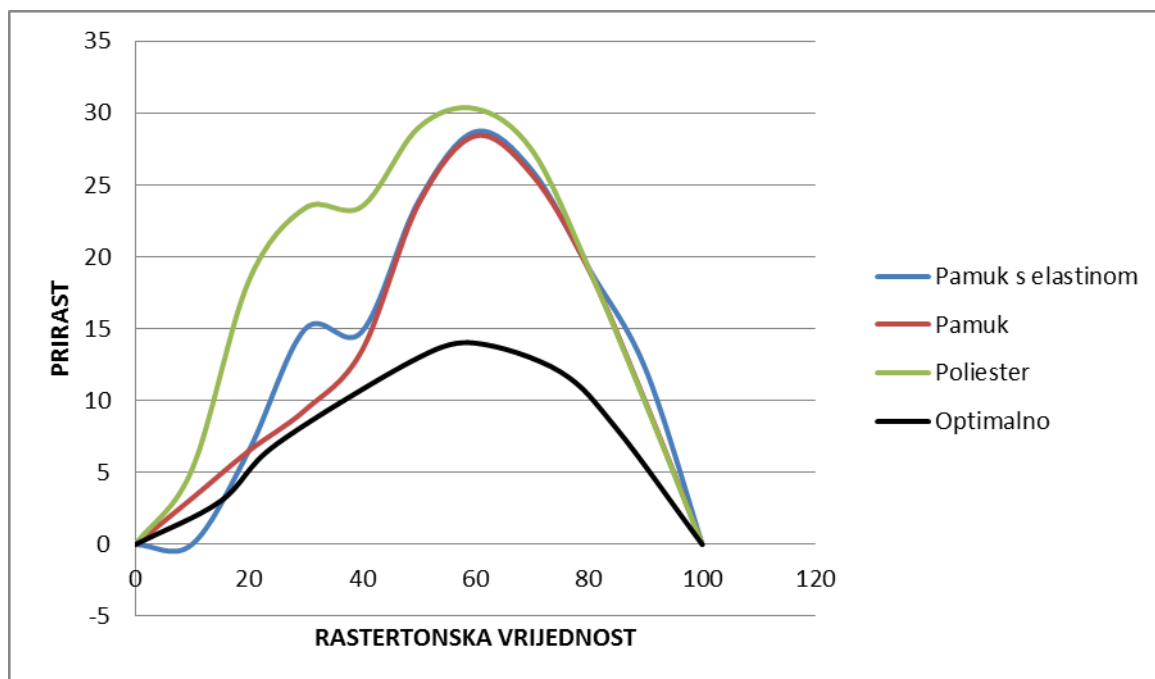
Na slici 20. se uočava ekstremno veliko odstupanje od idealne reprodukcije tonova. Ukupni prirast rasterskog elementa je prevelik za sve tri ispitivane tiskovne podloge te se kao takav treba korigirati u samoj pripremi.



Slika 21. Krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti za žutu na materijalima pamuk s elastinom, pamuk i poliester

Na slici 21. prikazane su krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti za žutu boju na materijalima pamuk s elastinom (plava krivulja), pamuk (crvena krivulja) te poliester (zelena krivulja). Crna krivulja prikazuje optimalne rezultate uvrštene prema ISO 12647-5:2001 prema kojoj se radi usporedba sa ostalim krivuljama. ISO standard prikazuje vrijednosti izmjerene na 30cm^{-1} linijskom rasteru dok su otisci rađeni pomoću 40cm^{-1} linijskog rastera te je potrebno uzeti u obzir da su rezultati rastertonskih vrijednosti veći kod većih linijatura rastera.

Na slici 21. uočava se ekstremno veliko odstupanje od idealne reprodukcije tonova. Ukupni prirast rasterskog elementa je prevelik za sve tri ispitivane tiskovne podloge te se kao takav treba korigirati u samoj pripremi.



Slika 22. Krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti za crnu na materijalima pamuk s elastinom, pamuk i poliester

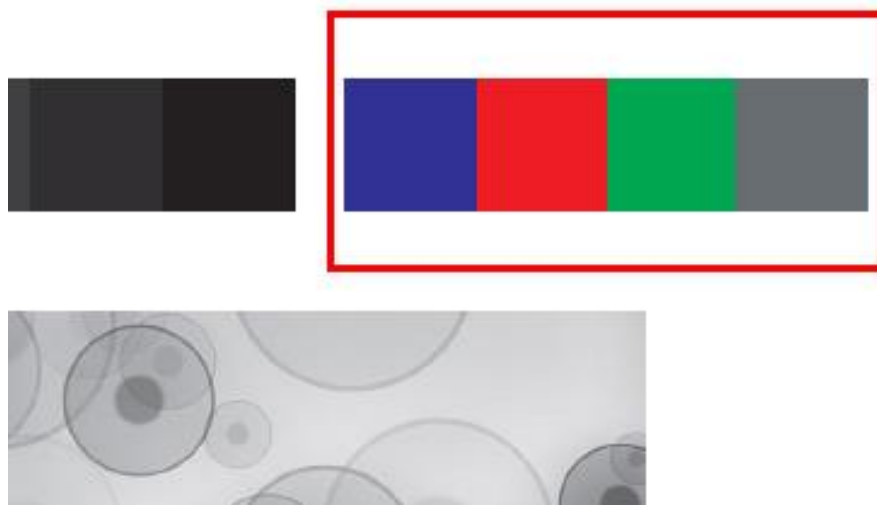
Na slici 22. prikazane su krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti za crnu boju na materijalima pamuk s elastinom (plava krivulja), pamuk (crvena krivulja) te poliester (zelena krivulja). Crna krivulja prikazuje optimalne rezultate uvrštene prema ISO 12647-5:2001 prema kojoj se radi usporedba sa ostalim krivuljama. ISO standard prikazuje vrijednosti izmjerene na 30cm^{-1} linijskom rasteru dok su otisci rađeni pomoću 40cm^{-1} linijskog rastera te je potrebno uzeti u obzir da su rezultati rastertonskih vrijednosti veći kod većih linijatura rastera.

Na slici 22. može se detektirati veliko odstupanje od idealne reprodukcije tonova. U nižim tonskim vrijednostima odstupanja su nešto niža. Na području od 20-70% RTVa krivulje prirasta ekstremno rastu te se nakon maksimalne detekcije odstupanja uočava pad po linearnoj funkciji do područja punog tona. Ukupni prirast rasterskog elementa je prevelik za sve tri ispitivane tiskovne podloge te se kao takav treba korigirati u samoj pripremi.

4.2. Spektrofotometrijska mjerenja

Kolorimetrijske vrijednosti boja mjerene su pomoću spektrofotometra Datacolor CHECK II. Svako polje mjeri se tri puta na materijalima pamuk s elastinom, pamuk i poliester te se kao rezultat uzima srednja vrijednost pojedinog polja za svaku boju.

Na slici 23. su prikazana 4 polja (plava, crvena, zelena, siva) na kojima vršimo spektrofotometrijska mjerenja.



Slika 23. Polja za mjerenje $L^*a^*b^*$ vrijednosti

Rezultati mjerenja prikazani su u tablicama 7-9

Tablica 7. $L^*a^*b^*C^*$ vrijednosti izmjerene na pamuku s elastinom

	Plava	Crvena	Zelena	Siva
L*	33,34	55,75	56,43	43,93
a*	29,74	48,23	-44,76	-7,26
b*	-38,85	47,39	46,36	23,82
C*	48,92	67,61	64,44	24,9

Tablica 8. $L^*a^*b^*C^*$ vrijednosti izmjerene na pamuku

	Plava	Crvena	Zelena	Siva
L*	39,66	62,44	63,09	50,44
a*	33,17	40,57	-44,41	-2,44
b*	-35,46	54,97	51,63	31,69
C*	48,56	68,33	68,11	31,78

Tablica 9. $L^*a^*b^*C^*$ vrijednosti izmjerene na poliesteru

	Plava	Crvena	Zelena	Siva
L*	33,33	53,59	59,59	44,29
a*	21,91	50,53	-42,29	-2,91
b*	-43,39	44,05	51,57	25,88
C*	48,61	67,03	66,69	26,04

4.2.1. Kolorimetrijska razlika boja

Iz dobivenih rezultata izračunavamo ΔE^*_{ab} ukupnu razliku boja (kolorimetrijska razlika) - razlika između dvije boje u CIE sustavu. ΔE^*_{ab} se definira kao euklidska razlika između koordinata za dva položaja boja (referentnog i uspoređivanog). Računa se kao srednja vrijednost razlika između L, a i b vrijednosti standarda (referentna vrijednost) i vrijednosti izmjerene na uzorku (uspoređivana vrijednost). [26]

Jednadžba za izračunavanje ΔE^*_{ab}

(4)

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

$$\Delta L^* = L_1^* - L_2^*$$

$$\Delta a^* = a_1^* - a_2^*$$

$$\Delta b^* = b_1^* - b_2^*$$

Tablica 10. Kolorimetrijska razlika ΔE

	PLAVA	CRVENA	ZELENA	SIVA
PAMUK - PAMUK ELASTIN	7,8	12,6	8,5	11,2
PAMUK - POLIESTER	15,1	17,2	4,0	8,4
PAMUK EL. - POLIESTER	9,0	4,5	6,5	4,8

Kolorimetrijska razlika opisuje kvalitetu reprodukcije. Jednostavno ocjenjivanje odstupanja boja, može se provesti na osnovi vrijednosti kolorimetrijske razlike, prema slijedećim kriterijima [Schläpfer, 1993]:

$\Delta E < 0,2$ razlika boja se ne vidi

$\Delta E = (0,2 - 1)$ razlika boja se primjećuje

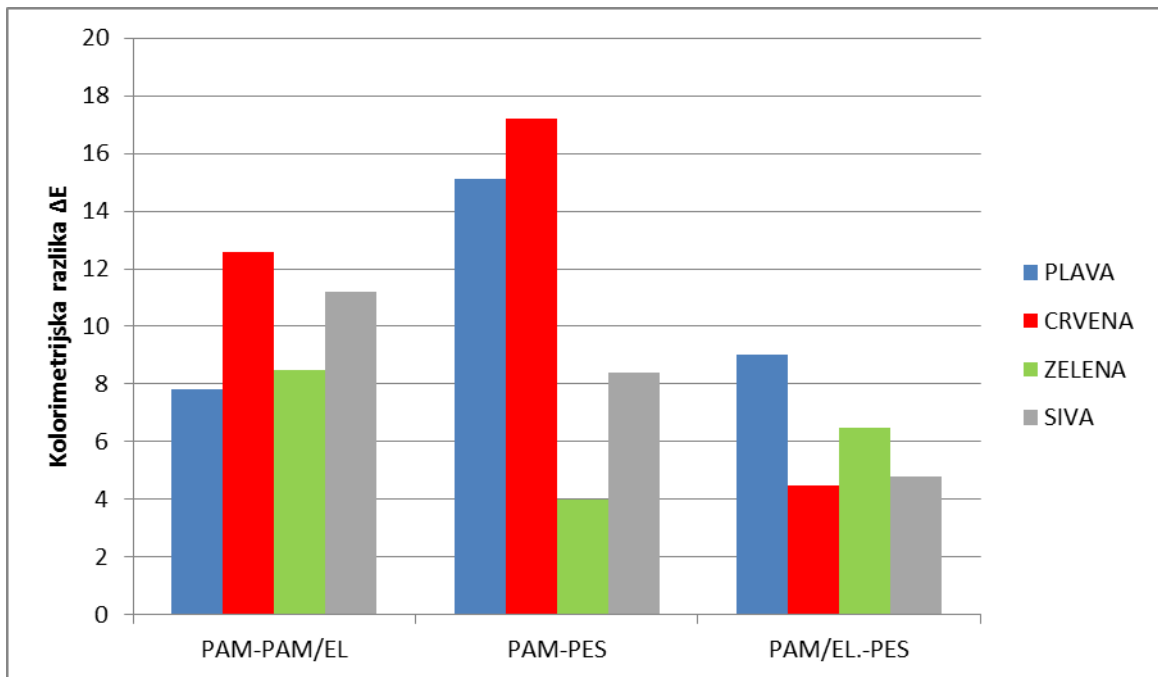
$\Delta E = (1 - 3)$ razlika boja se vidi

$\Delta E = (3 - 6)$ razlika boja se dobro vidi

$\Delta E > 6$ očigledna odstupanja boja

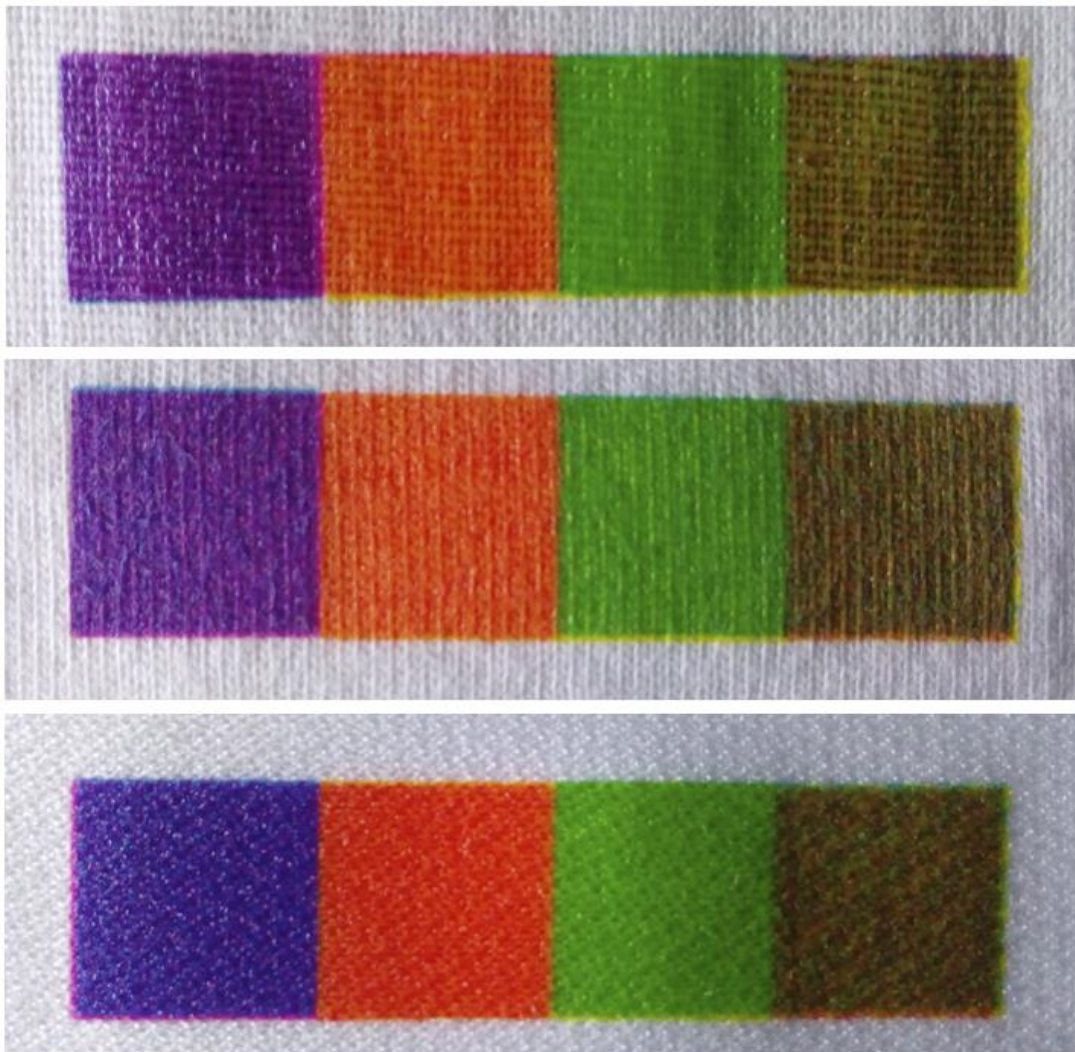
Iz rezultata u tablici vidljivo je kako su kolorimetrijske razlike velike. Gotovo sve vrijednosti su iznad dopuštene granice koja nam govori da se radi o očiglednoj razlici u obojenju. Nešto niža razlika u obojenju, međutim još dovoljno velika, postignuta je na materijalima pamuk s elastinom i poliester. Najveća razlika u obojenju vidljiva je u crvenoj boji između pamuka i poliester.

Na slici 24. je prikazan grafički prikaz rezultata kolorimetrijske razlike ΔE koji omogućava lakšu analizu te utvrđivanje nepravilnosti. Prva skupina prikazuje rezultate pamuka i pamuka s elastinom, skupina 2 pamuk s poliesterom i skupina 3 pamuk elastin i poliester.



Slika 24. Grafički prikaz rezultata kolorimetrijske razlike ΔE

Na slici 25. su prikazana polja na materijalima pamuk, poliester i pamuk s elastinom na kojima su vršena spektrofotometrijska mjerenja te kasnije izračunate kolorimetrijske razlike ΔE .



Slika 25. Polja na kojima su rađena spektrofotometrijska mjerenja

Materijali (od gore prema dolje): pamuk, pamuk s elastinom, poliester

4.3. Vizualna metoda kvalitete otisaka prosječnog promatrača

Za vizualnu kontrolu kvalitete korištene su slike različitih obojenja. Otisnuto je 7 slika za usporedbu. Na 4 slike dominiraju plavi, žuti, zeleni i crveni motivi, jedna slika sadrži šarene motive dok su ostale dvije u sivim tonovima. Materijali su dani prosječnim promatračima kako bi usporedili boje na otisnutim materijalima.

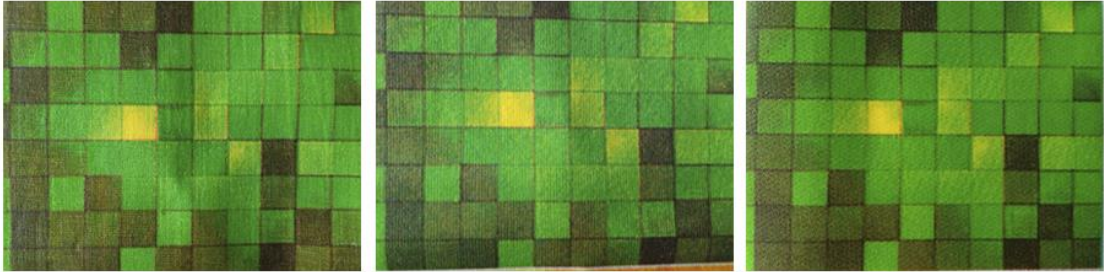
Na pitanje koji od materijala daje najbolje rezultate 100% ispitanika odgovorilo je kako otisci na poliesteru daju najintenzivnije, najjasnije rezultate. Također 100% ispitanika odgovorilo je kako su otisci na pamuku najlošiji.

Slika na kojoj dominiraju crveni tonovi izabrana je kao motiv na kojoj se najviše primjećuju razlike na otisnutim materijalima i to između poliestera i pamuka (Slika 26.)



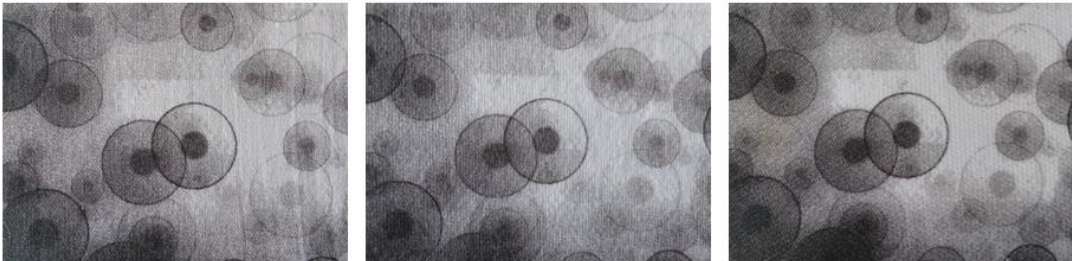
Slika 26. Crveni motivi na uzorcima pamuk,
pamuk s elastinom i poliester

Zeleni motivi izabrani su kao motiv na kojima se najmanje uočavaju razlike na različitim podlogama (Slika 27.).



Slika 27. Zeleni motivi na uzorcima pamuk,
pamuk s elastinom i poliester

Slike sa sivim tonovima također su ocjenjene kako nemaju veliku razliku na različitim podlogama (Slika 28.).



Slika 28. Sivi motivi na uzorcima pamuk,
pamuk s elastinom i poliester

Slike 29.-31. prikazuju otiske za koje je zaključeno kako postoje određene razlike, međutim ne toliko uočljive kao u crvenim tonovima. To su otisci sa šarenim, žutim, plavim motivima.



Slika 29. Šareni motivi na uzorcima pamuk,
pamuk s elastinom i poliester



Slika 30. Žuti motivi na uzorcima pamuk,
pamuk s elastinom i poliester



Slika 31. Plavi motivi na uzorcima pamuk,
pamuk s elastinom i poliester

5. ZAKLJUČAK

Cilj diplomskog rada bio je istražiti utjecaj različitih tekstilnih podloga na kvalitetu otiska. Korištena je ista tehnologija tiska (sitotisk) na tri različite tekstilne podloge. Pretpostavka da različite tekstilne podloge, različitog sirovinskog sastava neće dati jednaku kvalitetu otisaka je potvrđena.

Na otiscima su rađena spektrofotometrijska i denzitometrijska mjerenja. Također otisci su uspoređivani i vizualnom metodom prosječnog promatrača.

Iz spektrofotometrijskih mjerenja izračunavamo ΔE^*_{ab} , ukupnu razliku boja (kolorimetrijska razlika) - razlika između dvije boje u CIE sustavu, čiji nam rezultati govore da se radi o velikoj razlici u obojenju na različitim podlogama.

Krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti za cijan, magentu, žutu i crnu boju za sve 3 tiskovne podloge su prevelike u odnosu na optimalnu krivulju prirasta prema ISO 12647-5:2001 standardu. ISO standard prikazuje vrijednosti izmjerene na 30cm^{-1} linijskom rasteru dok su otisci rađeni pomoću 40cm^{-1} linijskog rastera te je potrebno uzeti u obzir da su rezultati rastertonskih vrijednosti veći kod većih linijatura rastera.

Kod magente i crne boje prirast je ekstremno velik za sve tri tiskovne podloge što bi značilo da bi se prilikom obrade dokumenta vrijednosti boja morale spuštati kako bi se postigao što optimalniji rezultat.

Kod cijan i crne boje krivulje prirasta jesu prevelike u odnosu na standard, međutim mnogo bliže optimalnim vrijednostima. Ukupni prirast je prevelik te se kao takav također treba korigirati u samoj pripremi. Prilikom takve obrade, prikaz na računalu možda neće biti obećavajuć, ali u obzir je bitno uzeti finalnu kvalitetu i izgled proizvoda.

Smanjenje prirasta jedan je od temeljnih uvjeta ostvarivanja kvalitetne reprodukcije. Kvalitetan grafički proizvod zahtijeva i kvalitetnu tiskovnu podlogu te je osim smanjanje prirasta uvjet kvalitetne reprodukcije i dovođenje sustava u točno definiran prirast RTV.

Iz provedenih istraživanja jasno je da vrsta tiskovne podloge utječe na samu kvalitetu otiska. Različiti tekstilni materijali imaju različite kolorne promjene, te se može zaključiti kako sirovinski sastav materijala bitno utječe na reprodukciju boje.

6. LITERATURA

1. ***http://tisak.grf.unizg.hr/media/download_gallery/MTT%20Predavanje%207a.pdf, 01. veljače 2016.
2. ***<http://eurotisak.hr/sitotisak/>, 01. veljače 2016.
3. Tisak ambalaže, Stanislav Bolanča, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb 2013.
4. ***http://tisak.grf.unizg.hr/media/download_gallery/MTT%20Predavanje%208b.pdf, 01. veljače 2016.
5. ***<http://www.chinabestprice.com/wholesale/New-Industry-Press-Equipment-2869.html>, 02. veljače 2016.
6. ***<http://www.kmq.co.za/branding/Screen-Printing>, 01. veljače 2016.
7. ***<http://www.screenprinting.co.uk/product-category/kits/kits-ink/>, 02. veljače 2016.
8. ***<http://www.biovitalis.hr/sastojci/item/29-pamuk.html>, 10. veljače 2016.
9. ***<http://rsfs.royalsocietypublishing.org/content/4/2/20130058>, 01. ožujka 2016.
10. ***http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/8.%20i%209.%20Karakteristike%20visebojne%20reprodukcije.pdf, 01. ožujka 2016.
11. ***https://en.wikipedia.org/wiki/Screen_printing, 01. ožujka 2016.
12. ***<http://xinology.com:888/Glass-Processing-Equipments-Supplies-Consumables/glass-printing/screen-stencil-preparation/features-specs.html?1>, 03. ožujka 2016.
13. ***<http://unoellite.rs/proizvod-aluminijumski-dzaci-rakel-gume-251.htm>, 03. ožujka 2016.
14. ***<http://www.utrechtart.com/Shelves--Carts--Print-Racks--Drying-Rack-Studio.utrecht>, 21. ožujka 2016.
15. Vlakna, Ružica Čunko, Maja Andrassy, Zrinski d.d., Zagreb 2005.
16. *** http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=1279310, 21. ožujka 2016.
17. ***http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/8.%20i%209.%20Karakteristike%20visebojne%20reprodukcije.pdf, 01. travnja 2016.
18. ***http://eprints.grf.unizg.hr/1841/1/DB103_Alijagi%C4%87_Maja.pdf, 01.

travnja 2016.

19. Kulčar, Rahela, Kolorimetrijska analiza i parametri stabilnosti UV-termokromnih boja / doktorska disertacija, Zagreb : Grafički fakultet, 2010, 167 str. Voditelj: Knešaurek, Nina ; Klanjšek Gunde, Marta

20. ***<http://www.codeproject.com/Articles/243610/The-Known-Colors-Palette-Tool-Revised>, 20. travnja 2016.

21. ***https://en.wikipedia.org/wiki/Screen_angle, 21. svibnja 2016.

22. ***<http://www.adriascreen-tiskara.hr/04%20Tehnologija/Tehnologija.html>, 21. svibnja 2016.

23. ***<file:///D:/diplomski%20rad/materijali/Color%20Management.pdf>, 21. svibnja 2016.

24. ***<http://www.cmykol.com/products/densitometro-x-rite-4-colori-508>, 22. svibnja 2016.

25. ***<http://www.tec-color.com/principle/product-detail/Datacolor-Check-II-8>, 22. svibnja 2016.

26. ***http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/OSNOVE%20O%20BOJI.pdf, 21. svibnja 2016.