

# Studija specifičnih parametara reprodukcije fleksografskog tiska

---

**Bates, Irena**

**Doctoral thesis / Doktorski rad**

**2013**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:731080>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-12**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

Irena Bates

**STUDIJA SPECIFIČNIH PARAMETARA  
REPRODUKCIJE FLEKSOGRAFSKOG TISKA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2013





University of Zagreb

FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Irena Bates

**THE STUDY OF FLEXOGRAPHIC PRINT  
REPRODUCTION SPECIFIC PARAMETERS**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2013



Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

IRENA BATES

**STUDIJA SPECIFIČNIH PARAMETARA  
REPRODUKCIJE FLEKSOGRAFSKOG TISKA**

DOKTORSKI RAD

Mentor: doc. dr. sc. Igor Zjakić

Zagreb, 2013



University of Zagreb

FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Irena Bates

**THE STUDY OF FLEXOGRAPHIC PRINT  
REPRODUCTION SPECIFIC PARAMETERS**

DOCTORAL THESIS

Supervisor: ass.prof. Igor Zjakić

Zagreb, 2013

**UDK BROJ: 655.326.1:658.56**

**Povjerenstvo za ocjenu doktorske disertacije:**

1. prof. dr. sc. Stanislav Bolanča, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, predsjednik
2. doc. dr. sc. Igor Zjakić, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, mentor
3. prof. dr. sc. Đurđica Parac-Osterman, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, vanjska članica
4. izv. prof. dr. sc. Vesna Džimbeg Malčić, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, zamjenska članica

**Povjerenstvo za obranu doktorske disertacije:**

1. prof. dr. sc. Stanislav Bolanča, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, predsjednik
2. doc. dr. sc. Igor Zjakić, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, mentor
3. prof. dr. sc. Đurđica Parac-Osterman, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, vanjska članica
4. izv. prof. dr. sc. Vesna Džimbeg Malčić, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, zamjenska članica
5. doc. dr. sc. Martinia Ira Glogar, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, zamjenska vanjska članica

**Datum obrane doktorske disertacije:** 21. veljače 2013.g.

**Mjesto obrane doktorske disertacije:** Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet

**Povjerenstvo za obranu doktorske disertacije donijelo je sljedeću odluku:**

„Obrabila – jednoglasnom odlukom Povjerenstva“

**Zagreb, 21. veljače 2013.g.**

*Mojoj Iri i Borisu*

*Posebno veliku zahvalu dugujem svome mentoru doc. dr. sc. Igoru Zjakiću, koji me „pratio“ tijekom izrade rada i konstruktivnim primjedbama poboljšao njegovu kvalitetu.*

*Želim se zahvaliti i mr. sc. Ivanu Budimiru, izv. prof. dr. sc. Vesni Džimbeg-Malčić, red. prof. dr. sc. Đurđici Parac-Osterman, Marku Markušu i doc. dr. sc. Damiru Modriću, koji su pripomogli svojim znanjem i mišljenjima.*

*Zahvaljujem se kolegama s Naravoslovnotehniškog fakulteta u Ljubljani, koji su mi posredno i neposredno pomogli savjetima te tiskarnici Rotoplast u izradi uzoraka za eksperimentalni rad.*

*Zahvaljujem i svim članovima Katedre za tisak na nesebičnoj pomoći u svakom trenutku izrade ove disertacije.*

*Na kraju, želim se zahvaliti cijeloj svojoj obitelji, koja je imala razumijevanja i bila mi velika podrška.*

## **Sadržaj**

<i>Sažetak</i> .....	5
<i>Abstract</i> .....	6
<i>1. Uvod</i> .....	8
<i>1.1. Svrha istraživanja</i> .....	9
<i>1.2. Problem</i> .....	10
<i>1.3. Ciljevi i zadaci istraživanja</i> .....	10
<i>2. Teoretski dio</i> .....	11
<i>2.1. Ambalaža</i> .....	12
<i>2.2. Etiketiranje</i> .....	13
<i>2.3. Moderni načini etiketiranja</i> .....	13
<i>2.3.1. Etiketiranje stezljivim filmom</i> .....	13
<i>2.3.2. Etiketiranje rastezljivim filmom</i> .....	14
<i>2.4. Ambalažni materijali</i> .....	15
<i>2.4.1. Polimerni materijali</i> .....	15
<i>2.4.1.1. Poli (vinil-klorid)</i> .....	20
<i>2.4.1.2. Polipropilen</i> .....	22
<i>2.4.2. Površinska energija polimernog materijala</i> .....	25
<i>2.4.3. Ekološki status polimerne ambalaže</i> .....	26
<i>2.5. Tiskarske tehnike za otiskivanje ambalaže i etiketa</i> .....	28
<i>2.5.1. Ofsetni tisak</i> .....	29
<i>2.5.2. Bakrotisak</i> .....	30
<i>2.5.3. Knjigotisak</i> .....	30
<i>2.5.4. Fleksografski tisak</i> .....	31
<i>2.5.4.1. Tiskovna forma</i> .....	34
<i>2.5.4.2. Rastrirani valjak</i> .....	37

2.5.4.3.	<i>Rakel i komorni rakel</i> .....	42
2.5.4.4.	<i>Montažna traka</i> .....	42
2.5.4.5.	<i>Konstrukcije fleksografskih strojeva</i> .....	42
2.5.4.6.	<i>Fleksografska bojila</i> .....	44
2.6.	<i>Kontrola kvalitete reprodukcije</i> .....	54
2.6.1.	<i>Doživljaj višebojne reprodukcije</i> .....	54
2.6.2.	<i>Ukupna količina bojila na tiskovnoj podlozi</i> .....	58
2.6.3.	<i>Kvalitativni parametri</i> .....	59
2.6.3.1.	<i>Gamut</i> .....	59
2.6.3.2.	<i>Reprodukcija linija</i> .....	60
2.6.3.3.	<i>Optimalan sivi balans</i> .....	63
2.6.3.4.	<i>Prihvatanje bojila na bojilo</i> .....	66
2.6.3.5.	<i>Linearnost gradacije rastertonskih vrijednosti</i> .....	67
2.6.3.6.	<i>Zrnatost i nejednolična reprodukcija punih tonova</i> .....	68
2.6.3.7.	<i>Deformacije rasterskih elemenata i prirast rastertonske vrijednosti</i> .....	69
3.	<i>Eksperimentalni dio</i> .....	72
3.1.	<i>Dosadašnja istraživanja</i> .....	73
3.2.	<i>Korišteni materijali</i> .....	84
3.3.	<i>Korištene tiskovne boje</i> .....	85
3.4.	<i>Korišteni strojevi</i> .....	86
3.5.	<i>Korišteni alati</i> .....	87
3.6.	<i>Metodologija rada</i> .....	88
4.	<i>Rezultati istraživanja</i> .....	90
4.1.	<i>Definiranje konstantnosti kvalitete naklade</i> .....	91
4.2.	<i>Definiranje volumen gamuta</i> .....	95
4.3.	<i>Definiranje kvalitete reprodukcije linija</i> .....	106
4.3.1.	<i>Određivanje odstupanja od definirane širine linije</i> .....	107



4.3.2.	<i>Mutnost ruba linije</i> .....	108
4.3.3.	<i>Nazubljenost ruba linije</i> .....	110
4.3.4.	<i>Zapunjenost linije</i> .....	112
4.4.	<i>Definiranje optimalnog sivog balansa</i> .....	115
4.5.	<i>Definiranje parametra prihvaćanja bojila na bojilo</i> .....	122
4.6.	<i>Definiranje linearnosti gradacije rastertonskih vrijednosti</i> .....	127
4.7.	<i>Definiranje zrnatosti i nejednolične reprodukcije punih tonova</i> .....	131
4.8.	<i>Definiranje deformacije rasterskog elementa i prirasta rastertonske vrijednosti</i> ..	137
4.9.	<i>Vizualno definiranje kvalitete</i> .....	147
4.9.1.	<i>Definiranje potrebne ukupna količina bojila na tiskovnoj podlozi</i> .....	147
4.9.2.	<i>Definiranje ukupne kvalitete reprodukcije</i> .....	149
4.9.3.	<i>Definiranje reprodukcije imitacije metalnog efekta</i> .....	152
5.	<i>Statistička obrada kvalitativnih parametara</i> .....	154
5.1.	<i>Logistički regresijski model procjene utjecaja kvalitativnih parametara na vizualni doživljaj visoke kvalitete reprodukcije</i> .....	155
5.1.1.	<i>Osnovna statistička obilježja uzorka</i> .....	155
5.2.	<i>Model logističke regresijske analize za određivanje utjecaja kvalitativnih parametara</i> .....	162
5.3.	<i>Logistički regresijski model</i> .....	166
6.	<i>Diskusija rezultata istraživanja</i> .....	173
6.1.	<i>Konstantnost kvalitete naklade</i> .....	174
6.2.	<i>Volumen gamuta</i> .....	175
6.3.	<i>Kvaliteta reprodukcije linija</i> .....	177
6.4.	<i>Optimalni sivi balans</i> .....	180
6.5.	<i>Prihvaćanje bojila na bojilo</i> .....	182
6.6.	<i>Linearnosti gradacije rastertonskih vrijednosti</i> .....	184
6.7.	<i>Zrnatosti i nejednolične reprodukcije punih tonova</i> .....	185
6.8.	<i>Deformacije rasterskog elementa i prirasta rastertonske vrijednosti</i> .....	186

6.9.	<i>Vizualno definiranje kvalitete ukupne količine bojila na tiskovnoj podlozi .....</i>	188
6.10.	<i>Vizualno definiranje ukupne kvalitete reprodukcije .....</i>	189
6.11.	<i>Vizualno definiranje reprodukcije imitacije metalnog efekta .....</i>	189
7.	<i>Zaključci .....</i>	192
8.	<i>Literatura .....</i>	199
9.	<i>Popis slika i tablica .....</i>	209
<b>Prilozi</b>	<b>.....</b>	<b>216</b>
	<i>Životopis .....</i>	250
	<i>Popis radova i znanstvene djelatnosti .....</i>	251

## ***Sažetak***

Fleksografska tehnika tiska tehnologija je koja na tržištu konstantno raste. Uz brzi razvoj i modernizaciju, povećavaju se i zahtjevi za kvalitetnijom reprodukcijom. Sukladno tome, istraživanja u ovome radu usmjerena su na kvalitativno proučavanje grafičkih proizvoda. Opisivanje grafičke reprodukcije temeljeno je na mjernim i vizualnim analizama kvalitete reprodukcije. Prilikom objektivnog analiziranja kvalitete reprodukcije ispitivano je nekoliko kvalitativnih parametara, kojima su pojedini kvalitativni parametri podijeljeni na podskupine. Odabir uzoraka definiran je s obzirom na moderne načine etiketiranja. Ispitivani uzorci tiskani su u realnoj proizvodnji, na dvije neupojne podloge. Korištena su bojila na bazi otapala i ekološki prihvatljiva bojila, koja se suše UV energijom.

Rezultati istraživanja pokazali su nužnost upotrebe više kvalitativnih parametara za definiranje kvalitete reprodukcije. Uzorci dobiveni s ekološki prihvatljivijim bojilima sadrže prihvatljivije vrijednosti kvalitativnih parametara u usporedbi s reprodukcijama dobivenih s bojilima na bazi otapala. Veličine prirasta rastertonskih vrijednosti kod reprodukcija s ekološki prihvatljivijim bojilima sadrže veliko odstupanje u usporedbi s preporukama ISO standarda, dok reprodukcije s bojilima na bazi otapala imaju slične veličine (iz čega se zaključuje da je potrebna nadopuna važećih ISO standarda s obzirom na modernija tiskarska bojila). Istraživanjem se definiralo koji kvalitativni parametri uvjetuju bolju procjenu vizualne ukupne kvalitete reprodukcije te reprodukciju imitacije zlatne boje. Predložene su nove vrijednosti potrebne ukupne količine bojila na tiskovnoj podlozi i te vrijednosti kontrolnog stripa za definiranje sivog balansa. Definirana je metoda za najtočnije određivanje parametara prihvaćanje bojila na bojilo kod fleksografskog tiska.

Povezivanjem rezultata objektivnih (mjernih i vizualnih) analiza omogućit će se definiranje kriterija kvalitete reprodukcije s kojim će se na osnovu znanstvenih istraživanja dati prijedlog kako i na koji način, te s kojim novim kriterijima je moguće postići veću kvalitetu reprodukcije.

## ***Ključne riječi***

*fleksografski tisak, bojilo na bazi otapala, bojilo koje se suši UV energijom, neupojne tiskovne podloge, kriterij kvalitete reprodukcije*

## ***Abstract***

Flexographic printing technique is a technology that has been steadily growing its presence in the current market. Rapid development and modernization have led to an increased demand for higher quality reproduction. Consequently, the research presented in this paper focuses on the examination of graphic products' quality. Descriptions of graphic reproductions were formulated on the basis of objective (measurable and visual) analysis of reproduction quality. Additionally, several qualitative parameters were examined in the process of objective analysis of reproduction quality, whereby some of these qualitative parameters were divided into subgroups. The selection of samples was defined in line with the modern methods for labeling. Examined samples were printed in real production on two non-absorbent substrates. The process involved the use of solvent-based inks and environmentally friendly inks also known as UV curable inks.

The results of research indicated the necessity to use an increased number of qualitative parameters for describing the quality of reproductions. Samples obtained by way of applying environmentally friendly inks have a more adequate value of qualitative parameters compared to reproductions obtained with the use of solvent-based inks. There is a significant discrepancy between the size of dot gain in reproductions made by environmentally friendly inks and the recommended dot gain set forth in the ISO standards. On the other hand, the reproductions made with solvent-based inks are of a similar size. According to that, a conclusion has been drawn that the ISO standards, which are currently in force, have to be supplemented by way of considering the existence of contemporary inks.

The research established which qualitative parameters are used as the criterion for defining a better assessment of the overall visual quality of a reproduction as well as the reproduction of a gold color imitation. Recommendations were made on new values for the total area coverage on a substrate and on control stripe values for defining gray balance. A method for the most accurate assessment of trapping in flexographic printing technique has been defined as well.

Interlinking the results of objective analysis (measurable and visual) will render possible the definition of the criterion for reproduction quality. The criterion for reproduction quality represents a proposal for defining and predicting the overall quality of reproductions. Based on a logistic regression analysis, the criterion for reproduction quality has been created as a

probability function affected by the selection of qualitative parameters when the reproduction is rated as a high quality reproduction.

***Keywords***

*flexography, solvent-based ink, UV curable inks, non-absorbent substrates, reproduction quality criterion*

# ***1. Uvod***

## ***1.1.Svrha istraživanja***

U današnje vrijeme neophodna je konkurenta i visoka kvaliteta. Potrebe za većom kvalitetom značajno rastu, pogotovo u području ambalaže i etiketa. Fleksografska tehnika tiska nekoć je smatrana jednotonskom tehnikom koja se koristila isključivo za kutije od kartona ili valovite ljepenke, a danas je vodeća u ambalažnoj industriji. Golem i brz razvoj unutar fleksografske tehnike tiska stvorio je pravu revoluciju u grafičkoj tehnologiji. Fleksografska tehnika tiska, u usporedbi s ostalim konvencionalnim tehnikama, izrazito je malo proučavana i analizirana.

Fleksografska tehnologija najveću primjenu ima u području ambalaže i etiketa. Glavne karakteristike fleksografskog tiska jesu fleksibilna tiskovna forma i bojila niske viskoznosti, koja omogućuju tiskanje na širokom rasponu tiskovnih podloga [1,2,3]. Velika pažnja pridodaje se i ekološkim propisima.

Problem standardizacije kvalitativnih parametara u ovoj tehnologiji, zbog velike različitosti tiskovnih podloga i bojila, još uvijek je otvoreno poglavlje. Prilikom otiskivanja fleksibilne ambalaže, pogotovo kod neupojnih tiskovnih podloga, neophodno je svojstvo brzog sušenja bojila. Konvencionalna bojila koja sadrže ovo svojstvo bazirana su na isparavanju otapala (alkohola ili vode). Odlukom Europskog vijeća 1999/13/EZ zahtijevana je supstitucija konvencionalnih bojila s bojilima novih generacija. Bojila novije generacije, u odnosu na konvencionalna bojila, imaju drukčiji proces sušenja i to bez isparavanja lako hlapljivih organskih spojeva (*VOC*). Razvoj modernih bojila za sobom povlači ispitivanje kvalitete reprodukcija te standardizaciju kvalitativnih parametara. U odnosu na kvalitetu uzoraka otisnutih s konvencionalnim bojilima zahtijevani stupanj kvalitete novih reprodukcija isti je ili bolji.

U ovom radu ispitivani su otisci tiskani bojilima novije generacije, koja su ekološki prihvatljivija (bojila koja se suše UV energijom) i otisci tiskani konvencionalnim bojilima. Otisci su tiskani na neupojnim tiskovnim podlogama - polipropilen i poli(vinil-klorid). Definiranjem kriterija kvalitete reprodukcije, koji ovisi o korelaciji i povezivanju izabranih kvalitativnih parametara, iznijet će se novi prijedlog za opisivanje ukupne kvalitete fleksografskih reprodukcija.

## ***1.2. Problem***

Glavni je uvjet svake reprodukcije na ambalaži vrlo visoka kvaliteta te mali materijalni troškovi. Ispitivanje kvalitete izvest će se na nekoliko reprodukcija nastalih uporabom realne proizvodnje. Kvaliteta reprodukcije definirat će se usporedbom i sintezom nekoliko kvalitativnih parametara. Kriterij kvalitete reprodukcija utvrdit će se na osnovi logističke regresijske analize. Temeljem logističke jednadžbe, kao funkcija vjerojatnosti omogućit će procjenu grafičke reprodukcije kada će uzorak biti vizualno ocijenjen kao visoko kvalitetna reprodukcija.

## ***1.3. Ciljevi i zadaci istraživanja***

Zadatak rada jest proučiti kritične točke u analizi kvalitete reprodukcije, nastale otiskivanjem s fleksografskom tehnikom tiska; istražiti odgovara li i na koji način kvaliteta reprodukcije s ekološki prihvatljivim bojilima kvaliteti reprodukcije s konvencionalnim bojilima. Kvaliteta pojedine reprodukcije istraživana je na osnovi kvalitativnih parametara: vrijednosti volumena gamuta, kvaliteti reprodukcije linija, optimalnom sivom balansu, parametru prihvaćanja bojila na bojilo, linearnosti kod gradacije rastertonskih vrijednosti, parametru nejednoličnosti i zrnatosti punog tona te vrijednosti geometrijskog i optičkog prirasta rastertonske vrijednosti, kao i deformaciji rasterskih elemenata. Nakon mjernih analiza, definiranje kvalitete reprodukcije odredit će se na osnovi nekoliko vizualnih parametara: optimalne vrijednosti ukupne količine bojila, ukupne kvalitete reprodukcije i kvaliteti reprodukcije imitacije metalnog efekta.

Temeljem dobivenih rezultata, iz mjernih i vizualnih analiza definirat će se kriterij kvalitete reprodukcija.

Cilj je ovog istraživanja omogućiti kvalitetniju proizvodnju grafičkog proizvoda te nadopunu tehničkim i tehnološkim uvjetima prilikom korištenja ispitivanih tiskovnih bojila i tiskovnih podloga. Dobivena saznanja, granične vrijednosti i prijedlozi o optimalizaciji sustava reprodukcije doprinijet će napretku znanosti na polju fleksografske tehnologije.

Ujedno, utvrdit će se međusobni odnosi istraživačkih metoda, koji će rezultirati definiranjem prijedloga optimalne metode za određivanje pojedinih kvalitativnih parametara.



## ***2. Teoretski dio***

## ***2.1. Ambalaža***

U današnje vrijeme ambalaža je dio svakodnevnice te se koristi za velik broj proizvoda i gotovo je nemoguće zamisliti život bez nje [4]. Četiri glavne funkcije ambalaže jesu zaštita proizvoda, opisivanje samog proizvoda, identifikacija proizvoda te promocija proizvoda.

Ambalaža, u jednostavnom obliku, koristi se od prapovijesti. Ljudi su i tada sakupljali, čuvali i prenosili prehrambene namirnice. Nije pronađen nikakav pisani dokumenti kada se i na koji način počinje upotrebljavati prva ambalaža. Pretpostavlja se da je bila od listova biljaka, pruća, slame, kože... Nakon toga, čovjek počinje izrađivati glinene, keramičke, staklene, metalne posude.

Nađeni su zapisi da su čak i drvene bačve za vino korištene oko 2.800. godine pr.n.e, a poznato je da su oko 530. god. pr.n.e. ćupovi i amfore korištene za spremanje ulja, vode i vina te druge robe s kojom se trgovalo. Prije više od četiri tisuće godina u Egiptu se izrada staklenih boca osim za spremanje namirnica, smatrala i umjetnošću. Oko 400-300. god.pr.n.e Feničani su počeli koristiti staklo za izradu raznog nakita i ambalaže. S dolaskom papira, oko 105. god.pr.n.e. u Kini započinje industrijska uporaba pakiranja robe. Dolaskom metalnih kutija, limenke (1817.) polako zamjenjuju ambalažu od pamučnih i jutenih tkanina namijenjenu prvenstveno za pakiranje namirnica. Nakon otkrića aluminija, 1841. pojavljuju se prve metalne tube. Nekoliko godina kasnije proizvode se staklenke s navojnim poklopcem. Krajem 19. stoljeća industrijska revolucija potaknula je značajan razvoj u području ambalaže i ambalažnih materijala. Na tržištu se pojavljuju transportne kutije od valovite ljepenke i celulozni nitrat. Celulozni nitrat, kao prvi polimerni polusintetski proizvod, izumio je C. F. Schönbein 1845. godine. Proces je 1870. unaprijeđen uporabom kamfora kao omekšivača te je tako dobiven celuloid. Godine 1927. nitrat je zamijenjen s celuloznom acetatom, koji je manje zapaljiv. Dugo godina celulozni acetat korišten je za proizvodnju filmova i sličnih „proizvoda“ [5].

## ***2.2. Etiketiranje***

Riječ etiketa prvo je korištena samo za papire uz žigove te papire na staklenkama u ljekarnicama. Veće potrebe za etiketiranjem nije bilo, jer su količine roba bile ograničene i populacija većinom nije znala čitati. Danas je izgled etikete definiran prema zahtjevima naručitelja. Prve etikete, koje su značajno povećale proces etiketiranja, bile su samoljepljive etikete. Etiketiranje stezljivim filmom, etiketiranje rastezljivim filmom, toplinski transfer i «in-mould» etiketiranje moderno je i vrlo popularno etiketiranje, koje konstantno bilježi porast uporabe na tržištu [6,7].

## ***2.3. Moderni načini etiketiranja***

### ***2.3.1. Etiketiranje stezljivim filmom***

Prvi materijal koji se sušenjem skupljao oko ambalaže bio je navlaženi celulozni film, a pored dekorativne uloge imao je i ulogu osiguranja proizvoda. Kasnije se prirodni lateks počeo koristiti kao stezljivi omot za lakopokvarljive proizvode. Tehnologija etiketiranja stezljivim filmom izumljena je oko 1960. u Japanu, za stezljive čepove na bocama sakea. Ova tehnologija etiketiranja razvijena je na transparentnom poli(vinil-klorid) materijalu [7].

Proces etikiranja započinje s oblikovanjem u rukavac prethodno otisnutog relativno debelog filma polimernog materijala (35 – 90 µm). Djelovanjem temperature film se priljubljuje uz ambalažu i poprima njezin oblik [6,8]. Ovakvo etiketiranje moguće je na različitim proizvodima i ambalažama. Porast ove vrste etiketiranja povećava se do 20% godišnje [9]. Dominantni materijal u ovoj metodi jest poli(vinil-klorid) (PVC), koji zauzima 90% udjela na tržištu. Materijali koji također zauzimaju veći udio na tržištu jesu polietilen (PE) i polipropilen (PP) [10].

### 2.3.2. Etiketiranje rastezljivim filmom

Tehnologija etiketiranja rastezljivim filmom koristi se kod filmova čije molekule nakon rastezanja imaju tendenciju vraćanja na svoje početno stanje. Rastezanjem filma (eng. *stretch sleeve*) povećava se udio vraćanja, odnosno zatezanja materijala. Proces rastezanja filma uglavnom se odvija prije omotavanje robe ili ambalaže, kako bi se smanjio negativni utjecaj na robu i ambalažu. Filmovi koji se koriste za ovu vrstu etiketiranja trebali bi imati veliku rastezljivost. Prednosti etiketiranja rastezljivim filmom, u odnosu na etiketiranje stezljivim filmom, jesu ušteda energije, eliminiranje tunela s vrućim zrakom, ušteda na materijalu (mogućnost uporabe tanjih materijala) te financijska ušteda (troškovi instalacije i puštanja u pogon). Ova tehnologija etiketiranja moguća je jedino na ravnim površinama, stoga se polimerni materijali izrezuju na trake i u obliku vrpce omotavaju oko ambalaže [6]. Materijali koji se najčešće rabe za ovu vrstu etiketiranja jesu linearni polietilen niske gustoće (LLDPE), polivinilklorid (PVC) i etilen-vinil-acetat (EVA) kopolimeri [9,10].

Karakteristike polimernih materijala koji se koriste za etiketiranje stezljivim filmom i etiketiranje rastezljivim filmom prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Karakteristika stezljivih i rastezljivih filmova [7]

<b>Materijal</b>	<b>Rastezljivost (%)</b>	<b>Maksimalno skupljanje (%)</b>	<b>Napon pri skupljanju (MPa)</b>	<b>Temperatura skupljanja (°C)</b>
<b>LDPE</b>	120	80	1.7-2.8	65-120
<b>HDPE</b>	115	80	2.8	75-120
<b>PE</b>	130	50	3.1	85-125
<b>PP</b>	50-100	80	4.1	120-165
<b>PET</b>	130	55	4.8-10.3	75-150
<b>PVC</b>	140	60	1-2.1	65-100

## ***2.4. Ambalažni materijali***

Ambalažni materijal jest materijal koji služi za izradu cjelokupne ili samo dijela ambalaže. Pod pojmom „ambalažni materijal“ podrazumijevaju se sirovine: drvo, metali, staklo, polimerni materijali te tekstilne sirovine. Od drva se proizvodi drvena ambalaža te papiri i karton. Metali koji se najčešće koriste za proizvodnju ambalaže jesu željezo i aluminij. Tekstilne sirovine, koje se najviše koriste kao ambalažni materijal, jesu pamuk, kudjelja (vlakna konoplja) i juta. U današnje vrijeme ambalaža se u najvećoj mjeri proizvodi od *polimernih materijala* [8].

### ***2.4.1. Polimerni materijali***

Pod pojmom polimerni materijal podrazumijeva se tehnički uporabljivi materijal, koji je u osnovi polimer (osnovni makromolekulski spoj).

Najčešće polimerni materijali sastavljeni su od polimera u izvornom obliku, s brojnim dodatcima za poboljšanje svojstava. Dodatci koji se najčešće rabe jesu sredstva protiv blokiranja, sredstva protiv zamagljivanja, antioksidansi, antistatici, sredstva za pjenjenje, bojila, sredstva protiv zapaljivosti, pojačivači mirisa, toplinski stabilizatori, modifikatori žilavosti, plastifikatori, klizna sredstva, sredstva za zaštitu od UV zračenja te UV stabilizatori [8].

Prvu potpuno sintetsku smolu priredio je L. H. Baekeland 1907. godine. Reakcijom fenola i formaldehida stvorena je fenolformaldehidna smola, nazvana bakelit [5].

Godine 1925, nakon bakelita, pronađen je polistiren, koji najavljuje početak ere polimernih materijala. Područje polimernih materijala intenzivno raste u drugoj polovici 20. stoljeća. U razdoblju od 1927. do 1940. počela je proizvodnja poliakrilata, polistirena, polietilena, *poli(vinil-klorida)* te poli(metil-metakrilata). Zahvaljujući razvoju petrokemije te zbog jeftinijih sirovina i energije, 1954. razvijen je prvi put izotaktički *polipropilen*, a zatim i cijeli niz stereospecifičnih polimera na osnovi  $\alpha$ -olefina i diena.

Polimerni materijali počinju se laminirati i s drugim materijalima: aluminijskim folijama, celofanom, papirom, pri čemu se razvija tehnologija pakiranja poznata kao terta-pak, hypa-pack, itd.

Dolaskom *polimernih materijala* dolazi do zaokreta u proizvodnji i primjeni ambalažnih materijala. Jedna od najbrže rastućih segmenata u ambalažnoj industriji je fleksibilna ambalaža, koja je većinom sastavljena od polimernih materijala. Zahvaljujući brzom razvoju ambalaže uvidjelo se da uspjeh na tržištu u velikoj mjeri ovisi o *kvaliteti reprodukcije ambalaže, vrsti ambalažnog materijala i dizajnu* [8].

Gotovo svi polimerni materijali bazirani su na petrokemijskoj osnovi, osim regenerirane celuloze i celuloznih acetata. Proizvodnja polimernih materijala zauzima samo 4% svjetske potrošnje nafte.

Polimerni materijali zbog svojih *odličnih barijernih svojstva* te *dobrih mehaničkih, kemijskih i optičkih svojstava* (transparentnost, svjetlostalnost), ubrajaju se među najvažnije ambalažne materijale današnjice. Prema analizi zastupljenosti ambalažnih i etiketnih materijala na tržištu, polimerni materijali smješteni su na drugo mjesto, nakon papirnih materijala [9].

	PLASTOMERI			DUROMERI	ELASTOMERI		VLAKNA
	amorfni		kristalasti		rahlo umrežena		
Grada makromolekule	linearna	granata	linearna	prostorno umrežena	rahlo umrežena		linearna
Schematski prikaz strukture							
Strukturna sredenost	amorfna		djelomice kristalna, izotropna	amorfna	amorfna do slabo sredena		djelomice kristalna, anizotropna
Termomehanička svojstva							
	 staklište ***** područje razgradnje		 taljište gibljivo amorfno područje		 staklasto, negibljivo amorfno područje kristalno područje		 temperaturno područje primjene
Mehaničko ponašanje materijala u temperaturnom području primjene	staklasti, ukrućeni		plastični	elastični	tvrdi, ukrućeni	viskoelastični, gumasti	žilavi
Primjeri	PS, tvrdi PVC, PVDC, PPO, PPS, PSU, poliakrilati, PMMA, PAN, SAN, ABS		PE, PP, POM, PB	polifluor-etileni, PA, PC, PETP	nezasićeni poliesteri, aminoplasti, PF, EP, PI	polibutadien, polikloropren, SBR, EPDM	PUR, meki PVC, PA, poliesteri, poliakrilati

Kratice (abecedno):

ABS	terpolimer akrilonitril-butadien-stiren	PETP	poli(etilen-tereftalat)	PSU	polisulfoni
EP	epoksidne smole	PF	fenolformaldehidni polimeri	PUR	poliuretani
EPDM	terpolimer etilen-propilen-dien	PI	polimidi	PVC	poli(vinil-klorid)
PA	poliamidi	PMMA	poli(metil-metakrilat)	PVDC	poli(viniliden-klorid)
PAN	poliakrilonitril	POM	polioksimetilen	SAN	kopolimer stiren-akrilonitril
PB	poli(1-buten)	PP	polipropilen	SBR	stiren-butadienski kaučuk
PC	polikarbonati	PPO	poli(fenilen-oksidi)		
PE	polietilen	PPS	poli(fenilen-sulfid)		
		PS	polistiren		

Slika 1. Osnovne karakteristike polimernih materijala [5]

Polimerni materijali, s obzirom na ponašanje prilikom prerade i kod primjene, dijele se na osnovne skupine: plastomere, duromere i elastomere. Plastomeri (termoplasti) materijali su s linearnim i granatim makromolekulama. Topljivi su i taljivi, a zagrijavanjem do temperature mekšanja ili taljenja ne mijenjaju svoju kemijsku strukturu. Njihova prerada predstavlja reverzibilnu promjenu stanja pa se na različitim temperaturama mogu formirati u željene oblike. Plastomeri mogu biti amorfni i kristalasti. Amorfni su plastomeri strukturno nesredene (amorfne) tvari u staklastom stanju, koje izgrađuju makromolekule nepravilne građe. Amorfni plastomeri jesu poliizobuten, poli(vinil-klorid), polistiren, poli(fenilen-oksidi), poli(fenilen-

sulfid), polisulfoni, poliakrilati, poli(metil-metakrilat), poliakrilonitril, kopolimer stiren-akrilonitril i terpolimer akrilonitril-butadien-stiren.

Kristalni plastomeri sadrže amorfnu i kristalnu fazu. Građa makromolekule jest omjer kristalne i amorfne faze, a struktura tih područja određuje svojstva samog materijala. Veći udio kristalne faze daje veću gustoću, tvrdoću, čvrstoću i postojanost prema otapalima, dok veći udio amorfne faze povećava fleksibilnost i obradivost. Kristalni plastomeri jesu polipropilen, polioksimetilen, poli(1-buten), polifluor-etilen, poliamidi, polikarbonati i poli(etilen-tereftalat).

Duromeri (duroplasti, termoreaktivne mase, reaktoplasti, termoduri, termoindurenti) temperaturno su ireverzibilni poliplasti, s gusto prostorno umreženim makromolekulama. Sadrže veću čvrstoću i vrlo dobra mehanička svojstva te ne ovise o temperaturi [5].

Elastomeri su elastični na standardnoj temperaturi. Temperatura staklišta niža im je od temperature primjene.

Za izradu etiketnih materijala i ambalaže uglavnom se koriste plastomeri, odnosno termoplastični polimerni materijali. U maloj mjeri koriste se duromeri, dok se elastomeri koriste kao pomoćni materijal za hermetičko zatvaranje metalne ambalaže. Ovi filmovi često se primjenjuju u obliku termosakuplajućih folija.

Najčešći načini izrade homogenih ambalažnih materijala jesu ekstrudiranje i kalandriranje. Ovi postupci homogeniziranja materijala izvode se na povišenim temperaturama. Ekstrudiranje je najzastupljeniji postupak prerade plastomera. Procesom ekstrudiranja proizvode se beskonačni proizvodi, odnosno proizvodi s neodređenom duljinom. Ovi postupci homogeniziranja materijala izvode se na povišenim temperaturama. Ekstrudiranje je najzastupljeniji postupak prerade plastomera. Ovim postupkom proizvode se filmovi i folije te cijevi, vlakna, crijeva i trake. Ekstrudiranjem čvrsti polimerni materijal (granule, ljuskice, prah) pretvaraju se u talinu male viskoznosti, koja se potiskivanjem kroz mlaznicu prerađuje u plastomere i elastomere te u novije vrijeme i duromere. Kalandriranje je kontinuirani postupak proizvodnje beskonačnih filmova, folija i traka. Ovim vrlo starim načinom prerade elastomera omekšani polimerni materijal prerađuje se između sustava parova valjaka. Danas se ovim načinom prerađuje samo tvrdi i meki poli(vinil-klorid) i kopolimeri vinil-klorida, vinil-acetata i celuloznog acetata [8].

Istezanjem tijekom same proizvodnje u jednom (uzdužnom) ili oba (uzdužnom i poprečnom) pravcu stvaraju se orijentirani filmovi ili folije. Na ovaj način dolazi do orijentacije



makromolekula u pravcu razvlačenja te se poboljšavaju svojstva filmova ili folije. Orijentirani filmovi ili folije imaju veću rasteznu čvrstoću i smanjeno produljenje prilikom kidanja u pravcu istezanja, bolju glatkoću te u određenoj mjeri i bolja barijerna svojstva na plinove i vodenu paru. Ovi se filmovi često primjenjuju u obliku termosakuplajućih folija. Orijentirani filmovi imaju poboljšana mehanička svojstva samo u jednom smjeru, dok u poprečnom smjeru dolazi do smanjenja rastezne čvrstoće i filmovi se lako kidaju djelovanjem poprečne sile.

Ovisno o sastavu, ambalažni polimerni materijali mogu se podijeliti na:

- ambalažne materijale homogene strukture (monomaterijali)
- ambalažne materijale slojevite strukture (višeslojni polimerni i kombinirani materijali)
- kompozitni ambalažni materijali

*Ambalažni materijali homogene strukture* izrađeni su od jednog ili smjese dva ili više polimernih materijala. Na presjeku tog materijala struktura je homogena i kemijski je sastav po cijeloj masi istovrstan, stoga se još nazivaju i monomaterijali.

Polimerni ambalažni materijali homogene strukture dijele se na četiri podvrste: filmove, folije, trake i ploče. Pod "filmovima" podrazumijevaju se polimerni materijali najmanje debljine (do oko 200 $\mu\text{m}$ ), a "folije" su polimerni materijali debljine od 200 $\mu\text{m}$  do 400 $\mu\text{m}$ . Pojmom "trake" opisuju se polimerni materijali debljine iznad 400 $\mu\text{m}$ , dok su "ploče" polimerni materijali dobiveni rezanjem traka na određene dimenzije. Polimerni filmovi i u manjoj mjeri folije koriste se za izradu različitih oblika etiketa i ambalaže te kao sirovina za izradu višeslojnih ambalažnih materijala. Za izradu ambalaže i etiketni materijal najčešće se koriste polietileni (LDPE, LLDPE, HDPE), polipropilen (PP), poli(vinil-klorid) (PVC), poli(viniliden-klorid) (PVDC), polistiren (PS), poliamidi (PA), poli(etilen-tereftalat) (PET), stiren-akrilonitril (SAN) te celofan. Prednost polimernih materijala homogene strukture jesu *dobra fizička i mehanička svojstva*, a najvažnije je svojstvo *propusnost na plinove i vodenu paru*. Zbog ovog svojstva homogeni polimerni materijali najviše se koriste za pakiranje prehrambenih proizvoda [8].

#### 2.4.1.1. Poli (vinil-klorid)

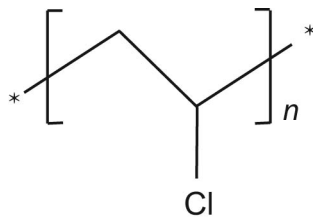
Poli(vinil-klorid) plastomer je koji sadrži ponavljajuću jedinicu vinil-klorid [-CH<sub>2</sub>-CHCl-] (slika 2). Svojstva poli(vinil-klorida) mijenjaju se ovisno o načinu proizvodnje, vrsti i količini dodanog plastifikatora ili udjela komonomera. Polimerizacijom vinil-klorida nastaje linearni polimer, koji ima kratke grane (klormetilenske skupine) i duge bočne grane (bočni lanac do duljine osnovnog lanca). Makromolekula polimera niskog je stupnja stereoregularnosti (konfiguracija „glava-rep“), zbog izražene razgranatosti. Stoga je poli(vinil-klorid) amorfni materijal s udjelom od 5% do 10% kristalnog oblika. Svojstvima polimerizacije definira se struktura nastalih makromolekula i stupanj kristalnosti. PVC je bijeli do žućkasti materijal bez mirisa i okusa. Teško je zapaljiv, ne upija vodu te ima dobra elektroizolacijska i druga svojstva. PVC ima prilično neregularnu strukturu, vrlo niske kristalnosti te je nestabilan prema utjecaju topline, svjetla i kisika. Svojstva mu se poboljšavaju dodatkom stabilizatora (soli, olova, barija, kositra ili kadmija). Sadrži *dobru tvrdoću i sjajnost te izvanrednu otpornost na vlagu i nisku propusnost na plinove*. Otporan je na djelovanje *jakih polarnih i nepolarnih otapala* (voda, mineralne kiseline i ugljikovodika). Na djelovanje blažih nepolarnih otapala poli(vinil-klorid) nije otporan (tetrahidrofuran, fenol, aceton, klorirani ugljikovodici, cikloheksanon i dimetilformamid) te pod njihovim djelovanjem bubri ili se otapa.

Polimerizacija vinil-klorida ili smjese s drugim komonomerima odvija se lančanom reakcijom s mehanizmom slobodnih radikala. PVC se najčešće proizvodi polimerizacijom u suspenziji, a rijetko polimerizacijom u emulziji ili masi, iako je polimerizacija u masi noviji i sve više primjenjiviji postupak. Polimerizacija u suspenziji provodi se u vodenom mediju, uz prisustvo sredstava za stabilizaciju disperziranih čestica monomera. Za stabilizaciju se koriste organski koloidi kao derivati celuloze, škrob, poli(vinil-alkohol), barij-sulfat te magnezij-sulfat. Kao inicijatori polimerizacije koriste se lauroil-peroksid, azobis(izobutironitril), acetilcikloheksilsulfonil-peroksid, izopropilperoksi-dikarbonat.

Proizvod koji nastaje polimerizacijom prah je od kojeg se daljnjom preradom dobiva tvrdi ili meki PVC. Mekci poli(vinil-klorid) lako se prerađuje svim uobičajenim postupcima prerade. Najčešće se primjenjuje ekstrudiranje i kalandriranje te u manjoj mjeri injektiranje, ekstruzijsko puhanje, prešanje i termooblikovaje.

Tvrđi poli(vinil-klorid) dobiva se preradom praha s malom količinom dodataka, ali bez plastifikatora. Dobiveni materijal tvrd je i žilav, vrlo otporan na utjecaj atmosferilija, vlage i kemikalija. Propusnost na vodenu paru i plinove jest osrednja. Izrazito su transparenti i postojani prema otopinama soli, razrijeđenim i koncentriranim lužinama i kiselinama. Sadrži gustoću od 1,35-1,41 g/cm<sup>3</sup>. Ograničen je malom termičkom postojanošću, omekšava se pri temperaturi od 85°C, a temperatura robe ili tekućine ne bi smjela prelaziti 75°C [8,11].

Poli(vinil-klorid) vrlo je popularan ambalažni materijal zbog svoga pozitivnog karaktera i dobrog prihvaćanja dodataka. Osnovni su dodaci plastifikatori, koji za ambalažne materijale za hranu moraju biti odobreni od nadležnog ministarstva za hranu. Ostali su dodaci stabilizatori topline, punila te maziva i esteri [12]. Uporaba poli(vinil-klorida) u zadnjih nekoliko godina smanjena je u pojedinim državama, zbog zahtjevnih procesa recikliranja te kancerogenosti monomera vinil-klorida. Ovaj materijal još uvijek ima uporabu kao fleksibilna ambalaža te etiketni materijal [9].



Slika 2. Strukturna formula poli(vinil-klorida)

Tablica 2. Karakteristike poli(vinil-kloridnih) materijala [8]

SVOJSTVA	FLEKSIBILAN FILM
Propusnost na vodenu paru ( $\text{g } \mu\text{m}^2 \text{ d}$ ) na 90% RH, temp. 38°C	6,096
Prekidna čvrstoća (MPa)	34,5
Model elastičnosti ( $\text{N/mm}^2$ )	2450 - 4200
Rastezna čvrstoća ( $\text{N/mm}^2$ )	116
Stabilnost na toplinu	da, T 143-160°C
Transparentnost	izvrsno
Prianjanje bojila na površinu	loše
Propustljivost $\text{O}_2$ ( $\text{cm}^3 \mu\text{m}^2 \text{ dan atm}$ )	12,800

#### 2.4.1.2. Polipropilen

Polipropilen se zajedno s polietilenom ubraja u skupinu termoplastičnenih materijala, poliolefina. Ime "olefin" označuje da je materijal derivat nafte. Polipropilen je plastomer linearnih makromolekula, s ponavljajućom jedinicom propilena  $[-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-]$  (slika 3). Nakon velikog broja ispitivanja, 1954. uspješno je polimeriziran propilen [8].

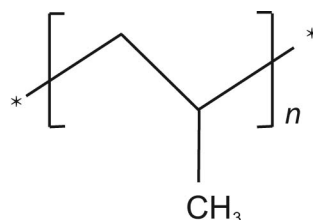
Prostorni raspored bočnih metilnih skupina jest pravilan. Polipropilen koji se koristi za komercijalne svrhe sadrži iznad 90% izotaktičnog oblika i ima stupanj kristalnosti od 60 do 70%, s temperaturom taljenja od 165°C. Polipropilen se dobiva koordinativnom polimerizacijom propilena, uz prisutnost katalizatora. Porast ugljikovih lanaca kod ove polimerizacije postiže se ugradnjom monomera između rastućeg polimernog lanca i katalizatora. Za polimerizaciju se koriste Ziegler-Natta katalizatori i ona je u velikoj mjeri stereoregularna pa produkt sadrži velik udio kristalne faze. Za proizvodnju polipropilena primjenjuje se nekoliko postupaka, koji se razlikuju po korištenom katalizatoru, načinu

kontrole molekulske mase i sredini u kojoj se odvija polimerizacija. Polimerizacija se može proizvesti u suspenziji, masi, plinovitoj fazi ili otapalu. Najčešće se koristi polimerizacija u suspenziji, na temperaturama od oko 45 do 85°C i tlaku od 2 MPa. U reakciju se uvodi monomerni propilen, katalizator, vodik i sredstvo za suspendiranje. Vodik kontrolira veličinu makromolekule, odnosno molekulnu masu polimera. Kao sredstva za suspendiranje koriste se zasićeni, vrlo čisti ugljikovodici. Tijekom procesa nastali polipropilen izlučuje se u obliku finih čestica [5]. Dobiveni polimer zatim se pere, suši te miješa s dodacima te injekcijski preša ili ekstrudira u granule. Ekstrudiranjem se najčešće polipropilen prerađuje u filmove, folije, ploče, umjetna vlakna i cijevi.

Polipropilenski filmovi mogu biti orijentirani (monoaksijalno i biaksijalno); na taj način su im poboljšana barijerna svojstva na plinove i vodenu paru i značajno smanjena mutnoća u odnosu na lijevani polipropilen.

Polipropilen ima gustoću od 0,905 g/cm<sup>3</sup>, zbog visoke kristalnosti posjeduje visoku rasteznu čvrstoću, krutost i tvrdoću. Izvjesnu osjetljivost pokazuje pri niskim temperaturama, čime mu se krutost značajno smanjuje. Posjeduje izvanredna izolacijska svojstva, kemijski je inertan i otporan na vlagu. Na toplinu, elektromagnetsko zračenje (npr. svjetlo i UV) te na kisik ne posjeduje stabilnost, stoga mu se dodaju dodaci antioksidansi i UV apsorberi, koji smanjuju propusnost elektromagnetskog zračenja [8,11].

Biaksijalno orijentirani polipropilen radi svojih nekoliko prednosti počinje se rabiti kao zamjena za papir, aluminijsku i PVC foliju. Glavna prednost ovog materijala je relativno visoka točka taljenja (160-165°C) i niska granica topljivosti. Danas polipropilen veliku uporabu kao etiketni materijal i kao fleksibilna ambalažu robe kojoj je potrebna otpornost na vlagu ili na masnoću [9].



Slika 3. Strukturna formula polipropilena

Tablica 3. Karakteristike lijevanog i biaksijalno-orijentiranih polipropilenskih materijala [8]

<b>SVOJSTVA</b>	<b>Lijevani film</b>	<b>B-Orijentirani film</b>
Tg (temperatura staklišta)	-10	
Propusnost na vodenu paru (g $\mu\text{m}^2$ d) na 90% RH, temp. 38°C	590	240
Prekidna čvrstoća (MPa)	31-42	50-165
Model elastičnosti (N/mm <sup>2</sup> )	1,140-1,550	
Rastezna čvrstoća (N/mm <sup>2</sup> )	31 - 41	
Stabilnost na toplinu	da, T 177-232°C	
Transparentnost	jako dobro	izvrsno
Prianjanje bojila na površinu	loše	
Propustljivost O <sub>2</sub> (cm <sup>3</sup> $\mu\text{m}^2$ dan atm)	146,000	98,000
Propustljivost CO <sub>2</sub> (cm <sup>3</sup> $\mu\text{m}^2$ dan atm)	50,000-94,000	200,000-320,000
Apsorpcija vode (%)	0.01-0.03	

### ***2.4.2. Površinska energija polimernog materijala***

Površinska energija karakteristika je površine kojom se opisuju adhezijska svojstva površine materijala. Kohezijske su sile u samom materijalu u ravnoteži, jer je svaka molekula okružena sa svih strana istim molekulama. Na površini materijala molekule nisu u potpunosti okružene s istim molekulama te se stvaraju neuravnotežene sile, odnosno slobodna energija. Intenzitet slobodne energije proporcionalan je veličini međumolekularnih sila unutar samog materijala. Površinska energija ili napon ( $\gamma$ ) sila je koja djeluje na granici dodira dvije faze po jedinici duljine i paralelna je s površinom dodira. Slobodna površinska energija izražava se  $\text{mJ/m}^2$  ili  $\text{dyn/cm}$  ili  $\text{N/m}$  ( $1\text{dyn/cm} = 0.001\text{N/m}$ ).

Slobodna površinska energija kod polimernih materijala kreće se od  $20\text{ dyn/cm}$  do  $46\text{ dyn/cm}$ . Vrijednost površinske energije ili napetosti površine definira se pomoću kontaktnog kuta baziranog na ASTM D2578 metodi [13,10]

Površinu polimernih materijala potrebno je ponekad obraditi, kako bi se poboljšala adhezijska svojstva materijala. Tiskarska bojila koje su polarnog karaktera imaju dobru adheziju samo prema polimernim materijalima s polarnim karakterom površine. Poliolefini (HDPE, LDPE, PP) su termoplasti nepolarnog karaktera, dok su drugi termoplastični polimerni materijali polarnog karaktera, ali nedovoljnog. Za promjenu ili povećanje polarnosti polimernog materijala najčešće se primjenjuje obrada površine s ionima plinova. Za poboljšanje adhezije polimernih materijala koriste se i druge obrade, kao što su obrada s plamenom, plazmom te kemijsko jetkanje i mehanička abrazija [10].

Obrada površine s ionima plinova (bombardiranjem) odvija se djelovanjem električne struje između anode i katode, pri čemu dolazi do stvaranja ozona ( $\text{O}_3$ ). Ozon se raspada na atomski kisik, koji je negativno nabijen, te ga privlači pozitivno nabijena elektroda. Na putu do anode atomski kisik susreće se s polimernim materijalom i njegovo kretanje završava udaranjem (bombardiranjem) površine polimernog materijala. Površina polimernog materijala na taj se način aktivira i postaje polarnog karaktera. Ovaj način obrade polimernog materijala još se naziva i korona tretmanom [6].

Spomenutim obradama mijenja se slobodna površinska energija površine polimernog materijala. Za dobru adheziju tiskovne boje na polimerni materijal potreban je površinski napon ili energija od  $38$  do  $42\text{ dyn/cm}$ , odnosno u SI jedinicama  $\text{mN/m}$ . Obrada površine s

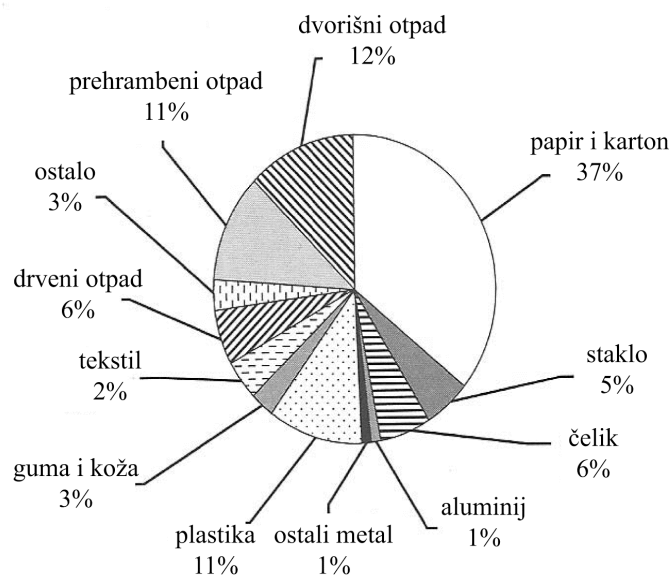
vremenom opada te se stoga preporučuje otiskivanje na polimerni materijal u što kraćem vremenskom razdoblju. Gubitak površinske obrade uvjetovan je strukturom polimera, vrstom i načinom te uvjetima skladištenja. Prekomjerni intenzitet tretmana može uzrokovati lijepljenje filma i onemogućiti odmotavanje role te utječe i na brži gubitak površinske energije, odnosno napon materijala [10]. Kako bi polimerni materijal imao zadovoljavajući površinski napon, neki tiskarski strojevi unutar konstrukcije sadrže jedinicu za obradu površine [8].

### ***2.4.3. Ekološki status polimerne ambalaže***

Opseg korištenja ambalaže za pakiranje prehrambenih i sličnih proizvoda stalno se povećava. Razlozi su tome povećana udaljenost između mjesta proizvodnje i potrošnje robe, produživanje roka održivosti proizvoda te rast ukupnog broja stanovništva. Primjena kompletnog postupka procjene ekološkog statusa ambalaže vrlo je opsežan posao te se zbog toga ekološki status ambalaže najčešće određuje prema kriteriju ekološke bilance. Ekološka bilanca promatra sveukupni potreban utrošak energije u cijelom ciklusu ambalaže i izražava se u jedinici mase upakiranog proizvoda. Bolji ekološki status ima povratna ambalaža, ambalaža manje gustoće te ambalaže koje se mogu iskoristiti kao sekundarna sirovina.

Polimerna ambalaža vrlo je korisna sekundarna sirovina, od koje se dobiva velik broj proizvoda namijenjenih daljnjoj preradi. Polimerna ambalaža koje se može koristiti za daljnju preradu sadrži definiranu oznaku s brojem ili slovnim obilježjima materijala. Od polimernog otpada dobivaju se kvalitetna ulja, alkoholi, kiseline, izocijanati, amini te plinovi za zagrijavanje i proizvodnju energije. Kombinirana ambalaža predstavlja najveći problem pri ponovnoj preradi, a zbog razdvajanja materijala [8].





Slika 4. Građanski otpad Sjedinjenih američkih država s obzirom na vrstu materijala, 2001 [10]

Udio recikliranja PVC boca, prema Američkom plastičnom odboru (American Plastics Council, eng), u 2001. godini bio je 0,4%. U Europi je taj udio mnogo veći, primjerice u Francuskoj udio recikliranja PVC boca za vodu, s obzirom na prodaju, jest 50%. Prema izvješćima EPA (Environmental protection agency, eng), agencije za zaštitu okoliša, udio recikliranja PP ambalaže bio je 0,3% u 2001. godini u Sjedinjenim američkim državama. Prema drugom izvoru, Američkog odbora za plastiku, udio recikliranja PP boca iznosio je 3,8% u 2001, a 3,9% u 2002. godini.

Kada ne postoji ekonomska opravdanost za proizvodnju sekundarne sirovine, od ambalažnog otpada moguće je sagorijevanjem proizvesti gorivo. Za dobivanje energije sagorijevanjem najčešće se koristi kruti gradski otpad. Oprema je tako izvedena da su gubitci u energiji minimalni, a okoliš maksimalno zaštićen. Otpad od polimerne ambalaže ima toplinsku moć 40 MJ/kg, istu kao i lož-ulje za grijanje, a toplinska moć papira i kartona iznosi 10 MJ/kg, kao i meko drvo.

Smanjivanje negativnog utjecaja na okoliš može se postići korištenjem bio-razgradive ambalaže, kao što su poli(hidroksi-butirat/valerat), (PHB/V) – bakterijski uzgojen poliester; polilaktid (PLA) – baziran na mliječnoj kiselini dobivene iz kukuruza; polikaprolakton, (PCL) – biorazgradiv sintetički polyester; te poli(vinil-alkohol); polioksietilen; polisaharidi; i polimerni materijal na bazi proteina [10].

## 2.5. Tiskarske tehnike za otiskivanje ambalaže i etiketa

Tiskarska industrija jedna je od najvećih proizvodnih industrija na svijetu [14]. Tiskarski proces proizvodna je faza u kojoj se pripremljena slika i tekst reproduciraju na željenu tiskovnu podlogu (papir, karton, valovitu ljepenu, polimerni materijal, tkaninu, metal, staklo). U daljnjem tekstu opisane su najzastupljenije tehnike tiskanja ambalaže, pri čemu je fleksografski tisak dominantna tehnika tiskanja polimerne ambalaže i etiketnih materijala.

U tablici 4. prikazan je udio zastupljenosti pojedine tehnologije na engleskom tržištu, slični su udjeli i u drugim europskim zemljama, gdje je fleksografski tisak po zastupljenosti uvijek na drugom mjestu.

Tablica 4. Udio zastupljenosti pojedine tehnike na tržištu (izražen u postocima) [15]

<i>Tehnologija</i>	<i>1985</i>	<i>1995*</i>	<i>2000*</i>	<i>2005*</i>	<i>2010**</i>
<i>Ofsetni tisak</i>	<i>47</i>	<i>45</i>	<i>39</i>	<i>32</i>	<i>30</i>
<i>Bakrotisak</i>	<i>27</i>	<i>23</i>	<i>20</i>	<i>18</i>	<i>16</i>
<i>Knjigotisak</i>	<i>6</i>	<i>2</i>	<i>0,5</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Fleksografski tisak</i>	<i>18</i>	<i>27</i>	<i>30</i>	<i>33</i>	<i>36</i>
<i>Ostale</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>10,5</i>	<i>15</i>	<i>18</i>

*ostale tehnologije uključuju sitotisak i digitalni tisak*

*\*pretpostavljeni postotci*

*\*\*pretpostavljeni podatci na temelju višestruke literature i podataka iz istraživanja tržišta Europe, Asije i SAD [16-18]*

### ***2.5.1. Ofsetni tisak***

Ofsetni tisak glavni je predstavnik plošnog tiska. Razvio se iz tehnologije kamenotiska. Ofsetni tisak jest tehnologija otiskivanja, koju karakterizira velika brzina. Pod ovaj pojam spadaju tri tehnike tiska: tisak na arke te rotacije - revijalni i novinski tisak. Glavna karakteristika ofsetnog tiska jest da su tiskovni elementi i slobodne površine tiskovne forme praktički u istoj ravnini. Također, glavna je karakteristika ove tehnike tiska otiskivanje željenog motiva s tiskovne forme, preko prenosnog (ofsetnog) cilindra na tiskovnu podlogu. Tiskovna forma zasnovana je na principu oleofilnosti, odnosno hidrofobnosti tiskovnih elemenata i hidrofilnosti, odnosno oleofobnosti slobodnih površina. Na tako pripremljenu tiskovnu formu prvo se nanosi otopina za vlaženje, koja se prihvaća samo za slobodne površine, a zatim se nanosi bojilo na tiskovne elemente. Ofsetni cilindar s tiskovne forme uzima bojilo i otopinu za vlaženje i nanosi ih na tiskovni materijal. Ofsetni strojevi građeni su s tri cilindra: temeljnim cilindrom, ofsetnim cilindrom i tiskovnim cilindrom. Tiskovna forma, metalna ploča, pričvršćena je na temeljni cilindar, a preko ofsetnog cilindra otisak se prenosi na tiskovni materijal koji leži na tiskovnom cilindru [19]. Zadnjih nekoliko godina ofsetni tisak doživio je razvoj, stvoren je bezvodni ofsetni tisak. Bezvodni ofsetni tisak funkcionira bez otopine za vlaženje. Proces otiskivanja temelji se na tiskovnoj formi, koja je premazana silikonskim slojem. Tiskovni elementi stvaraju se pomoću lasera, koji uklanja silikonski premaz. Ovom modernijom tehnologijom uklanja se dugotrajna priprema tiskarskog stroja, koja je većinom uzrokovana podešavanjem ravnoteže između tiskarskog bojila i otopine za vlaženje. Ofsetni tisak uglavnom se koristi za otiskivanje srednjih i velikih naklada, velikom brzinom [14].

### **2.5.2. Bakrotisak**

Bakrotisak datira u 15. stoljeće, ali zbog nedovoljnog poznavanja kemizma za izradu tiskovne forme te zbog otrovnosti bojila ova tehnika se sporo razvijala. Tek iza Drugog svjetskog rata bakrotisak se značajno usavršio. Razvitak bakrotiska uvjetovan je prije ekonomskom opravdanošću te je više išao u smjeru gradnje i usavršavanja rotacijskih strojeva za tisak. Tisak na arke koristi se uglavnom samo za tiskanje određene vrste ambalaže i etiketa te tisak svih vrsta vrijednosnih i zaštitnih papira. Bakrotisak je duboki tisak, kod kojeg su tiskovni elementi na tiskovnoj formi udubljeni, a slobodne površine leže u osnovnoj ravnini. Direktnim tiskom bojilo se nanosi na tiskovnu formu, a nož zvan rakel uklanja bojilo s razine slobodnih površina i bojilo se djelovanjem pritiska prenosi na tiskovni materijal [19].

Ovom tehnikom moguće je dobiti veću kvalitetu reprodukcije u odnosu na ofsetni tisak, ali isplativost bakrotiska jedino je za velike naklade, zbog skupe izrade tiskovne forme. Uvođenjem novog načina izrade tiskovne forme, elektronsko graviranje na plastičnom rukavcu, ova tehnika postaje ekonomski prihvatljivija. Prilikom otiskivanja, kod ove tehnike lako se održava jednaki nanos bojilom tokom cijele naklade. Bakrotisak se uglavnom koristi za velike naklade u ambalažnoj industriji, gdje su naklade veće od jednog milijuna [9].

### **2.5.3. Knjigotisak**

Knjigotisak je najstarija tehnologija otiskivanja velikih naklada (knjiga i novina). Tiskovni su elementi na tiskovnoj formi povišeni, a viskozno bojilo koje se nanaša na njih prenosi se pod velikim pritiskom na tiskovni materijal. Tiskovna forma stvara se od lijevanih slova, a ilustracije od klišeja. Kvaliteta otiskivanja kod ove tehnologije vrlo je visoka zbog tvrde metalne tiskovne forme i velikog pritiska pri otiskivanju. Danas se sve manje koristi, iako još ima svoju uporabu kod manjih naklada [9,14].

#### **2.5.4. *Fleksografski tisak***

Fleksografski tisak temelji se na jednom od najstarijih principa otiskivanja –visokom tisku. Tiskovni elementi na tiskovnoj formi povišeni su u odnosu na slobodne površine, a tiskarsko bojilo nanosi se samo na povišene elemente, s kojih se obavlja otiskivanje. Ova tehnika tiska razvijena je iz tiskarske tehnike knjigotiska, te se početkom 20. stoljeća naziva anilinski tisak. Ova tehnika naziv je dobila zbog glavnog sastojka tiskarskog bojila, anilin ulje [20]. U to doba, za ovu tehniku koristi se još i naziv «honeystone printing» [21]. Nakon zabrane upotrebe toksičnog anilinskog ulja (1946 godine) mijenja sastav bojila te ova tehnika otiskivanja dobiva novi naziv. Službeno ime «fleksografski tisak» dobiva 1952. godina, kada započinje uporaba bojila na bazi otapala i poliamida [22, 23]. Fleksografski tisak primarno je razvijen za otiskivanje ambalažnih materijala kao što su polimerni materijali, metalizirane folije, papir i valovita ljepenka. Ova tehnika visokog tiska sa savitljivom (fleksibilnom) tiskovnom formom daje dobre rezultate u tisku na polimernoj, kartonskoj i metalnoj ambalaži te se danas sve više poistovjećuje s kvalitetom bakrotiska, čak i u tisku zahtjevnijih radova. Fleksografska tehnika tiska 1986. godine počinje se koristiti i za novinski tisak [23].

Fleksografski tisak jest tehnika otiskivanja koja bilježi najbrži rast i razvoj u zadnjih nekoliko godina [24-27]. Proces fleksografskog tiska može dostići brzinu do 400 m/min, iako je njegova glavna karakteristika mogućnost otiskivanja na širokom rasponu tiskovnih materijala. Ova tehnika tiska isplativa je za različite primjene, a i priprema je stroja vrlo jednostavna, stoga su male naklade vrlo isplative [14]. Fleksografski tisak jest direktni tisak s mekanom tiskovnom formom od polimernog materijala ili gume. Reljefna tiskovna forma pričvršćuje se za cilindar i boji s rastriranim (anilox, eng.) valjkom, koji uz pomoć svoje građe, ćelija, definira količinu bojila koja će se prenijeti. U ovom procesu također je bitan i rakel, koji skida višak bojila s rubova ćelija rastriranog valjka. Bojilo se prima na uzdignute tiskovne elemente na tiskovnoj formi i prenaša na tiskovni materijal. Zbog male viskoznosti bojila dolazi do brzog sušenja na tiskovnom materijalu. Modernizacijom i razvojem fleksografskog tiska kvaliteta otiska dostigla je visoku razinu, stoga se upotreba ove tehnologije proširila i na tisak novina i knjiga.

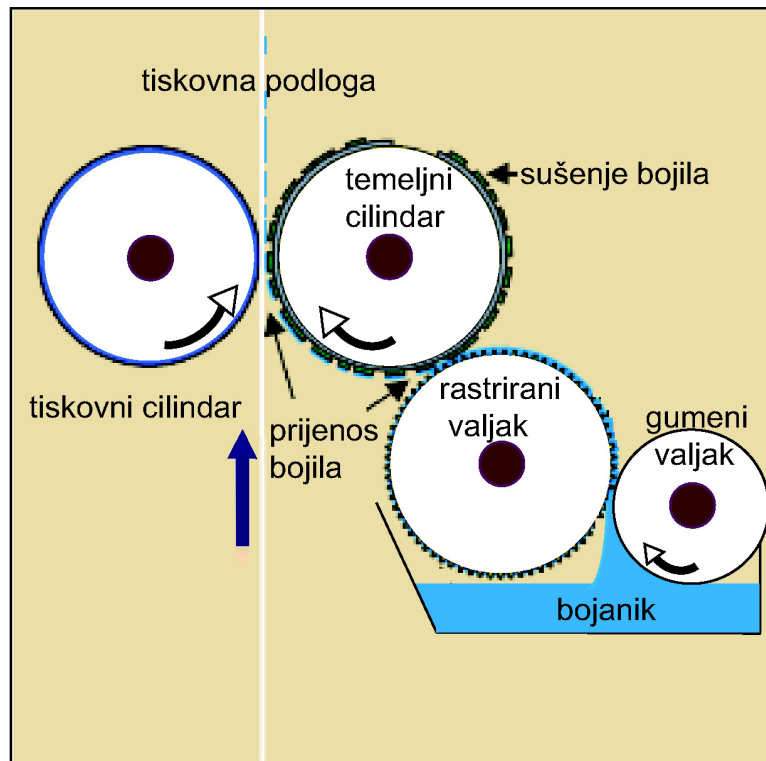
Fleksografski tisak već dugo bilježi porast udjela u svjetskom tržištu, pogotovo u području etiketa, fleksibilne ambalaže, kartonske ambalaže i papirne ambalaže. Fleksografski strojevi ekonomski su puno prihvatljiviji od strojeva za ofsetni tisak i bakrotisak. Kod fleksografske

tehnike tiska velika je prednost izravno priključivanje doradnih strojeva na tiskarski stroj, zbog gotovo osušenih otisaka. Prednost fleksografske tehnike tiska svakako je i veliki raspon tiskovnih podloga, brzo sušenje bojila, mogućnost tiskanja velikih naklada (zbog izdržljive fleksibilne tiskovne forme) te kratko vrijeme izmjene radnih naloga. Fleksografska tehnika tiska, kao i svaka tehnika, ima i svoje nedostatke: karakteristični veliki prirast rastertonskih vrijednosti, pojava 'halo efekta' oko rubova motiva zbog elastične tiskovne forme te manja gustoća obojenja u odnosu na tehniku bakrotisak i ofset [12].

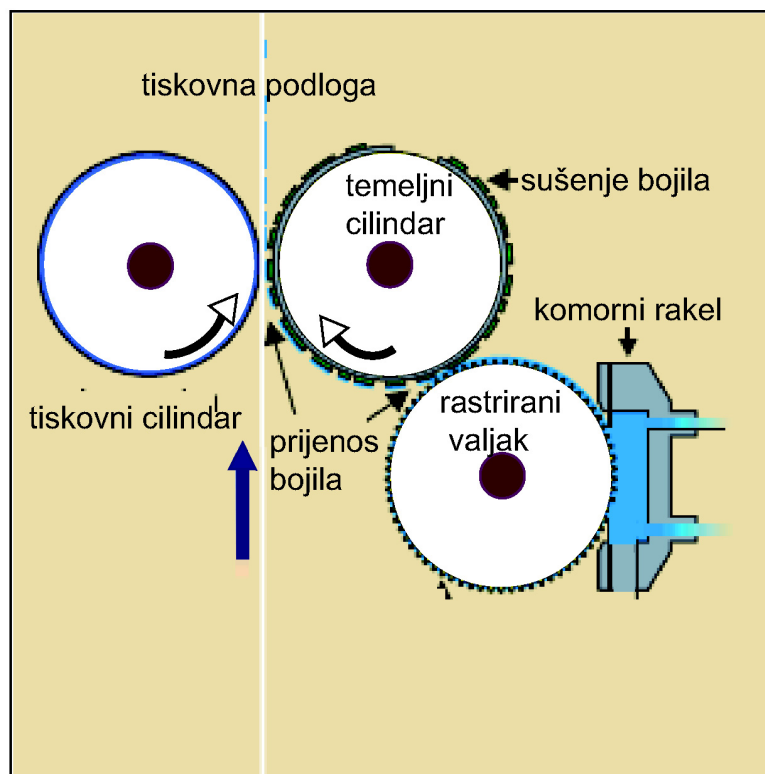
Tiskovna jedinica kod fleksografskog tiska sastavljena je od uređaja za obojenje te tiskovnog i temeljnog cilindra. Uređaj za obojenje jednostavne je konstrukcije; ne sadrži valjke za razribavanje zbog male viskoznosti bojila. Najčešći načini koji se koriste za obojenje tiskovne forme jesu sustav za obojavanje s gumenim valjkom i sustav za obojavanje s rakelom. Kod sustava za obojavanje s gumenim valjkom, rastrirani valjak prima bojilo od gumenog valjka, koji je uronjen u bojanik (slika 5). Brzina okretanja gumenog valjka sporija je u odnosu na rastrirani valjak, pri čemu se bojilo smješta samo u ćelije rastriranog valjka. Na učinkovitost ovog načina doziranja bojila utječe mehanička tvrdoća gumenog valjka.

Kod sustava za obojavanje s rakelom, rastrirani valjak u direktnom je kontaktu s rakelom. Rakel sa slobodnih površina rastriranog valjka odstranjuje bojilo. Na ovaj sustav ostvaruje se puno kontroliraniji nanos bojila u odnosu na sustav s gumenim valjkom [12].

Sustav s komornim rakelom danas je često u primjeni i kod njega za obojavanje je bojanik zamijenjen s komorom koja je u direktnom kontaktu s rastriranim valjkom (slika 6). Komora je ograđena s dva rakel. Jedan rakel smješten je pod kutem suprotnim od rotacije rastriranog valjka, pri čemu odstranjuje bojilo sa slobodnih površina, a drugi rakel drži bojilo unutar komore. Tiskarsko se bojilo kod ovog sustava dovodi pod pritiskom, stalno cirkulira i puni ćelije rastriranog valjka. Sustavi s komorom ili komornim rakelom omogućuju bolju i precizniju kontrolu prijenosa bojila, smanjuju isparavanje otapala i povećavaju stabilnost bojila [29,30].



Slika 5. Princip rada fleksografskog tiska s gumenim valjkom



Slika 6. Princip rada fleksografskog tiska s komornim rakelom

#### 2.5.4.1. Tiskovna forma

U fleksografskom se tisku tiskovna forma najviše mijenjala i razvila. Klasična tiskovna forma izrađivala se od prirodnog ili umjetnog kaučuka. Nakon utiskivanja vrućeg kalupa u kaučuk tiskovna bi se forma hladila i mehanički korigirala do željenog izgleda. Početkom sedamdesetih godina razvijena je prva tiskovna forma od tekućeg fotopolimera [31]. Danas se fotopolimerne tiskovne forme uglavnom koriste u fleksografskom tisku. Konvencionalna izrada tiskovne forme sredinom 1990. modificirana je u računalnu izradu te zbog bolje kvalitete reprodukcije već 1992. više od 95% grafičkih industrija koristi digitalnu izradu fotopolimerne tiskovne forme. S razvojem fotopolimerne tiskovne forme i rastriranog valjka, kvaliteta reprodukcije znatno se poboljšala. Glavne prednosti fotopolimerne ploče jesu predvidiva veličina i debljina, reproducibilnost, jednostavna kompjuterska montaža te lakše vođenje procesa tiskanja [15].

Tablica 5. Vrste fotopolimernih tiskovnih formi [15]

<b>VRSTA</b>	<b>SREDSTVO U KOJEM SE PROIZVODI</b>	<b>KOMPATIBILNOST</b>
Sintetička	otapalo	voda, alkohol, ulje
Sintetička, tekuća	voda	voda, alkohol, ulje
Prirodna	otapalo; modificirana tekućina	voda, otapalo, alkohol voda, otapalo, alkohol

Konvencionalna fotopolimerna ploča, koja je bazirana na otapalu, izrađuje se u nekoliko faza. Započinje s UV osvjetljavanjem stražnje strane tiskovne forme, čime se stvara dobra podloga za visoke tiskovne elemente. Drugo UV osvjetljavanje s prednje je strane tiskovne forme, pri čemu se preko reprofotografskog predloška (negativ filma) stvaraju tiskovni elementi. Pranjem s otapalom i četkanjem uklanjaju se neosvijetljeni dijelovi fotopolimera s tiskovne forme. Sljedeći je proces sušenje, u kojem se uklanja otapalo koje nije apsorbirano tokom procesa pranja. Zadnje UV osvjetljavanje također je s prednje strane tiskovne forme. Ovim



osvjetljavanjem osigurava se kompletno osvjetljavanje polimera i pojačava dubina tiskovnih elemenata.

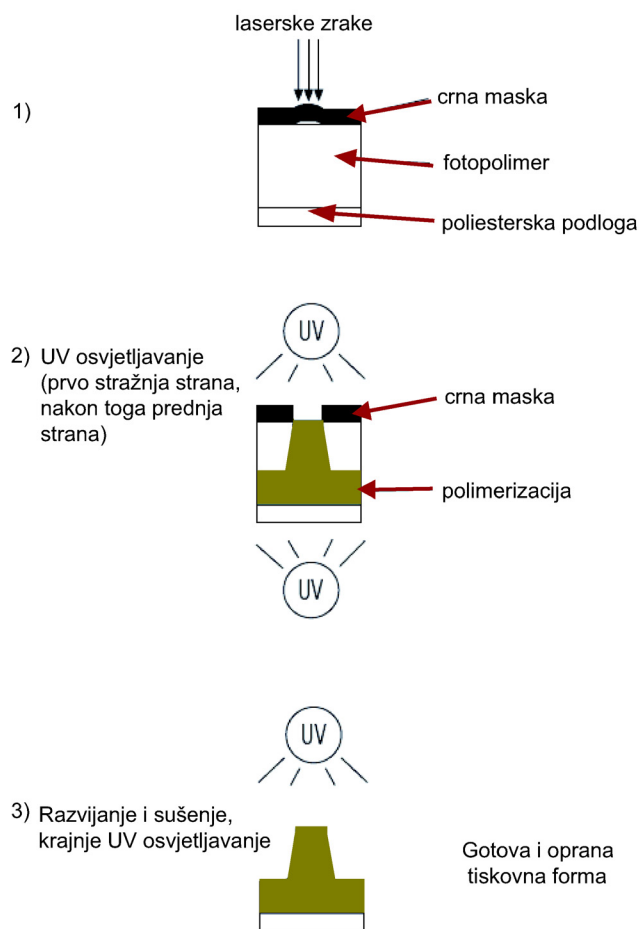
Prije snimanja ploče konvencionalnim načinom, potrebno je definirati nužno osvjetljenje za svaku tiskovnu formu. Optimalno osvjetljenje ima glavni utjecaj na kvalitetu snimanja i razvijanja tiskovne forme, odnosno kvalitetu krajnje reprodukcije.

Dugo godina tanke fotopolimerne tiskovne forme (od 0,76 mm do 2,84 mm) koristile su se za tiskanje na uskim rotacijama. Tek nedavno tanke tiskovne forme koriste se i na širokim rotacijama. Glavni razlog prelaska na tanke tiskovne forme jest bolja kvaliteta reprodukcije (oštrija reprodukcija ilustracije). Tanje tiskovne forme također minimaliziraju utjecaj distorzije. Tanke tiskovne forme koriste se s prilagodljivom kompresibilnom podlogom, koja minimalizira prirast rastertonske vrijednosti, zbog smanjenog pritiska na tiskovne elemente.

Krajem 1980. razvijen je nov način izrade tiskovne forme - direktno lasersko graviranje na gumu. Direktnim laserskim graviranjem smanjen je broj koraka, kako bi se stvorila tiskovna forma. Prilikom izrade tiskovne forme koriste se ugljik-dioksid laseri, koji su izrazito precizni, moguća reprodukcija do 304,8 lpcm [15].

Iz spomenutog načina izrade tiskovne forme razvio se poznati digitalni način izrade tiskovne forme. Digitalnim načinom izrade tiskovne forme ili CTP (computer to plate, eng.) tiskovna forma stvara se digitalnim YAG laserskim graviranjem na fotopolimeru. Tiskovne forme drukčijih su karakteristika: osjetljive su na IR-svjetlost te sadrže crni premaz (masku), koji se laserom uklanja s tiskovnih elemenata i djeluje kao negativ-film tokom UV osvjetljavanja (Slika 6). Drugi digitalni način izrade tiskovne forme bazira se na direktnoj laserskoj ablaciji neželjenih dijelova tiskovne forme, pri čemu ostaju samo tiskovne površine [14].

Ovim načinima moguća je reprodukcija rasterskih elemenata od 3% do 100% kod rastera od 70 lpcm, smanjen prirast rastertonske vrijednosti, bolja reprodukcija finih detalja, jasnoća procesnih bojila te veći formati tiskovne forme. Modernim digitalnim načinom izrade tiskovne forme kvaliteta fleksografskog tiska približila se kvaliteti reprodukcija nastalih bakrotiskom i ofsetnom tiskarskom tehnikom [14].



Slika 7. Digitalnim načinom izrade tiskovne forme [3]

Na kvalitetu reprodukcije također utječe i montaža tiskovne forme na cilindar. Montaža tiskovne forme na cilindar izvodi se montažnim trakama (obostrano ljepljivim). Montažne trake dijele se prema razini ljepljivosti. Odabir odgovarajuće gustoće materijala i ljepljivosti važni su zbog pritiska na tiskovnoj formi. Pjenaste montažne trape, koje su vrlo popularne, imaju debljinu od 0.38mm do 3.00mm i ona ne bi smjela biti veća od pola debljine tiskovne forme [15]. Uglavnom su izrađene od polietilena i poliuretana. Kod otiskivanja rasterske reprodukcije koriste se montažne trake malih gustoća, dok se kod otiskivanja reprodukcije s punim tonovima koriste tvrde, odnosno trake s velikom gustoćom. Kako bi se dobila reprodukcija iste kvalitete, koja sadrži i rastrirane dijelove i pune tonove, koriste se trake srednje gustoće [14]. Nedavno je na tržište plasiran optički uređaj s video mikro-točkama te klin-registrom (pin registrom, eng), koji zamjenjuje konvencionalan mehanički način montiranja tiskovne forme na cilindar. Uporabom mikro-točaka smanjuje se vrijeme montaže

tiskovne forme i podešavanja registra, a pozicije mikro-točaka mogu biti memorirane, što dodatno ubrzava montažu. Moderniji, ali i rijedak način montiranja tiskovne forme jest sustav koji koristi elektromagnete.

Početak 1980. razvijen je rukavac (sleeve, eng.) sistem. Fleksibilni materijal koji će se koristiti za izradu tiskovne forme nanosi se na cijev od metala (nikla) ili stakloplastike. Postupak izrade tiskovne forme obavlja se na cijevi, pri čemu se tolerancija kvalitete otiska izrazito smanjila. Tiskovna forma, koja je izrađena na rukavcu, montira se direktno u stroj, odnosno na cilindar. Tlačeni zrak omogućuje vrlo jednostavnu montažu na cilindar. Isključivanjem zraka, cijevi i cilindar se priljube, bez mogućnosti pomaka. Prednosti ovog sistema jesu jednostavnost rukovanja, mogućnost brze promjene između dvije naklade, jednostavnost skladištenja te smanjeni troškovi [15].

Prije izrade tiskovne forme vrlo je bitno definirati *faktor distorzije*. Faktor distorzije određuje se prema jednadžbi 1.

Prilikom montiranja tiskovne forme na temeljni cilindar dolazi do deformacije rasterskih elemenata na tiskovnoj formi. Deformacija rasterskog elementa javlja se zbog plošnog načina izrade tiskovne forme. Prilikom montiranja, vanjski se obod tiskovne forme raširi, a unutrašnji suzi. Deformacija rasterskog elementa ovisi o debljini tiskovne forme i radijusu temeljnog cilindra [32].

$$f \text{ aktordistorzija } e(\%) = \frac{2\pi r_1}{2\pi r_2} + \frac{r_1}{r_2} \quad (1)$$

gdje je  $r_1$  radijus vanjskog oboda, a  $r_2$  radijus unutarnjeg oboda.

#### 2.5.4.2. Rastrirani valjak

Rastrirani valjak najznačajniji je učesnik visoke kvalitete fleksografskog tiska. Transferni sustav s raster-valjkom razvijen je krajem 1970, kako bi se omogućila predvidljivost i konstantnost u debljini nanosa bojila na tiskovnom materijalu. Funkcija rastriranog valjka jest prijenos definirane količine tiskarskog bojila na tiskovnu formu. Neke tiskarnice još uvijek koriste strojeve s konvencionalnim uređajem za obojenje, gdje se pritiskom između gumenih

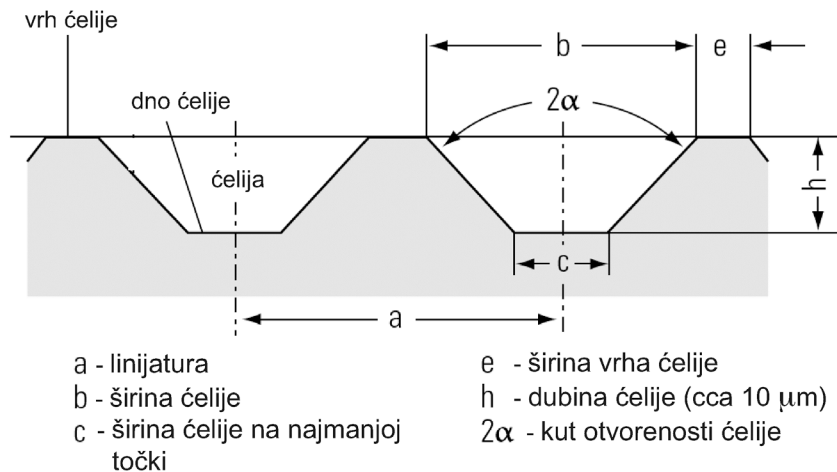
valjaka određuje željena količina bojila na tiskovnom materijalu. Odabir rastriranog valjka uglavnom ovisi o tiskovnoj podlozi, vrsti tiskarskog bojila i uređaju za obojavanje. Velika linijatura i mali volumen ćelija rezultirat će nedovoljnim intenzitetom obojenja, dok će mala linijatura i veliki volumen ćelija rastriranog valjka djelovati na povećanje prirasta rastertonske vrijednosti [29,30].

Rastrirani valjak jest gravirani valjak s određenim brojem ćelija na metalnom ili keramičkom površinskom sloju, koji služi za doziranje bojila na tiskovnu formu. Broj ćelija (frekvencija) i njihov oblik uvelike utječu na kvalitetu reprodukcije. Rastrirani valjak dobio je ime zbog izgleda površine valjka, a raster po bojilu na bazi anilina, koja su se koristila u doba razvoja raster valjka.

Rastrirani valjak moguće je izraditi na tri načina: kemijskim jetkanjem, mehaničkim graviranjem i laserskim graviranjem. Postupak kemijskog jetkanja obavlja se kopiranjem filma (definiran uzorkom i linijaturom rastera) na površinu valjka, koja je prekrivena fotosenzibilnim slojem. Nakon osvjetljavanja dio se sloja polimerizira, a neosvijetljeni dijelovi, rasterske točkice, uklanjaju se pranjem. Kiseline se nakon toga koriste kako bi se definirala dubina rasterskih točkica. Cijeli valjak na kraju se dodatno kromira, kako bi se povećala otpornost na habanje. Mehaničkim graviranjem obrađuju se čelični valjci, koji su postupkom galvanizacije presvučeni bakrom. Graviranje strukture (uzorka i linijature rastera) izvršava se dijamantom ili specijalnim valjkom, koji je izrađen od specijalnog čelika. Ćelije dobivene ovim postupkom u obliku su piramide ili odrezane piramide. Na kraju, valjak se cijeli presvlači slojem kroma (cca 15  $\mu\text{m}$ ) [12].

Za postupak laserskog graviranja koristi se keramički valjak koji je premazan plazmom i kromooksidnim slojem. Valjak se dodatno brusi dijamantom brusnom pločom, kako bi se postigla ujednačenost. Generirana laserska zraka s velikom preciznosti stvara ćelije jednakog i pravilnog oblika. Nakon graviranja, nastale neravnine uklanjaju se postupkom poliranja. Ovim postupkom moguće je stvoriti izrazito „finu“ linijaturu, čak do 600 lpcm kod keramičkog rastriranog valjka [14]. Rastrirani valjak, koji je stvoren ovim postupkom, prenosi više bojila u odnosu na mehaničko graviranje i kemijsko jetkanje [12].

Volumen, linijatura i geometrija ćelija glavni su parametri koji opisuju rastrirani valjak.



Slika 8. Parametri rastriranog valjka [3]

Volumen rastriranog valjka definira teoretsku količinu bojila koja se prenosi na tiskovnu formu. Volumen ćelija može se odrediti geometrijskim mjerenjem oblika ćelija i izražava se u  $\text{cm}^3/\text{m}^2$  ili BCM u SAD-u (bilions of cubic microns, eng.). S većim volumenom dobiva se veća gustoća obojenja te s time i veća kvaliteta reprodukcije. Promjene u volumenu ćelija kod istih linijatura i kutova rastera postižu se razlikama u kutu vrha piramide ( $2\alpha$ ) ili različitim dubinama ćelije ( $h$ ). Linijatura rastriranog valjka izražava se u broju ćelija po centimetru (lpcm ili lpi). Kod višebojnih reprodukcija najčešće se koristi linijatura rastrirani valjak, koja je četiri puta veća u odnosu na linijature rastera na tiskovnoj formi.

Tablica 6. Prikaz potrebnih linijatura rastriranog valjka s obzirom na izgled reprodukcije [6]

Reprodukcija	Linijatura (lpinch)	Linijatura (lpcm)
Debele linije i puna polja	180 - 330	70 – 130
Tanke linije i slova	200 – 400	79 – 157
Gradacije RTV	360 – 500	142 – 197
Rastrirane procesne boje	500 – 1200	197 – 472
Visoko kvalitetne	do 1500	do 600

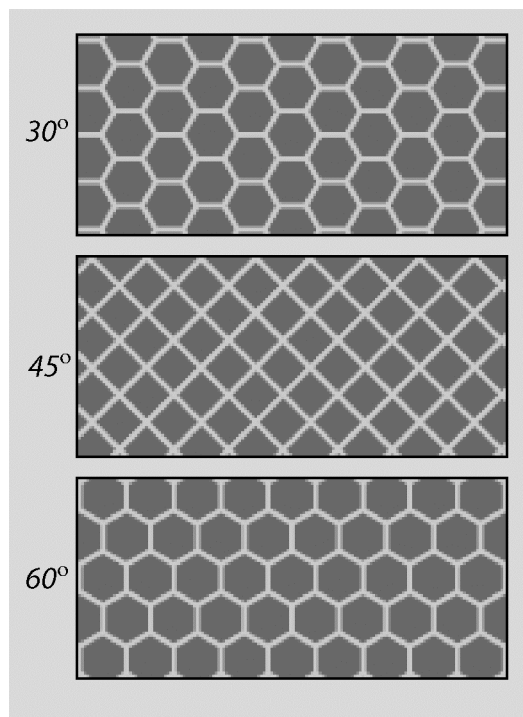
Pod pojmom geometrija ćelija smatra se: oblik rasterske ćelije, oblik rasterske mreže i kut rasterskih linija.

Rasterske ćelije s obzirom na oblik mogu biti izrađene u obliku piramide, odrezane piramide ili kalote. Ćelije u obliku piramide i odrezane piramide stvaraju se mehaničkim ili elektronskom graviranjem. Uporaba ćelije u obliku piramide vrlo je rijetka zbog lošeg pražnjenja dna ćelije tijekom tiska. Ćelije u obliku kalote prije su se stvarale konvencionalnom izradom, odnosno kemijskim jetkanjem, a danas to omogućava postupak laserskog graviranja. Ćelije stvorene laserskim graviranjem imaju veliku primjenu zbog izuzetno dobrog prijenosa bojila.

Mogući oblici rasterskih mreža jesu ortogonalna, dijagonalna, linearna ili romboidna mreža.

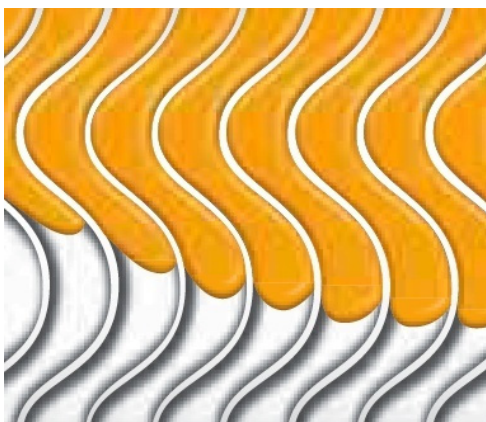
Ortogonalna mreža najveću primjenu imala je kod strojeva za tisak koverti. Širu primjenu nije imala zbog problematičnosti kod kontakta rakela i rasteriranog valjka. Dijagonalna mreža i linearna mreža u današnje vrijeme imaju malu uporabu. Romboidna mreža stvorena s laserskim graviranjem pod kutem do  $60^\circ$  najviše se koristi te su kod nje mogući različiti oblici ćelija.

Kutevi rasterskih linija kod rastriranog valjka jesu  $45^\circ$  (dijamantni uzorak) te  $30^\circ$  ili  $60^\circ$  (heksagonalni uzorak) (slika 9). Najviše se koristi rastrirani valjak s kutem od  $60^\circ$ . Rastrirani valjak pod ovim kutem sadrži 15% više ćelija te pliće ćelije koje omogućavaju prijenos iste količine bojila, a izbjegnut je moire efekt. Ćelije uglavnom imaju širinu  $100\mu\text{m}$  i dubinu  $25\text{--}30\mu\text{m}$ , ovisno o obliku ćelije. Njihova udaljenost varira od 200-275 ćelija po centimetru, pod kutem  $60^\circ$  [30].



Slika 9. Različiti kutevi graviranja rastriranog valjka (30° - koristi se za premaze, 45° - koristi se za tiskanje novina, 60° - najčešće se koristi u višetonskom tisku)

Novitet kod rastriranog valjka jest tehnologija GTT (Genetic Transfer Technology, eng). Rastrirani valjak napravljen ovom tehnologijom omogućuje bolji prijenos bojila na tiskovnu formu te minimalizira neravnomjernu pokrivenost tiskovne površine s bojilom, prirast ratertonske vrijednosti i utjecaj moiré efekta. Rastrirani valjak izrađen na ovaj način sadrži, umjesto ćelija, slalom žljebova, koji s preciznom hidrauličnom metodom doziraju bojilo na tiskovnu formu [33].



Slika 10. Rasterski valjci izrađeni s GTT tehnologijom [33].

#### 2.5.4.3. *Rakel i komorni rakel*

Osim rastriranog valjka, bitnu ulogu u prijenosu bojila na tiskovni materijal ima i rakel (eng. doctor blade). Rakel skida višak bojila s rastriranog valjka i ostavlja samo tiskarsko bojilo u ćelijama. Najkvalitetnije djelovanje rakel ima pod kutem od 30° na tangentu rastriranog valjka. Ovaj nož izrađuje se najčešće od kvalitetnog čelika s teflonom te HDPE [15]. U odnosu na druge rakele, polietilenski rakel najviše se ističu zbog manjeg djelovanja na rastrirani valjak te nisu korozivni [30].

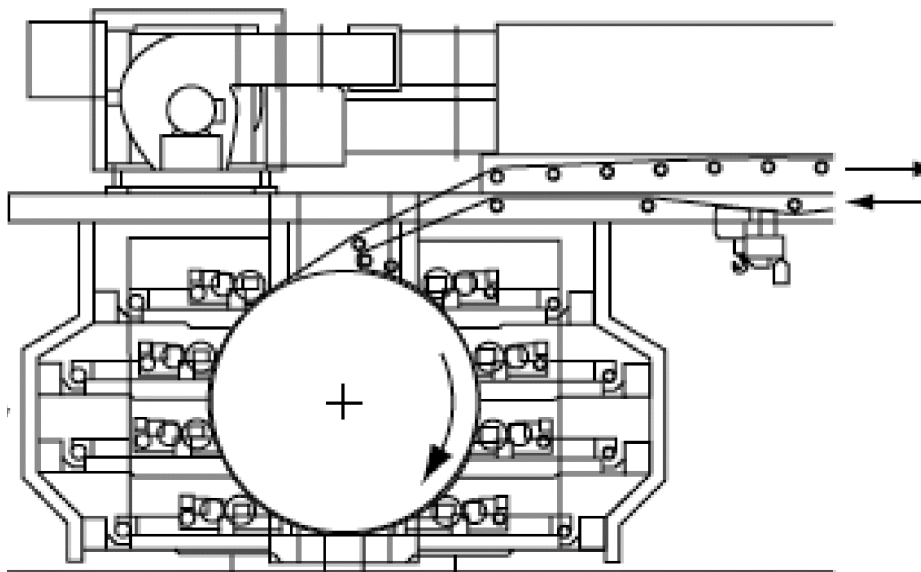
#### 2.5.4.4. *Montažna traka*

Kod tiskovne forme, kako bi se montirala na temeljni cilindar, koristi se montažna traka koja je s obje strane ljepljiva. Montažne trake nemaju samo funkciju držanja tiskovne forme, već i kompenziraju bilo kakve nepravilnosti na površini tiskovne forme te ublažavaju pritisak na rasterski element tokom tiska. Na ovaj način smanjuju se deformacije rasterskih elemenata i povećava dodirna površina. Odabir montažne trake ovisi o izgledu reprodukcije. Za reprodukciju punih tonova koriste se montažne trake veće gustoće, dok se montažne trake manje gustoće koriste za reprodukciju višetonskih rastriranih slika i linija. Kada reprodukcija sadrži rastrirane i pune tonove, tada se koriste montažne trake srednje gustoće [14,30].

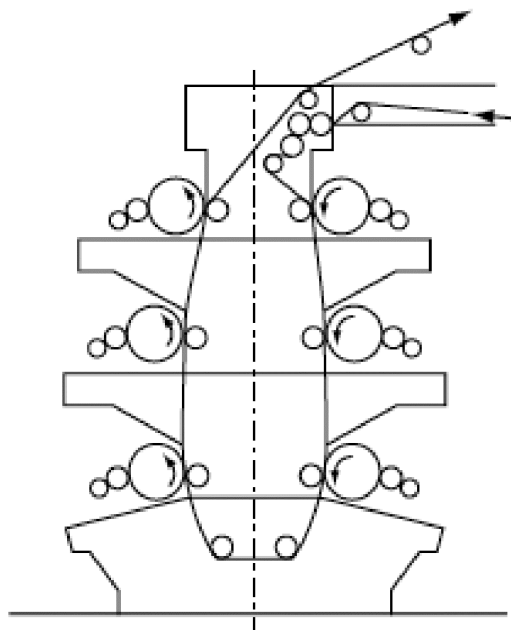
#### 2.5.4.5. *Konstrukcije fleksografskih strojeva*

Konstrukcije fleksografskih strojeva dijele se na tri glavne skupine: strojevi s centralnim cilindrom, strojevi u obliku dimnjaka te strojevi u liniji. Konstrukcija fleksografskog stroja s centralnim cilindrom prikazana je na slici 11. Tiskovne jedinice kod ove konstrukcije smještene su oko centralnog cilindra. Kod ove konstrukcije postignut je odličan paser i smanjuju se promjene tiskovne podloge. Najčešće se koriste za otiskivanje na neupojnim tiskovnim podlogama, odnosno filmovima.





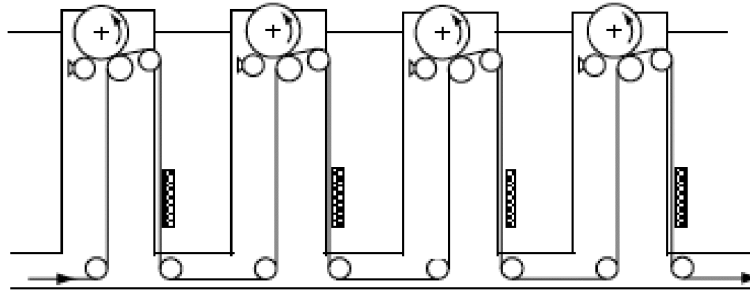
Slika 11. Konstrukcija fleksografskog stroja s centralnim cilindrom [3]



Slika 12. Konstrukcija fleksografskog stroja u obliku dimnjaka [3]

Na slici 12. prikazana je konstrukcija fleksografskog stroja u obliku dimnjaka. Tiskovna podloga kod ove konstrukcije prolazi između tiskovnih jedinice koje su smještene na

vanjskim rubovima konstrukcije. Ova konstrukcija stroja najviše se rabi za tiskanje velikih naklada na širokim rolama.



Slika 13. Konstrukciju fleksografskog stroja u liniji [3]

Konstrukciju fleksografskog stroja u liniji prikazuje slika 13. Kod ove konstrukcije tiskovne jedinice odvojeno su smještene. Ovi strojevi uglavnom se koriste za otiskivanje na uske role, zbog teškog poklapanja pasera i registra, pogotovo na upojnim podlogama [14,30].

#### 2.5.4.6. *Fleksografska bojila*

Prvo korišteno fleksografsko tiskarsko bojilo bilo je vrlo jednostavne građe. Ovo bojilo je vodena ili alkoholna otopina s katranskim bojilima, dobivenim iz anilinskog ulja od indigo biljke. U to doba anilinska bojila koristila su se isključivo za papirne podloge, odnosno vrećice. S razvojem i modernizacijom ustanovljena je toksičnost anilinskog bojila te je zbog toga zabranjena za uporabu kod ambalaža na prehrambenim proizvodima.

Fleksografska bojila sastavljena su od četiri glavnih komponenti: pigment, vezivo, otapalo i pomoćnih sredstava. Bojila sadrže od 10 do 25% pigmenta, od 10 do 40% veziva i od 40 do 50% otapala te od 1 do 11% pomoćnih sredstava za poboljšanje kvalitete bojila.

Jedna od važnijih svojstva fleksografskih bojila jest tečljivost. Koeficijent tečljivosti  $\phi$  svojstvo je tvari da se ne odupire gibanju, odnosno njezino svojstvo lakog tečenja.

$$\phi = \frac{1}{\eta} \quad [Pas]^{-1} \quad (2)$$

gdje je:

$\eta$ [Pa · s] - koeficijent dinamičke viskoznosti,

$\phi$ [Pa · s]<sup>-1</sup> - koeficijent tečljivost.

Tečljivost ovisi o strukturi tvari i temperaturi. Značajno se povećava s porastom temperature, a mjeri se u recipročnim jedinicama viskoznosti. Fleksografska bojila zbog velike tečljivosti jednostavno se dovode djelovanjem pumpe, u komore za bojilo s komornim rakelima, iz koje rastrirani valjak uzima potrebnu količinu bojila. Neiskorišteni dio bojila djelovanjem gravitacije vraća se u spremnik s bojilom.

Konstantnom cirkulacijom bojila kroz komoru za bojilo dolazi do hlapljena otapala i povećanja viskoznosti bojila. Dinamička viskoznost fleksografskih bojila  $\eta = 0.05 - 0.5$  Pa·s [34]. Dinamička viskoznost određuje se koeficijentom  $\eta$ , koji je definiran silom ( $F/S$ ) po jedinici površine koja je potrebna kako bi se postigla jedinična razlika brzine između dva paralelna sloja na udaljenosti  $x$  ( $dv/dx$ ):

$$\eta = \frac{\frac{F}{S}}{\frac{dv}{dx}} = \frac{\tau}{D} \quad (3)$$

gdje je:

$\eta$ [Pa·s] – koeficijent dinamičke viskoznosti,

$\tau = F/S$  [Pa] – smično naprezanje,

$D = dv/dx$  [s<sup>-1</sup>] – gradijent brzine.

Kod *Newtonovih tekućina* tangencijalna napetost ili smično naprezanje u linearnoj je ovisnosti s padom gradijenta brzine,  $D$ . Newtonove tekućine jesu tekućine male viskoznosti, kao što su voda i mineralna ulja te fleksografska bojila. Ako je koeficijent dinamičke viskoznosti  $\eta$  neovisan o gradijentu brzine smicanja, kažemo da se bojilo ponaša kao Newtonova tekućina.

Kod Newtonovih tekućina određuje se kinematička viskoznost ( $\nu$ ), koja predstavlja omjer između dinamičke viskoznosti i gustoće [35]:

$$v = \frac{\eta}{\rho} \quad (4)$$

gdje je:

$v$  [ $\text{m}^2\text{s}^{-1}$ ] – kinematička viskoznost,

$\eta$  [ $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ] – koeficijent dinamičke viskoznosti,

$\rho$  [ $\text{kg m}^{-3}$ ] – gustoća fluida.

Kinematička viskoznost fleksografskih bojila ispituje se pomoću DIN, Fordove ili Zahnove čašice. DIN čašice najviše se koriste u Europi, dok je uporaba Fordovih čašica najčešća u Sjedinjenim Američkim Državama.

Pravilno podešena viskoznost fleksografskih bojila izuzetno je značajna za postizanje visoke kvalitete reprodukcije.

Ostale svojstva fleksografskih bojila jesu brzo sušenje na otisku, ali ne i rastriranom valjku; visoka sposobnost transparentije kod višebojnog tiska, visoka sjajnost, otpornost na otiranje, prihvatljivost bojila na različite tiskovne podloge itd. [3,36].

Fleksografska bojila dijele se na dvije osnovne skupine: konvencionalna i moderna bojila. *Konvencionalna bojila* jesu bojila na osnovi otapala, koja se suše isparavanjem otapala (vode ili alkohola). Glavna funkcija otapala jest rastapanje veziva i disperzija pigmenta. Otapalo omogućuje prijenos bojila na tiskovnu podlogu te se njegovim isparavanjem stvara suhi sloj bojila. *Moderna bojila* sadrže drukčiji proces sušenja, suše se djelovanjem UV energije ili djelovanjem snopa elektrona. Moderna tehnologija s UV energijom omogućuje sušenje vrlo tankog sloja bojila preko polimerizacije radikala ili kationske polimerizacije. Kod *bojila koja se suše UV energijom ('UV bojila')* konvencionalno otapalo zamijenjeno je monomerima male viskoznosti, koji djeluju kao razrjeđivači. Monomeri su lake kemijske supstance koje definiraju površinska svojstva bojila. Oligomeri imaju ulogu veziva i osiguravaju primanje bojila za tiskovnu podlogu [23]. Proces sušenja kod ovih bojila započinje kada na osnovnu komponentu bojila, fotoinicijatore, djeluje UV energija. *Bojila koja se suše djelovanjem snopa elektrona* nazivaju se '*EB bojila*' (electron beam, eng.). Proces sušenja kod ove vrste bojila odvija se djelovanjem ionizirajućeg zračenja s viskom energijom, uslijed koje dolazi do otpuštanja slobodnih elektrona (koji iniciraju kemijsko vezanje bojila).

*Pigment* je kemijska tvar koji pomiješan s vezivom tiskarskom bojilu daje obojenje. Osnovna karakteristika pigmenta jest njegova netopivost u vodi i/ili vezivima u kojima se disperzira. Tiskarsko bojilo jest disperzni sustav s vezivom kao disperznim sredstvom i pigmentom kao disperziranom tvari. Pigmenti sadržavati svojstvo lake disperzije u sustavu vezivo – otapalo. Prema podrijetlu, pigmenti se mogu podijeliti na *prirodne* i *umjetne* ili *sintetske*, dok se prema kemijskom sastavu mogu podijeliti na *anorganske* i *organske* [37]. Kod fleksografskih bojila koriste se anorganski pigmenti titan dioksid za bijeli pigment te čađa za crni pigment. Za ostala obojena tiskarska bojila koriste se većinom organski pigmenti. Kod konvencionalnih fleksografskih bojila i bojila koja se suše energijom koriste se isti ili vrlo slični pigmenti [38]. S obzirom na krajnju uporabu tiskarskog bojila, pigmenti moraju imati dobru svjetlostalnost te otpornost prema otapalu, voskovima, mastima, kiselinama, lužinama, vodi i temperaturi. Za tisak ambalaže dječjih igračka potrebno je koristiti određene toksikološki prihvatljive pigmente.

Pigmenti koji se najviše rabe u fleksografskom tisku jesu kolornog indeksa: *PY 3, 5, 98 (Monoazo yellows)*, *PY 12, 13, 14 (Diaryl yellows)*, *PO 13 (Pyrazolone Orange)*, *PO5 (Permenent Red 2G)*, *PR 53 (Lake Red C)*, *PR 49 (Lithol Rubine)*, *PR 5 (Permanent Red R)*, *PR 101 (željezo oksid)*, *PG 7 (Phthalocyanine Green)*, *PB 15 (Phthalocyanine Blue)*, *PB 62 (Ultramarine)*, *PV 23 (Permanent Violet)*, *PB 7 (čađa)* i *PW 6 (titan-dioksid)*.

*Otapala* su tekuće organske tvari, kemijski čiste, koje otapaju vezivo i zadržavaju ga u stabilnoj otopini tijekom tiska. Vrsta otapala koja će se koristiti u sastavu bojila definira se prema vezivu, rastriranom valjku, pigmentu te proizvodu. Odabir otapala definira se na osnovi nekoliko uvjeta: topljivosti ostalih supstanci unutar tiskovnog bojila, bezbojnosti, potpunosti isparavanja, dobroj kemijskoj otpornosti, neiritirajućem mirisu te što manjoj toksičnosti. Najčešća otapala koja se koriste su *voda*, *etilni alkohol (metilni alkohol)*, *propan-2-ol* i *propilni alkohol*, *n-propil* i *izopropil acetati*, *metoksi propanol* i *etoksi propanol*.

Komponenta *vezivo* ima najznačajniji utjecaj na svojstva bojila. Glavna je uloga veziva nositi pigment te ga vezati s tiskovnom podlogom i štiti ga od fizikalnih i kemijski agresivnih djelovanja. Povećavanjem koncentracije ili molekularne mase veziva poboljšava se svojstvo dobrog prijenosa i adhezije bojila. Unutar samog bojila bitno je odabrati komponente koje se međusobno slažu. Vezivo mora biti topljivo u otapalu, dobro močiti pigment, prijanjati na tiskovni materijal, biti malog mirisa i blijede boje. Veziva koja se često koriste u fleksografskim bojilima jesu *šetak*, *nitrocelulozna (NC)*, *etilceluloza (EC)*, *celulozni acetat*

*propionati (CAP), poliamidne smole (PA), akrilne smole, ketonske smole i polivinilbutiral smole.*

*Dodaci dodjeljuju bojilu određene specijalne osobine koji poboljšavaju svojstva samog bojila. Za povećanje otpornosti od otiranja rabe se voskovi, te silicijev dioksid. Silikoni povećavaju sklizanje ambalaže, a plastifikatori poboljšavaju adheziju bojila na tiskovni materijal. Sredstva za disperziranje i površinske aktivne tvari rabe se za bolje močenja i manje taloženje pigmenta. Fleksografska bojila koja su temeljena na vodi sadrže i sredstva protiv pjenjenja te fungicide.*

*Debljinom sloja bojila nanesenog na tiskovni materijal definira se jačina obojenja pojedine boje. Obojenje bojila definira se također vrstom i koncentracijom pigmenta. Neosušena debljina sloja bojila varira u rasponu od 2 do 15  $\mu\text{m}$ , ovisno o tiskarskom stroju i tiskovnom materijalu [34].*

Tijekom otiskivanja vrlo je bitna brzina tiskanja. Brzina tiskanja na neupojnim materijalima izravno je vezana uz brzinu sušenja bojila. *Proces sušenje* kod konvencionalnih bojila bazira se na *isparavanju lakohlapljivih organskih spojeva (VOC)*. Emisije lakohlapljivih organskih spojeva u atmosferu negativno utječe na okoliš. Naime, VOC spojevi komponente su koje sudjeluju u stvaranju fotokemijskog smoga. Odlukom Europskog vijeća 1999/13/EC grafičke tiskarnice primorane su zamijeniti bojila bazirana na otapalu ili prema definiranim graničnim vrijednostima VOC spojeva, po Odluci 2004/42/EC, nastale VOC spojeve zbrinuti na određeni način. Danas je još uvijek velika primjena bojila baziranih na otapalu, iako se polako uvode zamjenska, odnosno moderna bojila. U tablici su prikazane granične vrijednosti emisije u otpadnim plinovima i granične vrijednosti fugitivnih emisija VOC spojeva za fleksografski tisak, koje su definirane prema Uredbi o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, NN 21/07 članak 87 [39].

Tablica 7. Granične vrijednosti emisije u otpadnim plinovima i granične vrijednosti fuge emisija VOC spojeva za fleksografski tisak [39]

<i>Aktivnost</i> <i>(prag potrošnje</i> <i>otapala u t/god.)</i>	<i>Granična vrijednost</i> <i>emisije u otpadnim</i> <i>plinovima</i> <i>(mg C/m<sup>3</sup>)*</i>	<i>Granična vrijednost</i> <i>fugitivnih emisija</i> <i>VOC spojeva</i> <i>(% unosa otapala)**</i>
Fleksografski tisak (>15)	100	20

\*GVE u otpadnim plinovima na ispustu, izraženo kao ukupni organski ugljik (C)

\*\* fugitivna emisija VOC spojeva-označava emisiju hlapivih tvari ne kroz ispust, već kroz prozore, vrata, ozračene i slične otvore

Dugogodišnjim istraživanjima razvijena su zamjenska bojila: bojila bazirana na vodi te UV bojila i EB bojila.

*Bojila bazirana na vodi* još uvijek sadrže određen udio organskog otapala, koji je potreban za ubrzavanje procesa sušenja. Uporaba ovih bojila i dalje je ograničena na otiskivanja upojnih materijale, zbog procesa sušenja koji se bazira na isparavanju i penetraciji vode u tiskovni materijal. Kod ovih bojila, prilikom otiskivanja na neupojne materijale, često dolazi do djelomičnog ili potpunog sušenja bojila na rastriranom valjku, što utječe na optimalizaciju uvjeta rada.

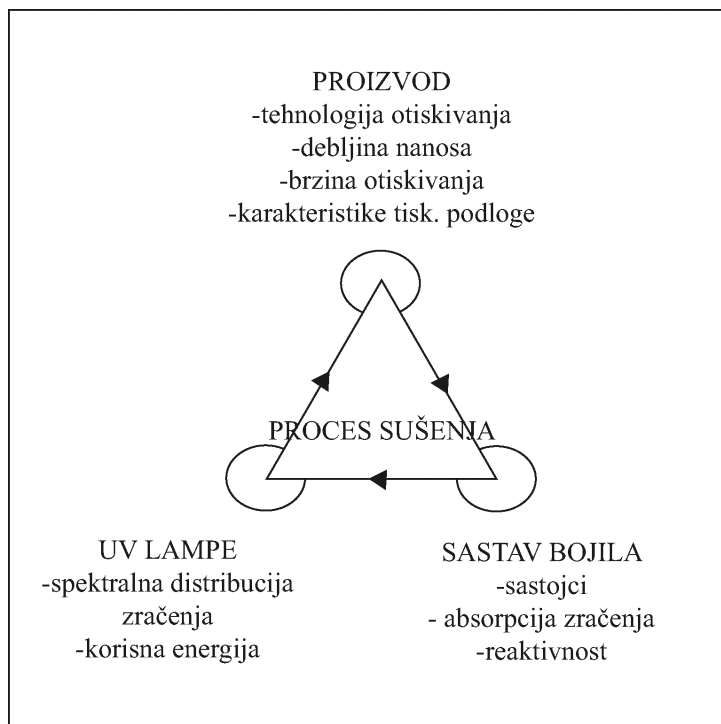
Emisija neželjenih VOC spojeva bitno je smanjena ili u potpunosti izbjegnuta razvojem bojila koja se suše energijom ('*UV bojila*' i '*EB bojila*'). Sušenje energijom podrazumijeva izlaganje kemijski reaktivnog bojila pod izvor energije, pri konvencionalnim brzinama otiskivanja Sušenje pomoću snopa elektrona u manjoj je uporabi zbog sofisticirane opreme i izuzetno velike cijene instalacije. U današnje vrijeme ovaj proces sušenja koristi se isključivo za male naklade [40].

Vrlo popularna alternativa za konvencionalno otiskivanje jest otiskivanje sa sušenjem pomoću UV energije. Tehnologija otiskivanja s UV zračenjem omogućuje brzo sušenje sloja '*UV*

*bojila'* preko fotokemijskog procesa. Sastav ovih bojila u odnosu na bojila bazirana na otapalu i vodi bitno se razlikuje. 'UV bojila' građena su od pigmenata, oligimera, monomera, fotoinicijatora (1-2%) te dodataka [41, 42]. Kod ovih bojila prelazak bojila iz tekuće faze u visoko umreženu čvrstu fazu događa se rapidno na osnovu kemijskih reakcija inicirane ultraljubičastim svjetlom (od 200 nm do 400 nm). Ovisno o vezivima (monomerima i oligomerima) te fotoinicijatorima ova bojila mogu se sušiti na dva načina, preko polimerizacije radikala ili kationske polimerizacije. Polimerizacijom radikala ostvaruje se brzo sušenje bojila preko radikala. Ultraljubičasto zračenje inicira raspadanje fotoinicijatora na dva reaktivna radikala. Radikali se spajaju s monomerima i započinje polimerizacija (slika 15). Kod kationske polimerizacije sušenje bojila događa se pomoću kationa, ali s dugotrajnim sušenjem unutar bojila. U odnosu na polimerizaciju radikala, kod kationske polimerizacije fotoinicijatori se prilikom djelovanja zračenja ne raspadaju na radikale, nego pozitivne i negativne nabijene čestice, ione. Stvaraju se vrlo reaktivni kationi koji se vežu za monomere i započinje lančana reakcija, polimerizacija. Kod kationske polimerizacije UV energija potrebna je samo za iniciranje procesa sušenja, odnosno stvaranje reaktivnih kationa (slika 16) [34]. Najčešći monomeri i oligomeri koji se koriste kod polimerizacija radikala sadrže akrilate ili metakrilatne grupe, te poliesterske, polieterske i epoksi smole. Kod kationske polimerizacije monomeri i oligomeri sadrže epoksi grupe, te vinil etere ili propilen oksid [43].

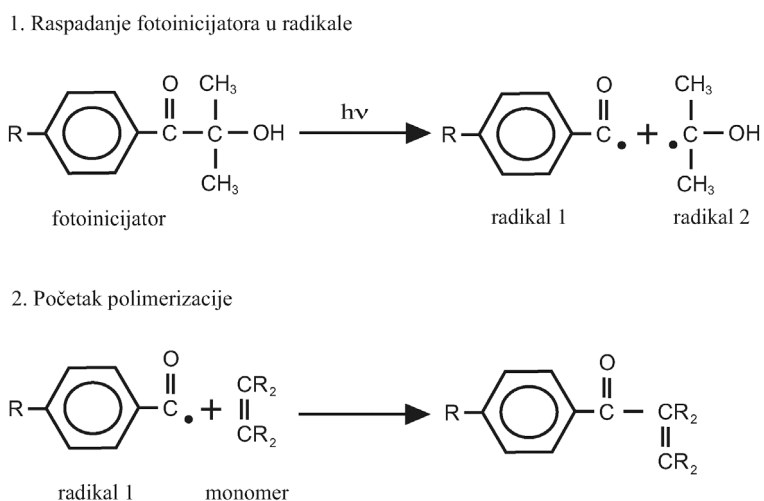
*Brzina sušenja* konvencionalnih bojila pospješuje se dodatkom toplog zraka, a kod 'UV bojila' dodatkom inertnog dušika. Djelovanje inertnog dušika smanjuje nastanak procesa oksidacije, koji usporava polimerizaciju, odnosno sušenje bojila [3,44]. Brzina sušenja otiska izravno utječe na kvalitetu krajnje reprodukcije. Na proces sušenja značajno utječu nekoliko faktora, koji se često zanemaruju, a zbog čega je proces sušenja neadekvatan. Na slici 14. prikazane su faktori koji djeluju na proces sušenja.



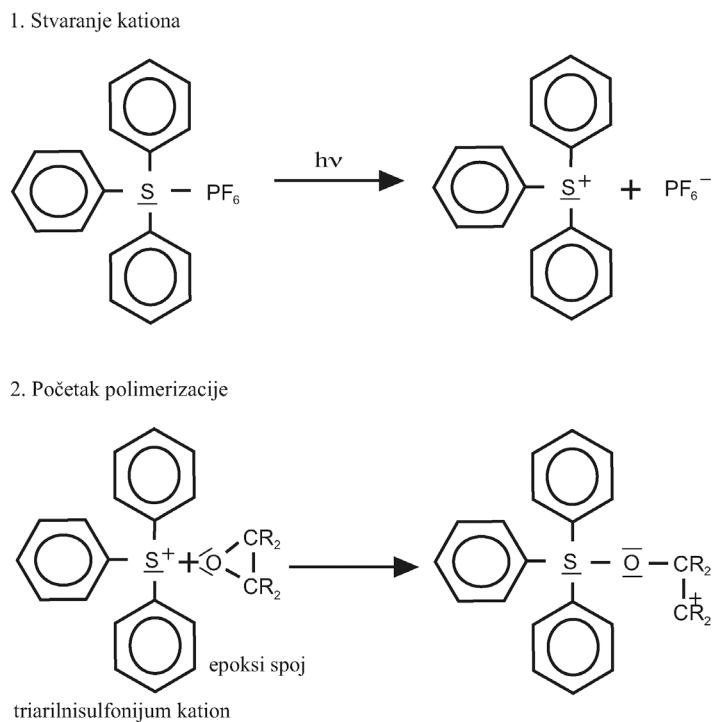


Slika 14. Faktori koji djeluju na proces sušenja kod bojila koja se suše s UV energijom [44]

Energetski sušena bojila, usporedbom s konvencionalnim bojilima, sadrže vrlo intenzivan miris, te radi drugačijeg načina sušenja smanjene su poteškoće pri prijenosu bojila na tiskovnu podlogu. Reprodukcijske s 'UV bojilima' sadrže izuzetno dobru kemijsku i mehaničku otpornost te visoku sjajnost, za što su uglavnom zaslužni oligomeri [40,36].



Slika 15. Polimerizacija radikala [38]



Slika 16. Kationska polimerizacija [38]

*Fotoinicijatori* podijeljeni su u dvije skupine. U vrstu I. ubrajaju se fotoinicijatori alfa-hidroksiketoni (AHK), alfa-aminoketoni (AAK), monoacil-fosfin(oksidi) (MAPO) i disacil-fosfin(oksidi) (BAPO). BAPO fotoinicijator apsorbira i vidljivi dio te ga se ne smije izlagati sunčevu svjetlu. Fotoinicijatori vrste II. su benzofenon (BP) i izopropil tioksanton (ITX). Ovi fotoinicijatori stvaraju slobodne radikale jedino u suradnji s aminima (EDB, EHA, trietanolamin) ili amin akrilatima. Amini i akrilati ponekad se dodaju i fotoinicijatorima vrste I. kako bi se smanjila oksidacija i ubrzalo sušenje bojila. Fotoinicijatori koji se koriste u bojilima za polimernu ambalažu i etiketne materijale trebaju zadovoljiti definirane uvjete prema Odluci 82/711/EEC [34,44].

*UV lampa*, koja je građena od visoko kvalitetnog kvarcnog stakla, proizvodi samo 45% UV energije koja pada na podlogu, ostali udio UV energije emitira od reflektora, koji su smješteni oko UV lampe. Najčešće se koriste reflektori od aluminijskog materijala, a ovaj materijal sadrži izvrsnu refleksiju do 90% UV energije, dok krom reflektira samo 60%. Reflektori su obično u obliku elipsoidnog ili parabolnog poklopca, koji je zračno ili vodeno hlađen [44]. Konvencionalna bojila i 'UV bojila' nisu pogodna za direktan kontakt s hranom te se koriste za vanjski tisak na prehrambenoj ambalaži.

Primjer sastava fleksografskog bojila na bazi otapala prikazan je u tablici 8, a primjer bojila koja se suše UV energijom za visoki tisak (knjigotisak) prikazan je u tablici 9. Bojila koja se suše UV energijom za tehnologiju fleksografskog tiska sadrže vrlo slične koncentracije kao bojila za tehnologiju knjigotiska.

Tablica 8. Primjer sastava tiskarskog bojila na bazi otapala [34]

<b>TISKARSKO BOJILO</b>	<b>SASTAV</b>	
<b>BOJILO NA BAZI OTAPALA</b>	organski pigment	12%
	poliamidna smola	20%
	maleinska ili fenolna smola	3%
	propan-1-ol	22%
	propan-2-ol	22%
	alifatski ugljikovodik	15%
	polietilen (vosak)	5%
	amidi masnih kiselina	1%

Tablica 9. Primjer sastava knjigotiskarskog bojila koje se suši UV energijom [34]

<b>TISKARSKO BOJILO</b>	<b>SASTAV</b>	
<b>BOJILO KOJE SE SUŠI UV ENERGIJOM</b>	litol rubin pigment	10%
	epoksi akrilat	14%
	poliester akrilat	35%
	poliuretan akrilat	20%
	monomer tripropilenglikol -diakrilat (TPGDA)	8%
	talk (magnezij silikat monohidrat)	2%
	fotoinicijator	8%
	dodateci (vosak itd.)	3%

## ***2.6. Kontrola kvalitete reprodukcije***

Kontrola kvalitete reprodukcije donedavno se odvijala samo ukupnim subjektivnim doživljajem reprodukcije. Uvođenje kontrolnih stripova (signalnih i mjernih) povećana je preciznost i ponovljivost kvalitete. Objektivno ispitivanje kvalitete reprodukcije većinom se provodi samo s jednim parametrom. Za preciznije određivanje sveukupne kvalitete reprodukcije potrebno je koristiti veći broj kvalitativnih parametara. Realno definiranje kvalitete reprodukcije moguće je jedino korelacijom i sintezom subjektivnog doživljaja i objektivnih analiza.

### ***2.6.1. Doživljaj višebojne reprodukcije***

Osnovni problem prilikom reproduciranja vizualne informacije jest neujednačenost doživljaja ljudskog oka sa stvarnom spektralnom informacijom koja dolazi s neke površine [45]. Svaka reprodukcija višebojnih originala teži prijenosu što većeg raspona boja unutar vidljivog dijela spektra [46]. Prilikom prijenosa informacije o boji iz jednog medija u drugi, informaciju o boji potrebno je transformirati u određeni oblik kako bi se sa što boljim opisom boje prenijela na željeni medij. Osnovni problem prilikom reproduciranja vizualne informacije jest neujednačenost doživljaja ljudskog oka sa stvarnom spektralnom informacijom koja dolazi s neke površine [45]. Definiranjem refleksije svjetlosti s tristimulusnim vrijednostima kao opisom boje riješen je ovaj problem. Tristimulusne vrijednosti  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  dobivaju se jednadžbom (5) iz vrijednosti primarnih komponenti  $R$ ,  $G$ ,  $B$  [47].

$$X = 0,49R + 0,31G + 0,20B$$

$$Y = 0,17697R + 0,82140G + 0,01063B \quad (5)$$

$$Z = R + 0,01G + 0,99B$$

Tristimulusnim vrijednostima moguće je opisati boju u trodimenzionalnom prostoru boja prikazujući ih vrijednostima triju koordinata  $(X, Y, Z)$  [48]. Tristimulusne informacije ne mogu biti prevedene u spektralne informacije. Međutim, spektralne informacije mogu biti prevedene u tristimulusne za bilo koji uređaj i pod bilo kojim uvjetima. Tristimulusni modeli ovise o izvoru svjetla i uređaju, a da bi odredili tristimulusne informacije potrebno je odrediti uvjete pri kojima je postignuta usklađenost [49].

Prvi korak pri transformaciji vizualne informacije jest pretvaranje spektralne informacije u  $CIEXYZ$  prostor boja. Zbog neusklađenosti uređaja različitih proizvođača prilikom transformacije potrebno je koristiti prozapis uređaja. Prozapis u procesu usklađivanja boje predstavlja tabelarni zapis koji sadrži informacije o karakteristikama reproduciranja samog uređaja ili prostora boja. Profil nekog uređaja dobiva se kalibracijom, karakterizacijom i kombinacijom obaju postupaka. Profil uređaja određuje način reprodukcije boja na navedenom uređaju, te pretvorbu iz jednog u drugi prostora boje. Najčešća pretvorba je iz  $CIE XYZ$  prostor boja u željeni, novi prostor boja. Prije transformacije prostora boja potrebno je izvesti *kalibraciju*. Kalibracija je podešavanje medija, uređaja ili procesa tako da daje ponovljive vrijednosti te se time ostvaruje visoka vjernost u procesu reprodukcije boja [37].

Transformacijom tristimulusne vrijednosti  $CIEXYZ$  iz medija u medij dolazi do smanjenja zasićenosti reflektirane svjetlosti. Prije otiskivanja reprodukcije, tristimulusne informacije potrebno je transformirati u  $RGB$  sustav koji se koristi za procesiranje vizualnih informacija [50]. Kako je  $RGB$  sustav ovisan o mediju ili uređaju, od 1998. u upotrebi je  $sRGB$  standardni prostor boja. Transformacija  $CIEXYZ$  vrijednosti u  $sRGB$  standardni prostor boja izračunava se preko matrice [51].:

$$\begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,2410 & -1,5374 & -0,4986 \\ -0,9692 & 1,8760 & 0,0416 \\ 0,0556 & -0,2040 & 1,0570 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (6)$$

gdje oznake  $R_{sRGB}$ ,  $G_{sRGB}$  i  $B_{sRGB}$  predstavljaju linearizirane  $RGB$  vrijednosti, a  $X$ ,  $Y$  i  $Z$  su njihove korespondirajući tristimulusne vrijednosti.

Takvom transformacijom tristimulusnih vrijednosti dobiva se trodimenzionalni prostor boja, kojemu su tri osnovne koordinate  $R$ ,  $G$  i  $B$  (boje aditivne sinteze). U ishodištu ovog sustava nalazi se crna boja, a nasuprot nje nalazi se bijela boja.

Za reprodukciju vidljivog dijela spektra na određenom mediju (tiskovnoj podlozi) potrebno je koristiti bojila suptraktivne sinteze. Kako bi dobili bojila suptraktivne sinteze, standardni *sRGB* model boja transformira se u *CMYK* model na sljedeći način:

$$\begin{aligned}
 C &= 1 - R \\
 M &= 1 - G \\
 Y &= 1 - B \\
 K &= \min(R, G, B)
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

za raspon vrijednosti od 0 do 1.

Takvom transformacijom dobiva se, također, trodimenzionalni (heksaedar) prostor boja, kojemu su tri osnovne koordinate *C*, *M* i *Y* (boje suptraktivne sinteze). U ishodištu sustava nalazi se bijela boja, a nasuprot joj je crna boja.

Doživljaj višebojne reprodukcije u oku nastaje uslijed ulaska svjetlosti u oko i pobude čunjića koji su osjetljivi na određene valne duljine. Ova vrsta miješanja boja u ljudskom oku naziva se *aditivno miješanje boja*. Miješanje reflektirane svjetlosti s obojenih ili pigmentiranih površina, gdje se javlja površinska apsorpcija i transmisija svjetlosti, naziva se *suptraktivno miješanje boja*.

U grafičkoj reprodukciji miješanjem tri bojila suptraktivne sinteze u određenim odnosima može se dobiti refleksija svjetlosti skoro cijelog dijela vidljivog spektra. Raspon refleksije svjetlosti postiže se *rasterskim miješanjem bojila* suptraktivne sinteze. Zbog «neidealne» refleksije svjetlosti boja s tiskovne površine uključuje se crno bojilo, koje povećava raspon refleksije svjetlosti.

Spektralna refleksija rasterskog miješanja boja prikazuje se kao [52]:

$$\begin{aligned}
 R(\lambda) = & a_w R_w(\lambda) + a_c R_c(\lambda) + a_m R_m(\lambda) + a_y R_y(\lambda) + a_{cm} R_{cm}(\lambda) \\
 & + a_{my} R_{my}(\lambda) + a_{cy} R_{cy}(\lambda) + a_{cmy} R_{cmy}(\lambda)
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

gdje su  $R_c(\lambda)$ ,  $R_m(\lambda)$ ,  $R_y(\lambda)$  vrijednosti refleksije primarnih stimulusa,  $R_{cm}(\lambda)$ ,  $R_{my}(\lambda)$ ,  $R_{cy}(\lambda)$ ,  $R_{cmy}(\lambda)$  refleksije preklapajućih boja,  $R_w(\lambda)$  refleksije netiskane površine,  $a_w$  udio netiskane

površine,  $a_c$ ,  $a_m$  i  $a_y$  udio pokrivenosti pojedinačnih boja, i  $a_{cy}$ ,  $a_{my}$ ,  $a_{cm}$ ,  $a_{cmy}$  udjeli pokrivenosti površina preklapajućih boja, a  $c$ ,  $m$  i  $y$  predstavljaju pokrivenosti površina primarnih komponenti  $C$ ,  $M$  i  $Y$ .

Spektralna refleksija rasterskog miješanja boja može se prikazati s vrijednostima  $X$ ,  $Y$ , i  $Z$ .

$$\begin{aligned} X &= a_w X_w + a_c X_c + a_m X_m + a_y X_y + a_{cm} X_{cm} + a_{my} X_{my} + a_{cy} X_{cy} + a_{cmy} X_{cmy} \\ Y &= a_w Y_w + a_c Y_c + a_m Y_m + a_y Y_y + a_{cm} Y_{cm} + a_{my} Y_{my} + a_{cy} Y_{cy} + a_{cmy} Y_{cmy} \\ Z &= a_w Z_w + a_c Z_c + a_m Z_m + a_y Z_y + a_{cm} Z_{cm} + a_{my} Z_{my} + a_{cy} Z_{cy} + a_{cmy} Z_{cmy} \end{aligned} \quad (9)$$

Odnos refleksije  $R$  s tiskovne površine uslijed pokrivenosti rasterskim elementima  $a$  i linearne ovisnosti s integralnom gustoćom obojenja punog polja  $R_s$  te netiskovnih elemenata  $R_0$ , može se prikazati kao [53]:

$$R(a) = aR_s + (1 - a)R_0 \quad (10)$$

gdje se može izračunati i pokrivenost tiskovne površine:

$$a = \frac{R_0 - R}{R_0 - R_s} \quad (11)$$

za  $a$  u području od 0 do 1 kada je  $R=R_0$ , tj.  $R=R_s$ .

Integralna gustoća obojenja ( $D_i$ ) definira se kao refleksija ukupne svjetlosti koja dolazi u oko ili u denzitometar, neovisno o rasterskoj vrijednosti. Integralna gustoća obojenja izračunava se kao vrijednost logaritma opaciteta:

$$D_i = \log O = \frac{1}{R} \quad (12)$$

Rastersko miješanje boja postiže se procesom rastriranja. Rastriranje je proces u kojem se različite polutonske vrijednosti reproduciraju kao tiskovni ili netiskovni elementi. Procesom rastriranja nastaju rasterski elementi koje ljudsko oko zbog tromosti i nemogućnosti prepoznavanja malih rasterskih elemenata percipira kao višetonsku reprodukciju. U današnje

vrijeme rastriranje predloška ili tiskovne forme u potpunosti je digitalizirano i obavlja se na različite načine. Dva osnovna načina rastriranja jesu amplitudno modulirano rastriranje i frekventno modulirano rastriranje. Podskupine rastriranja jesu hibridno rastriranje (kombinirano rastriranje) i raster s modulacijom obojenja [37].

### ***2.6.2. Ukupna količina bojila na tiskovnoj podlozi***

Prilikom rastriranja kod višebojnih reprodukcija postoje ograničenja s obzirom na ukupan nanos bojila na tiskovnu podlogu (total area coverage / tone value sum, eng.). Zanimari li se ovo tehničko ograničenje, dolazi do smanjenja reprodukcije predzadnjeg ili zadnjeg bojila. Ova se bojila djelomično otisnu ili se uopće ne otisnu. Ukupna količina bojila na tiskovnoj podlozi definira se na tamnijim dijelovima višebojnih reprodukcije, a ovisi o vrsti bojila, tiskovnoj podlozi i uvjetima tokom samog procesa tiska. Prilikom pripreme originala, ukupnu količinu bojila potrebno je pravilno podesiti kod definiranja prostora boja (ICC Profil) u programu gdje je rađena priprema buduće reprodukcije.

U fleksografskom tisku, prema preporukama standarda ISO 12647-6 [54] potrebno je poštivati ova ograničenja ukupne količine bojila:

Valovita ljepenka: 270-300%;

Premazani papir: 280-300%;

Nepremazani papir: 290-320%;

Film ili folija: 270-290%.

Neispravno podešavanje ukupne količine bojila moguće je jedino vizualno detektirati.



### 2.6.3. Kvalitativni parametri

#### 2.6.3.1. Gamut

Gamutom reprodukcije definira se raspon tonaliteta u CIE prostoru boja, koje je moguće postići u jednom reproduksijskom sustavu. Raspon tonaliteta koji se izražava u kubnim vrijednostima CIE L\*a\*b\* sustava (CCU) u velikoj mjeri ovisi o pigmentima koji se koriste u bojilima. Neki od faktora koji također imaju utjecaj na gamut reprodukcije jesu transparentnost bojila, sjajnost tiskovne podloge, način rastriranja, unutarnje raspršenje svjetlost u tiskovnoj podlozi, debljina nanosa bojila, apsorpcija tiskovne podloge i primanje bojila na bojilo [55]. Pretvorbom informacija koje se transformiraju za specifičan uređaj ili medij, informacije o boji mijenjaju se po određenim zakonitostima. Ove transformacije rezultiraju smanjenjem raspona tonaliteta reprodukcije s obzirom na original. Bitno je naglasiti da je vizualni doživljaj koje ljudsko oko u prirodi doživljava stimuliran najvećim rasponom tonaliteta.

Osnova svake reprodukcije jest ujednačavanje doživljaja između gamuta originala i gamuta reprodukcije.

Za izračunavanje gamuta koristi se metoda *Neugebauerov model rastriranja*, koja se može prikazati kao [52,56]:

$$\begin{aligned} c(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) = & (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)g_p + (\alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)g_{p1} \\ & + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)g_{p2} + (\alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)g_{p12} \\ & + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)g_{p3} + (\alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)g_{p13} \\ & + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)g_{p23} + (\alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)g_{p123} \end{aligned} \quad (13)$$

gdje  $c$  površina obojana s tri bojila kao funkcija tri površinske vrijednosti pokrivenosti  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  i  $\alpha_3$ . Boju tiskovne podloge predstavlja  $g_p$ , prvo bojilo tiskano na tiskovnoj podlozi predstavlja  $g_{p1}$ , prvo i drugo bojilo tiskano na tiskovnoj podlozi predstavlja  $g_{p12}$ , prvo, drugo i treće bojilo tiskano na tiskovnoj podlozi predstavlja  $g_{p123}$  [57].

Za  $n$  boja postoje  $2^n$  tiskarskih primara. Dio tiskarske površine bojila označimo s  $\alpha_1$ , i integralne vrijednosti obojenja označimo kao  $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$  tada se Neugebauerov model za  $n$  bojila može izračunati kao zbroj svih tiskovnih vrijednosti  $q$  [58].

$$c(\alpha) = \sum_{q=1}^{2^n} \left[ \prod_{i=1}^n f(q, i, \alpha) \right] \cdot g_q \quad (14)$$

gdje je  $f(q, i, \alpha) = \begin{cases} \alpha & \longrightarrow \text{kada je } q \text{ zajedno s boju } i \\ 1 - \alpha & \longrightarrow \text{kada } q \text{ nije zajedno s bojom } i \end{cases}$

Kada prikazani model stavimo u odnos s  $\Omega_{CIE}$  opsegom numeričkih vrijednosti u određenom selektivnom području CIE prostora boja tada je  $\Omega_{otiska}$  opseg numeričkih kontroliranih vrijednosti boje određenog medija [59].

$$G = \left\{ t \in \Omega_{CIE} \left( \exists c \in \Omega_{otiska} \text{ za koje vrijedi } F_{ure} (c) = t \right) \right\} \quad (15)$$

Gamut medija određuje se jednadžbom 15, gdje  $F_{uređaja}$  predstavlja funkciju koja obavlja transformaciju iz zavisnog prostora boja medija u CIE prostor boja. Oznaka  $t$  predstavlja informaciju o boji u CIE prostoru, a oznaka  $c$  njezinu transferiranu vrijednost u zavisnom prostoru boja medija.

### 2.6.3.2. Reprodukcijska linija

Kvalitetna reprodukcija linija vrlo je bitan parametar za definiranje kvalitete reprodukcije. Kvalitetnom reprodukcijom linija definira se kvaliteta reprodukcija teksta i grafika te kvaliteta reprodukcije bar kodova ili simbola za identifikaciju i transport proizvoda.

Bar kod izumljen je oko 1950. i danas je standardizirana metoda za identifikaciju proizvoda, proizvođača i praćenje proizvoda. Postoji oko 220 različitih bar kodova, dok je samo nekoliko trenutačno u uporabi [6]. Većina bar kodova sastavljena je od crnih i bijelih linija, koje predstavljaju digitalno kodiranje informacije. Čitač dobiva digitalno kodiranje informacije s obzirom na različite impulse reflektirane svjetlosti. Osnovni bar kodovi koji se koriste su EAN («European Article Number») i UPC («Universal Product Code»).

Kvalitetna reprodukcija linija određuje se vrijednošću odstupanja u veličini, vrijednošću popunjenosti te vrijednošću nazubljenosti linije i oštine linije. Ove karakteristike osnovne su vrijednosti za definiranje kvalitete bar kodova i ostalih simbola za identifikaciju i transport proizvoda [32]. Bar kodovi i ostali simboli za identifikaciju i transport proizvoda potrebno je otiskati u smjeru tiska [12].

Širina linije i drugi parametri koji opisuju liniju definiraju se prema standardu ISO 13660. Mjerenja prema ovom standardu temeljena su na koeficijentu refleksije ( $R$ ), prema geometriji osvjetljenja  $0^\circ/45^\circ$  i osvjetljenju  $A$ .

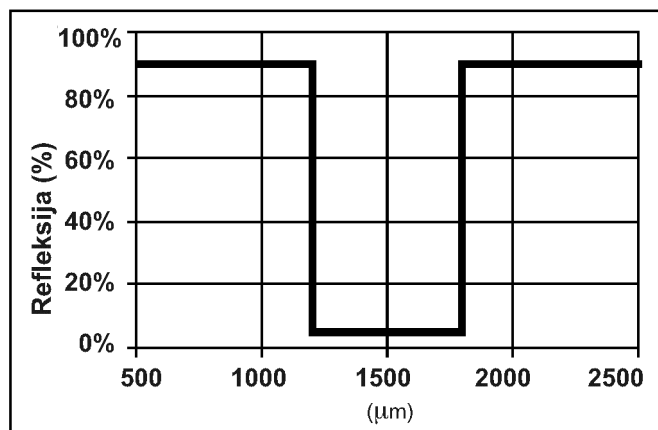
Izgled koeficijenata refleksije idealne linije bez deformacija prikazan je na slici 17. Prilikom procesa otiskivanja linija dobiva drukčiji izgled (slika 18). Kod reproducirane linije teško je definirati početak i kraj linije, stoga se prema standardu širina linije promatra prema jednadžbi:

$$R_{60} = R_{\max} - 60\%(R_{\max} - R_{\min}) \quad (16)$$

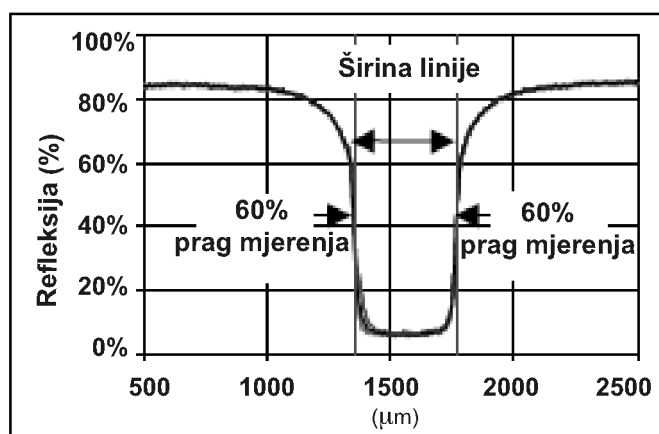
gdje su  $R_{\max}$  maksimalna vrijednost koeficijenta reflektancije (tiskovna podloga), a  $R_{\min}$  minimalna vrijednost koeficijenta reflektancije (bojilo).

Suprotna karakteristika oštini ruba linije jest mutnost ruba. S tom karakteristikom opisuje se magloviti ili nejasni rub linije. Mutnost ruba linije definira koeficijente refleksije u rubnom području linije (na 10% i 90% od širine linije).

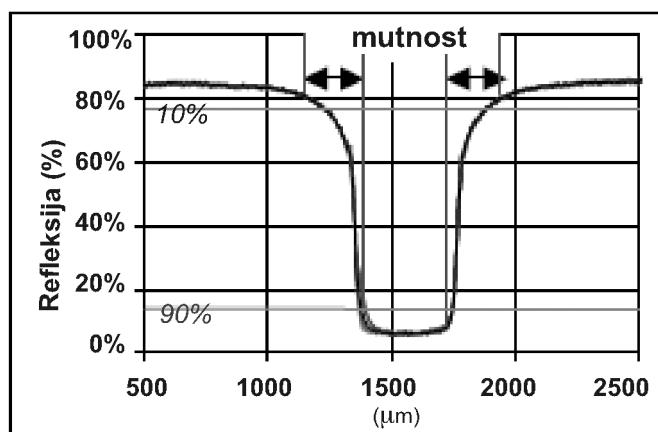
Nazubljenost ruba linije geometrijska je promjena ruba linije u odnosu na idealnu referencu. Određuje se na osnovi standardne devijacije promjena u odnosu na idealnu ravnu liniju ( $R_{60}$ ). Popunjenost linije promatra se na 90% linije te se izražava kao omjer koeficijenta refleksije  $R_{75}$  i ukupnog koeficijenta refleksije [60].



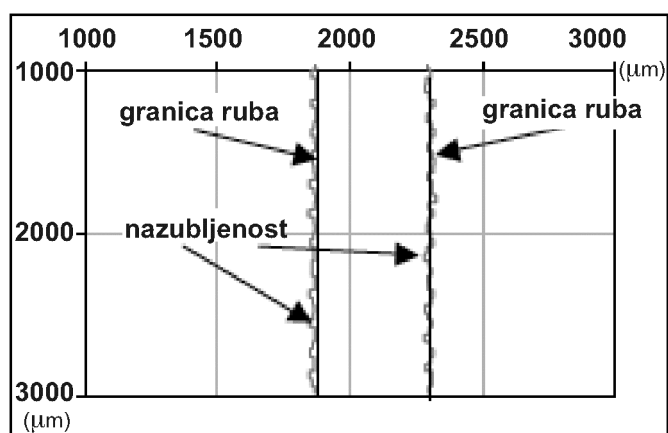
Slika 17. Refleksija idealne linije bez deformacija [61]



Slika 18. Refleksija realne linije i definiranje širine linije [61]



Slika 19. Definiranje mutnosti ruba linije [61]



Slika 20. Definiranje nazubljenosti ruba linije [61]

### 2.6.3.3. *Optimalan sivi balans*

Reprodukcija motiva koji imaju velik udio tiskovne površine u malim kromatskim vrijednostima moguće je vrlo kvalitetno obaviti ispitivanjem polja koje je sastavljeno od cijana, magenta i žutog bojila, s točno definiranim rastertonskim vrijednostima. Spomenuto polje pri kvalitetnoj reprodukciji sadrži sivo obojenje. Kako bi se akromatski osjećaj ovog polja mogao vizualno usporediti sa stvarnim akromatskim poljem, obično se pored ovog polja nalazi rastrirano polje s crnim bojilom [57]. Opisana polja koja su kontrolni strip ili se nalaze unutar njega nazivaju se polja za definiranje optimalnog sivog balansa. Optimalni sivi balans prikazuje međusobnu ravnotežu između triju (C, M i Y) bojila. Debljina nanosa pojedinog bojila varira tijekom procesa višebojnog tiska, stoga je potrebno promjene konstantno kontrolirati i dovesti ih „unutar tolerancije“.

Preporučene rastertonske vrijednosti polja za definiranje optimalnog sivog balansa prema standardu ISO 12647-6 [54] prikazane su na slici 21.

Slika 21 . Rastertonske vrijednosti polja za definiranje optimalnog sivog balansa prema standardu ISO 12647-6

Crna 75%	Cijan 75% Magenta 65% Žuta 65%
Crna 50%	Cijan 50% Magenta 40% Žuta 40%
Crna 25%	Cijan 25% Magenta 20% Žuta 20%

Navedena polja kontroliraju se vizualnim i spektrofotometrijskim ispitivanjem. Spektrofotometrijskim ispitivanjem, odnosno kolorimetrijskim vrijednostima ( $CIE L^*a^*b^*$ ) opisuje se obojenje koje doživljava prosječno ljudsko oko. Kolorimetrijskim vrijednostima svjetlina se izražava s veličinom  $L^*$ , a pomoću vrijednosti  $a^*$  i  $b^*$  ton boje. Spektrofotometrijskim vrijednostima uključuje se ljudska percepcija, distribucija spektralne energije izvora svjetlosti, spektralna refleksija od objekta i spektralni zapis s obzirom na standardnog promatrača [62]. Optimalni sivi balans određuje se Euclidean razlikom ili kolorimetrijskom razlikom boje ( $\Delta E$ ) [55] između polja koje je sastavljeno od cijan, magenta i žutog bojila ( $b$ ) te polje s crnim bojilom ( $s$ ).

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)} \quad (17)$$

gdje je

$$\begin{aligned}
L' &= L^* \\
a' &= (1 + G)a^* \\
b' &= b^* \\
C_{ab}^* &= \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \\
\bar{C}_{ab}^* &= \frac{(C_{ab}^* + C_{ab}^*)}{2} \\
G &= 0.5 \left( 1 - \sqrt{\frac{\bar{C}_{ab}^{*7}}{\bar{C}_{ab}^{*7} + 25^7}} \right) \\
h' &= \tan^{-1}(b'/a') \\
\Delta L' &= L'_b - L'_s \\
\Delta C' &= C'_b - C'_s \\
\Delta H' &= 2\sqrt{C'_b C'_s} \sin\left(\frac{\Delta h'}{2}\right) \\
\Delta h' &= h'_b - h'_s \\
S_L &= 1 + \frac{0.015(\bar{L}' - 50)^2}{\sqrt{20 + (\bar{L}' - 50)^2}} \\
S_C &= 1 + 0.045\bar{C}' \\
S_T &= 1 + 0.015\bar{C}'T \\
T &= 1 - 0.17 \cos(\bar{h}' - 30^\circ) + 0.24 \cos(2\bar{h}') + 0.32 \cos(3\bar{h}' + 6^\circ) - 0.20 \cos(4\bar{h}' - 63^\circ) \\
R_T &= -\sin(2\Delta\theta)R_C \\
\Delta\theta &= 30 \exp\left\{-\left[\frac{(\bar{h}' - 275^\circ)}{25}\right]^2\right\} \\
R_C &= 2\sqrt{\frac{\bar{C}'^7}{\bar{C}'^7 + 25^7}}
\end{aligned}$$

$\bar{L}'$ ,  $\bar{C}'$ ,  $\bar{h}'$  vrijednosti prikazuju aritmetičke sredine od  $L'$ ,  $C'$  i  $h'$  para uzoraka ( $b$  i  $s$ ).

$\Delta R$  predstavlja interaktivnu izraz razlika između kromatičnosti i tona.  $S_L$ ,  $S_C$ ,  $S_H$  su funkcije težine za svjetlinu, kromatičnost i ton. Faktori  $k_L$ ,  $k_C$ ,  $k_H$  definiraju se s obzirom na uvjete promatranja, kao što su tekstura i pozadina [63].

Tablica 10. Tolerancije Euclideanove razlike boja [57]

Vrijednost $\Delta E$	tolerancija
< 1	smatra se da prosječno ljudsko oko ne vidi razliku
1 - 2	vrlo mala razlika, razlika optimalna
2 – 3,5	umjerena razlika
3,5 – 5	razlika
5 >	velika razlika

#### 2.6.3.4. *Prihvatanje bojila na bojilo*

Višebojna reprodukcija stvara se na principu otiskivanja osnovnih bojila supraktivne sinteze s dodatkom crnog bojila. Različiti tonaliteti reprodukcije postižu se tiskanjem punih tonova i rasterskih elemenata jedan preko drugog. Prihvatanje bojila na bojilo sposobnost je jednog bojila da ravnomjerno prekrije prethodno bojilo.

Godine 1953. Preucil definirao je ovaj parametar za upravljanje i kontrolu reprodukcije, zajedno s parametrom 'pogreška tona' [64]. Preucil smatra da je primanje bojila na bojilo uvijek slabije u odnosu primanja bojila na papir. Preucil je 1958. objavio prvu metodu (jednadžba 18) za određivanje parametra prihvatanja bojila na bojilo [65]. Ovaj parametar definirao je kao 'prividno prihvatanje bojila na bojilo' (apparent trapping, eng.) budući da se s njim ne određuje točna količina bojila koja je prenesena.

$$AT = \frac{D_{op} - D_1}{D_2} \times 100 \quad (18)$$

gdje je  $D_{op}$  – gustoća obojenja polja dva bojila na istoj površini mjerena komplementarnim filtrom drugog bojila;  $D_1$  – gustoća obojenja prvog bojila na površini punog tona;  $D_2$  – gustoća obojenja drugog bojila na površini punog tona.



Preucil je smatrao da ljepljivost bojila prilikom prijenosa bojila ima glavni utjecaj na primanje bojila na bojilo.

Brunner (1983) razvio je drugu metodu za definiranje prihvaćanja bojila na bojilo [66]. U Brunnerovoj jednadžbi (19) refleksija polja s dva bojila na istoj površini je podijeljena sa sumom refleksija prvog i drugo bojila.

$$T = \frac{1 - 10^{-D_{op}}}{1 - 10^{-(D_1 + D_2)}} \times 100 \quad (19)$$

Godine 1996. Ritz je predložio novi način za određivanje prihvaćanja bojila na bojilo [67]. Različito primanje bojila na bojilo pripisuje svojstvima podloge. Smatra da se prvo otisnuto bojilo ravnomjerno prima na tiskovnu podlogu, dok sljedeće bojilo sadrži rupe u sloju bojila. Neravnomjerno primanje bojila na prethodno bojilo pripisuje utjecaju otopine za vlaženje kod plošnog tiska.

Ritzova metoda za definiranje prihvaćanja bojila na bojilo izvedena je iz Murray-Davies jednadžbe.

$$T = \frac{1 - 10^{-(D_{op} - D_1)}}{1 - 10^{-D_2}} \times 100 \quad (20)$$

Kod svih metoda integralne gustoće bojila ( $D_i$ ) se promatraju s komplementarnim filtrom drugog bojila.

#### 2.6.3.5. *Linearnost gradacije rastertonskih vrijednosti*

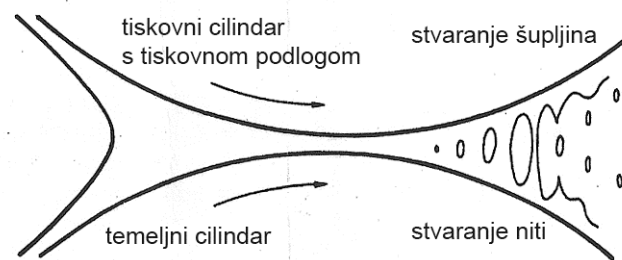
Gradacije rastertonskih vrijednosti postepeno je povećanje rastertonske vrijednosti iz 0% rastertonske do punog tona (vignette, eng). Linearnost gradacije rastertonskih vrijednosti u direktnoj je ovisnosti s kvalitetom reprodukcije. Analizom gradacije rastertonskih vrijednosti

moguće je definirati kada počinje reprodukcija rastertonskih vrijednosti i koje rastertonske vrijednosti nisu reproducirane [32].

Kod višebojnih reprodukcije, gdje je veći dio motiva baziran na gradaciji tonova, iznimno je bitno reproducirati što veći raspon tonova.

#### 2.6.3.6. Zrnatost i nejednolična reprodukcija punih tonova

Neravnomjerna pokrivenosti tiskovne podloge s bojilom definira se kao nehomogenost bojila na tiskovnoj podlozi. Smatra se kako zrnatost i nejednolična reprodukcija punih tonova uzrokovana od niti koja se javljaju prilikom razdvajanja slojeva bojila u trenutku prijenosa bojila (Slika 22).



Slika 22. Razdvajanje tiskarskog bojila tijekom procesa tiska [34]

Ovu deformaciju moguće je smanjiti s dodacima (otapalom ili kod pastoznih bojila voskom). Grace and Mangin (1988) među prvima su koji su ispitivali ovu deformaciju na tiskovnim podlogama. Ustanovili su kako razdvajanje bojila postaje asimetrično pri povećanom nanosu bojila i povećanoj brzini tiska. Objasnili su kako je asimetrično razdvajanje bojila bazirano na ulasku zraka između bojila i tiskovne podloge [34]. Posljednjih nekoliko godina razvili su se različiti modeli za definiranje neravnomjerne pokrivenosti tiskovne podloge s bojilom. Svi modeli vrlo su slični i baziraju se na sličnim ili istim faktorima. Glavne komponentne, koje uzrokuju neravnomjerne pokrivenosti tiskovne podloge s bojilom jesu interakcija između tiskovnog stroja i tiskovnog bojila, interakcija između tiskarskog stroja i tiskovne podloge, interakcija između pigmenta i tiskovnog bojila te interakcija između tiskovne podloge, tiskovnog bojila i tiskovnog stroja.

Prema standardu ISO 13660 analiza neravnomjerne pokrivenosti tiskovne podloge s bojilom raščlanjuje se na dvije razine. Na mikro razinu ( $>42 \mu\text{m}$  i  $<1270 \mu\text{m}$ ), gdje se promatra varijacija koeficijenta refleksije unutar jedne pločice ( $1,27 \times 1,27 \text{mm}$ ) i tada govori se o zrnatosti (graininess, eng.).

Ukupna zrnatost punog polja [60] izražava se kao:

$$\text{graininess} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{\sigma_i^2}{n}} \quad (21)$$

gdje je  $\sigma_i$  standardna devijacija od 900 mjerenja koeficijenta refleksije unutar pločice  $i$ , a  $n$  je ukupna količina pločica.

Na makro razini ( $>1270 \mu\text{m}$ ) uspoređivanje između 100 pločica veličine  $1,27 \times 1,27 \text{mm}$  na temelju koeficijenta refleksije naziva se vrijednost nejednoličnosti punog tona (mottle, eng). Nejednoličnost punog tona određuje se iz standardne devijacije srednje vrijednosti koeficijenta refleksije prema standardu ISO 13660 [60].

#### 2.6.3.7. Deformacije rasterskih elemenata i prirast rastertonske vrijednosti

Prijenos tiskovnog bojila na tiskovnu podlogu ostvaruje se mehaničkim procesom, prilikom kojeg velik broj čimbenika utječe na prenesenu količinu bojila. Neki od značajnih čimbenika koji utječu na nestabilnost reprodukcije jesu temperatura i vlaga okoline, karakteristike tiskovne podloge i tiskovnog bojila, adhezivne i kohezivne sile bojila i tiskovne podloge, pritisak između cilindara i valjaka itd. Otiskivanje na manje varijabilnim materijalima (kao što su polimerni materijali i metal) omogućuje nam većinom predvidljive rezultate. Bez obzira otiskivali s predvidljivim rezultatima ili ne, uvijek postoje određene geometrijske deformacije rasterskog elementa. Otiskivanje idealnog rasterskog elementa, s oštrim rubom i jednakom gustoćom obojenja, gotovo je nemoguće [68]. Rasterski element može imati oblik bilo kojeg geometrijskog lika s kojim sustav rastriranja može funkcionirati. Najčešće korišten oblik rasterskog elementa jest krug. Geometrijska deformacija rastertonskog elementa definirana je pomoću kružnog vijenca. Deformaciju okruglog rasterskog elementa moguće je ustanoviti razlikom radijusa između teoretske veličine rasterskog elementa ( $r_0$ ) i stvarne veličine

rasterskog elementa ( $r_1$ ). Kada je  $r_1 > r_0$  pozitivna je deformacija, a kada je  $r_1 < r_0$  negativna je deformacija rasterskog elementa. Kada rasterski element postane izdužen u jednom smjeru, nastaju geometrijske deformacije smicanje, dubliranje i razmazivanje. Rasterski element kod svake deformacije ima karakterističan izgled, pri čemu se mogu definirati utjecaji. Smicanje, dubliranje i razmazivanje pozitivne su deformacije rasterskog elementa.

Deformacija rasterskog elementa u većini je slučajeva pozitivna, osim kada se na rasterski element djeluje i stvara se negativna deformacija koja će kasnije, za vrijeme proizvodnje, postati pozitivna.

Prema standardu ISO 13660 [60] deformacija rasterskog elementa definirana je na osnovi stupnja cirkularnosti prema jednadžbi:

$$C = \frac{p^2}{4\pi A} \quad (22)$$

gdje je  $p$  dužina oboda i  $A$  površina rasterskog elementa.

Idealna *cirkularnost rasterskog elementa* je definirana s brojkom 1, a za vrijednosti veće od 1 rasterski element sadrži drugačiji oblik. Kada je cirkularnost manja od 1 tada su točkice vrlo male i vrijednost cirkularnosti može biti netočna.

Povećanje stvarne rastertonske vrijednosti, u odnosu na teoretsku, naziva se *prirast rastertonske vrijednosti*. Prirast rastertonske vrijednosti sastoji se od dva dijela: fizikalni prirast rastertonske vrijednosti i optički prirast rastertonske vrijednosti. Fizikalni prirast rastertonske vrijednosti nastaje mehaničkim, kemijskim i fizikalnim interakcijama za vrijeme tiskarskog procesa, dok je optički prirast rastertonske vrijednosti optička iluzija u kojoj rasterski elementi sadrže sjenu na rubovima i dobivamo dojam proširenja rasterskog elementa. Razlog za pojavu optičkog prirasta rastertonske vrijednosti jest raspršenje svjetlosti uslijed prolaska kroz tiskovnu podlogu [69], to je pojava koja je uvijek prisutna [70].

Provedena su brojna istraživanja kako bi se što preciznije definirao optički prirast rastertonske vrijednosti te raspršenje svjetlosti unutar papira i u rasterskom elementu. Optički prirast rastertonske vrijednosti prvi je put opisan u *Yule i Nielsen* istraživanju iz 1951 [70]. Oni su postavili teorijski odnos između površine pokrivene bojilom i koeficijenta reflektancije s rastrirane površine pomoću jednadžbe 23.

$$R(a) = \left( aR_s^{1/n} + (1-a)R_0^{1/n} \right)^n \quad (23)$$

gdje je  $1 \leq n \leq 2$ , za površinu pokrivenu s bojilom ( $a$ ) i refleksiju s punog polja ( $R_s$ ) i refleksiju s tiskovne podloge ( $R_0$ ).

*Williams, Clapper* i *Yule* nastavili su istraživanja i predložili model koji je kombinacija između *Murray-Daviesove* jednadžbe linearne refleksije i *Yule-Nielsenove* jednadžbe.

*Murray-Daviesova* metoda prikazana je jednadžbom:

$$a = \frac{R_o - R}{R_o - R_s} \quad (24)$$

gdje je  $R$  koeficijent refleksije s rastrirane površine [53].

*Clapper* i *Yule* pretpostavili su da je sloj bojila konstantan, a svjetlost difuzna s raspršenjem unutar tiskovne podloge. U jednadžbi je definirana prva refleksija s površine otiska s oznakom  $K_s$ , a količina ulazne svjetlosti s  $1-s$  i prozirnost bojila s  $t$ . Koeficijentom  $x$  opisan je udio svjetlosti koji se ponovno reflektira unutar tiskovne podloge. Zbrojem svih uzastopnih unutarnjih refleksija, ukupna refleksija definira se jednadžbom [71].

$$R = K_s + \frac{x(1-s)r(1-a+at)^2}{1-r(1-x)(1-a+at^2)} \quad (25)$$

*Arney, Engeldrum* i *Zeng* zaključili su kako krivulja refleksije rastertonskih vrijednosti ovisi o svojstvima tiskovne podloge, bojila i samog rasterskog elementa. Zamijenili su faktor  $n$  s dva empirijska faktora  $v$  i  $w$ . Krivulja refleksije rastertonskih vrijednosti izračuna se jednadžbom [72]:

$$\begin{aligned} R_p(F_p) &= R_g \left[ 1 - (1 - T_i)(1 - F_p^w) \right] \left[ 1 - (1 - T_i)(1 - F_p^v) \right] \\ R_i(F_i) &= R_g \left[ 1 - (1 - T_i)F_i^w \right] \left[ 1 - (1 - T_i)F_i^v \right] \end{aligned} \quad (26)$$

### ***3. Eksperimentalni dio***

Fleksografski tisak u zadnjih nekoliko godina postaje konkurentnija i vodeća tehnika tiska u ambalažnoj industriji. Zahtjevi za većom kvalitetom reprodukcije na ambalažnim proizvodima iz godine u godinu sve su veći. U razvijenim dijelovima svijeta i Europe, kao i Hrvatskoj, grafički proizvodi moraju se prilagoditi triju osnovnim zahtjevima: ekologiji, kvaliteti i ekonomičnosti.

Kako je fleksografska tehnika tiska vrlo malo proučavana i analizirana u realnoj grafičkoj proizvodnji, uzorci za ovo istraživanje biti će rađeni na tiskarskim strojevima.

### ***3.1. Dosadašnja istraživanja***

Nekoliko značajnih istraživanja izvedeno je kako bi se definirao prijenos bojila na tiskovnu podlogu. Vrijednost prenesenog bojila na tiskovnu podlogu značajan je pri definiranju kvalitete reprodukcije. Fetsko i Walker [73] ispitivali su utjecaj pritiska i brzine tiskanja na prijenos bojila s knjigotiskarske tiskovne forme. Koristili su šest crnih bojila s različitim udjelom pigmenta i viskoznosti, koje su se ručnim laboratorijskim uređajem otiskivali na četiri premazana papira i dvije neupojne podloge. Prijenos bojila na tiskovnu podlogu ovisio je o količini bojila na tiskovnoj formi. Povećavanjem količine bojila na tiskovnoj formi povećala se i količina bojila na tiskovnoj podlozi, sve do jedne vrijednosti, maksimuma. Daljnim povećavanjem količine bojila na tiskovnoj formi smanjivao se prijenos količine bojila na tiskovnu podlogu, sve do određene konstantne vrijednosti. Konstantna vrijednost opisuje točku kod koje su dovoljno jake adhezijske sile između bojila i tiskovne podloge da bi se bojilo prenijelo. Pritisak, također, djeluje na veći prijenos bojila na tiskovnu podlogu. Iz svojih istraživanja razvili su model za određivanje prijenosa bojila na tiskovnu podlogu, papir.

$$y = (1 - e^{-kz}) \left[ j(1 - e^{-z/j}) + f \left[ z - j(1 - e^{-z/j}) \right] \right] \quad (27)$$

gdje je:

y – količina bojila na otiska (izražena u površini otiska)

k – hrapavost tiskovne podloge

z – količina bojila na tiskovnoj formi

j – količina bojila prenesena na površinu papira tokom pritiska

f – konstanta, vrijednost ostatka bojila na tiskovnoj formi koje se javlja prilikom prijenosa bojila, koja ovisi o tiskovnoj podlozi

Također, utjecaj pritiska i brzine otiskivanja na prijenos bojila na tiskovnu podlogu ispitali su DeGrâce i Mangin [74]. Povećavanjem pritiska također se povećavao i prijenos bojila na upojnu tiskovnu podlogu, budući da su se povećale hidrauličke sile. Daljnje povećanje pritiska između cilindara i valjaka uzrokuju smanjeni prijenos bojila, zbog slabe penetracije bojila u tiskovnu podlogu. Uočili su kako veća hrapavost tiskovne podloge utječe na veći prijenos bojila, ali izrazito hrapave tiskovne podloge, kao novinski papir, omogućuju manji prijenos bojila.

Särelä, Härkönen i Paulapuro [75] smatraju da prijenos bojila na tiskovnu podlogu ovisi o karakteristikama tiskovne podloge, reologiji bojila, količini bojila na gumenoj navlaci te pritisku i brzini otiskivanja kod novinskog tiska.

U doktorskoj je disertaciji Hamblyn [76] promatrao utjecaje čimbenika koji djeluju na prijenos bojila kod neupojnih tiskovnih podloga. On smatra da je glavni čimbenik koji utječe na količinu prijenosa bojila na podlogu volumen ćelije rastriranog valjka. Definirao je kako izgled i volumen rastriranog elementa na tiskovnoj podlozi ovisi o više parametara: površini i geometriji rasterskog elementa na tiskovnoj formi, volumenu ćelija na rastriranom valjku, pritisku između valjaka te brzini otiskivanja. Utvrdio je kako povećanje pritiska između valjaka stvara veći nanos bojila na tiskovnoj podlozi kod punog tona, ali i veće deformacije rasterskog elementa. Primijetio je kako tiskovni elementi koji sadrže nepravilan rub (nije okomit) na tiskovnoj formi omogućuju veći prijenos bojila nego tiskovni elementi s okomitim rubom, odnosno da bačvasti izgled tiskovnog elementa, koji je posljedica pritiska kod



nepravilnog ruba, omogućuje primanje bojila i na rubovima, što utječe na povećani prijenos bojila.

Istraživanja vezana uz načine izrade tiskovne fleksografske forme provedena su od strane Lui i Gythrie [77] te Weber i Meyer [78]. Tiskovni elementi osvjetljeni konvencionalnim načinom imaju nepravilan rub tiskovnog elementa, a kod osvjetljavanja preko crne maske tiskovni element izgleda vrlo slično, s malo oštrijim rubom, dok kod direktne laserske ablacije tiskovni element sadrži gotovo okomit rub. Pretpostavili su kako nepravilan rub tiskovnog elementa nastaje zbog distribucije svjetlosti. Konvencionalnom metodom stvaraju se dosljedne rastertonske vrijednosti s malim devijacijama tiskovnog elementa od originalne vrijednosti. Digitalnom metodom stvaraju se manje rastertonske vrijednosti u odnosu na original, što se pripisuje djelovanju kisika prilikom osvjetljavanja. U svom istraživanju Weber i Meyer zaključili su da tiskovne forme stvorene pomoću crne maske ili direktnom ablacijom ne ostvaruju kvalitetu koju ima tiskovna forma dobivena konvencionalnom metodom.

U istraživanju od Rapp-a [79] promatran je utjecaj točkastog izvora osvjetljenja kod stvaranja tiskovne forme. Zaključio je da stvaranjem tiskovne forme s ovim izvorom nastaju okomiti rubovi na tiskovnim elementima, ali dosljednost je vrlo mala te da je ovaj izvor upotrebljiv samo za pojedine fotopolimerne tiskovne forme.

Galton [80] u svom je istraživanju definirao devet ključnih područja koja utječu na dosljednost fleksografskih fotopolimernih tiskovnih formi kod konvencionalnih otiskivanja s bojilima na bazi vode. Dosljednost fleksografske tiskovne forme definirana je temeljem površine rasterske točke, rubnog kuta rasterske točke, visine reljefa te otpornosti na otapala i čvrstoće tiskovne forme. Definirao je kako izgled i oblik rasterske točkice ovise o trajanju, zadnjem i prednjem osvjetljenju te toplini i proizvođaču fotopolimerne tiskovne forme. Otpornost i čvrstoća tiskovne forme definirana je materijalom kojim je izgrađena tiskovna forma.

Michiels [81] i Breiholdt [82] analizirali su različite laserske sustave za stvaranje fleksografske tiskovne forme. Laserskim diodama stvara se neujednačena ablacija crne maske, koja uzrokuje neravnomjernu polimerizaciju tiskovne podloge. Utvrdili su kako Nd: YAG laseri omogućuju jednaku ablaciju i mogu se rabiti za direktnu ablaciju fotopolimera. Njihov najveći nedostatak velika je potrošnja električne energije te kratka efikasnost lampe. Vlanknasti laseri najviše se rabe u realnoj industriji te omogućavaju bolju kvalitetu ablacije crne maske i fotopolimera u odnosu na YAG laser i laserske diode.

Feil, Hamacher i Sandig [83] proučavali su utjecaj kisika na glavnu ekspoziciju kod izrade digitalne tiskovne forme. Pretpostavili su da kisik djeluje na smanjenje površine rasterskog elementa zbog bočnog stezanja. Mali rasterski elementi skupljaju se vertikalno i niži su u odnosu na velike rasterske elemente, što uzrokuje nejednolični kontakt s tiskovnom podlogom.

Damroth, Di Piazza, Hausman, Hines, Rivas, Rose, Shaffer, Wald III i Ziegler [84] istraživali su utjecaj brzine otiskivanja, volumena ćelije rastriranog valjka i vrijednosti viskoznosti bojila na kvalitetu otiska. Uzorci koji su korišteni u analizi otisnuti su UV bojilom na poliesterskoj tiskovnoj podlozi. U istraživanju su primijetili kako gustoća obojenja opada s povećanjem viskoziteta bojila i brzine otiskivanja. Povećanje viskoznosti bojila smanjuje tečljivost bojila u ćelijama i izvan ćelija rastriranog valjka te tako utječe na smanjenje kvantitete prijenosa bojila na tiskovnu formu. Kod većih, volumenom ćelije rastriranog valjka, smanjuje se učinkovitost otpuštanja bojila izvan ćelije, pri čemu se događa i manji prijenosa bojila na tiskovnu formu.

Meyer i Leber [85] definirali su potrebne količine bojila na tiskovnim podlogama kada se reprodukcija smatra kvalitetnom. Ispitivanje su proveli na foliji, premazanom i nepremazanom papiru. Na osnovi ispitivanja zaključili su da je za kvalitetan tisak potreban znatno manji nanos bojila na foliji i premazanom papiru, u odnosu na nepremazani papir.

Fouche i Blayo [86] ispitivali su prijenos 'UV bojila' s tiskovne forme na premazani papir. Pri ispitivanju su koristili bojila s različitom viskoznošću. Primijetili su interakciju između nanosa bojila na tiskovnoj formi i brzine otiskivanja. Pri velikim nanosima bojila nisu uočili veće razlike s obzirom na promjenu brzine otiskivanja. Za analizu prijenosa bojila koristili su Zangov prošireni model Walker-Fetskove jednadžbe.

Olsson, Yang, Stam i Lestelius [87] ispitivali su utjecaj temperature na kvalitetu reprodukcije. Kvalitetu uzoraka otisnutih s bojilima na bazi vode analizirali su na osnovi integralne gustoće obojenja, neravnomjerne pokrivenosti punog polja i prirasta rastertonske vrijednosti. Uočili su kako s povećanjem temperature pada viskoznost bojila, što utječe na povećanje integralne gustoće obojenja, smanjenje prirasta rastertonske vrijednosti te smanjenje neravnomjerne pokrivenosti punog polja na mikro razini (< 1mm).

Mesic [88] u svojoj je disertaciji ispitivao utjecaj hrapavosti površine tiskovne podloge, korona tretmana, opadanje korona efekta i površinske napetosti bojila na bazi vode. Ispitivanje je izvedeno na papiru s polietilenskim premazom. Ustvrdio je kako povećanje

hrapavosti površine tiskovne podloge utječe na povećanje nejednolične reprodukcije bojila te veću površina tiskovne podloge bez bojila (uncovered areas, eng). Korona tretman poboljšava otpornost prema otiranju bojila, ali ne utječe na jednoličnost otiskivanja bojila. Deformaciju reprodukcije nazvanu 'površine bez bojila' (uncovered areas, eng) prvi je podijelio na četiri kategorije: 1) nastale zbog nečistoća na tiskovnoj formi, 2) prsteni s bijelom točkom u sredini, 3) prsteni bez bijele točke u sredini, 4) bijele točke bez prstena.

Barros, Fahlcrantz i Johansson [89] u svom istraživanju ispitivali su metode za određivanje neotisnute površine na punom tonu (uncovered area, UCA, eng.). Ispitivanja su se bazirala na optičkoj karakterizaciji topografije otiska. Ustanovili su da bolje rezultate omogućuje analiza topografije otiska s UCA algoritmom, u odnosu na tradicionalne analize bazirane na hrapavosti podloge.

Fetsko [90] je pretpostavio da dolazi do asimetričnog razdvajanja bojila prilikom prijenosa na upojne podloge, zbog ulaska zraka u bojilo. Asimetrično razdvajanje Newtonovih tekućina također su primijetili Taylor i Zettlemyer [91]. DeGrâce i Mangin [92] utvrdili su asimetrično razdvajanje bojila kod neupojnih podloga.

Zang i Aspler [93] proučavali su faktore koji utječu na neravnomjernu pokrivenost kartona s bojilom kod tiskanja s fleksografskim tiskom. Uočili su da su močenje, hrapavost površine, poroznost te sastav tiskovne podloge glavni čimbenici koji utječu na neravnomjernu pokrivenost površine bojilom.

Laskin i Parris [94] ispitivali su utjecaj rastriranog valjka i pritiska na neravnomjernu pokrivenost tiskovne podloge s bojilom. Otiskivanje je rađeno na IGT F1 laboratorijskom instrumentu s UV bojilom, na tiskovnoj podlozi karton i film. Analizom je definirano da se većom silom pritiska između tiskovne forme i tiskovne podloge povećava neravnomjerna pokrivenost filma s bojilom i gustoća obojenja, dok povećavanjem sile pritiska između rastriranog valjka i tiskovne forme nije vidljiv utjecaj na promatrane parametre. Kod kartonske tiskovne podloge, prilikom povećanja bilo koje sile pritiska, događa se smanjenje neravnomjerne pokrivenosti tiskovne podloge s bojilom te također i gustoće obojenja. Kod otiskivanja s većom linijaturom (177 lpcm) rastriranog valjka, kod svih uzoraka, događa se smanjenje neravnomjerne pokrivenosti tiskovne podloge s bojilom, dok se kod kartonske tiskovne podloge događa povećanje.

Meyer, Dürholz i Bütterich [95] istraživali su utjecaj karakteristika fotopolimernih ploča i montažnih traka na krajnju kvalitetu reprodukcije. Definirali su kako mekše fotopolimerne ploče, prema mehaničkoj tvrdoći (48° Shore A), sadrže veću deformaciju rasterskog elementa u odnosu na tvrde fotopolimerne ploče (60° Shore A). Također su uočili kako deblje montažne trake djeluju na povećanje rasterskog elementa.

Friesner-Tausch [96] istraživali su utjecaj kombinacija tiskovnih formi i montažnih traka na ukupnu kvalitetu otiska. Analiza je rađena na osnovi vizualnog ispitivanja. Tiskovne forme s većom mehaničkom tvrdoćom, u kombinaciji s mekanom ili srednje tvrdom montažnom trakom, definirane su kao optimalne za otiskivanje punih i rastriranih otisaka. Tiskovne forme s malom mehaničkom tvrdoćom, u kombinaciji s tvrdom montažnom trakom, prikladne su za otiske smanjene kvalitete.

Bould, Claypole i Bohan [97,98] u svojim su radovima istraživali ovisnost pritiska tokom tiska na reproduciranu rastertonsku vrijednost. Kod većih pritisaka utvrđeno je da se povećanje rastertonske vrijednosti smanjuje. Također je uočeno kako rastertonski elementi s malim kutem na bočnim stranama poboljšavaju kvalitetu otiska.

U disertaciji od Boulda [99] promatrana je ovisnost prirasta rastertonske vrijednosti kod uzoraka otisnutih s cijan 'UV bojilom' na OPP tiskovnoj podlozi. Definirano je kako povećanje prirasta rastertonske vrijednosti ovisi o deformacijama tiskovne forme, koje su nastale prilikom pritiska na tiskovnu podlogu. Primijetio je, također, kako mali rasterski elementi sadrže velik prirast rastertonske vrijednosti, a uzrok tome jest loša stabilnost rasterskog elementa, koja nastaje zbog male tiskovne površine. Uočio je kako je povećani prirast rastertonske vrijednosti rezultat deformacija tiskovne forme i širenja bojila, a ovisi o omjeru i opsegu rasterskog elementa te površini rasterskog elementa i volumenu prenesenog bojila s rastriranog valjka na tiskovnu formu.

Castellanos i Haak [100] ispitivali su utjecaj linijature i volumena ćelije kod rastriranog valjka na ukupnu kvalitetu reprodukcije. Rastrirani valjak, s većom linijaturom i malim volumenom ćelija, omogućuje reprodukciju s malim prirastom rastertonske vrijednosti. Autori su definirali direktnu vezu između integralne gustoće obojenja i volumena ćelija na rastriranom valjku.

Bohan i ostali [101] analizirali su utjecaj ukupnog pritiska prilikom otiskivanja cijan bojila na bazi vode na papir. Za analizu su korišteni kvalitativni parametri, integralna gustoća obojenja i reprodukcija rastertonske vrijednosti. Ispitivanjem su definirali kako se povećanjem pritiska

između komore za nanos bojila i rastriranog valjka povećava i gustoća obojenja. Ovo su svojstvo pripisali savijanju komornog rakela, pri čemu se smanjuje učinkovitost čišćenja rastriranog valjka te povećava prijenos bojila.

U istraživanjima [102-104] definirali su kako povećavanje pritiska između rastriranog valjka i tiskovne forme utječe na smanjenje gustoće obojenja, također, pritisak između tiskovne forme i tiskovne podloge ima glavnu ulogu na prirast rastertonskih vrijednosti, zbog penetracije bojila u tiskovnu podlogu i deformacije rasterskih elemenata na tiskovnoj formi.

Razlika između optičkog i fizičkog povećanja rasterskog elementa promatrana pomoću X-zraka u istraživanju od Nilsson, Malmqvist, Busk i Kristiansson [105]. Ovim zračenjem detektiran je pigment u rasterskom elementu te je na osnovi razlike između ne-pigmentiranog piksela i pigmentiranog piksela definiran optički prirast rasterskog elementa. Istraživanje je pokazalo kako optički prirast rasterskog elementa ovisi o raspršenju svjetlosti unutar same strukture tiskovne podloge i penetraciji tiskovnog bojila unutar tiskovne podloge.

Također, nekoliko istraživanja izvedeno je kako bi se predvidjela i opisala ukupna kvaliteta reprodukcije.

U svojoj je disertaciji Laurent [106] predložio koeficijente (eng. printability coefficient) za objektivno predviđanje kvalitete reprodukcije kod papirnih tiskovnih podloga. Laurent smatra da će upotreba ovih koeficijenata omogućiti točnije i šire definiranje kvalitete, koje će poboljšati sami proces otiskivanja. Predložene koeficijente razvio je temeljem multivarijatne analize (eng. Multivariate Data Analysis, MDA) mjerenih parametara kvalitete i vizualnih procjena.

U istraživanju Asikainena [107] predložen je računalni model za predviđanje kvalitete reprodukcije. Kvaliteta reprodukcije ispitivana je na digitalnim otiscima na papirnim tiskovnim podlogama i temeljena je na vizualnim procjenama. Osmišljen je model za ocjenjivanje kvalitete reprodukcije baziran na statističkoj regresijskoj analizi i izražen je vizualnim indeksom kvalitete (eng. visual quality indeks, VQI).

Ispitivanje učinkovitosti Random forest (RS) modela, Support vector machine (SVM) modela i linearne regresije ispitivali su Lunström i Verikas [108]. Ovim modelima ocjenjivana je i predviđana kvaliteta reprodukcije temeljena na vizualnim procjenama. Definirali su zadovoljavajuću učinkovitost kod svih modela na osnovi nekoliko objektivnih parametara (kolorimetrijske razlika, loši registar, deformacije rasterskog elementa, integralne gustoće obojenja, prirast rastertonske vrijednosti i svog balansa).

Wang i Lorentzen [109] predložili su model neuronske mreže (eng. Artificial Neural Networks, ANN), koji omogućuje predviđanje kvalitete reprodukcije. Predviđanje kvalitete reprodukcije izvedeno je na osnovi karakteristika papirne tiskovne podloge.

Eerola, Lensu, Kamarainen, Leisti, Ritala, Nyman i Kälviäinen [110] predložili su računalni model za predviđanje predložene ukupne kvalitete reprodukcije. Model je temeljen na Bajsovima mrežama (eng. Bayesian network), gdje su povezivani rezultati objektivnih analiza s vizualnim procjenama kvalitete. Razvijeni model primijenjen je kod elektrofotografije.

U istraživanju od Tchan, Thompson i Manning [111] predložen je računalni model za predviđanje vizualne procjene kvalitete reprodukcije. Model je razvijen pomoću neuronskih mreža, koje su temeljene na slikovnoj analizi. Uočili su kako model vrlo točno simulira vizualnu procjenu kvalitete reprodukcije od promatrača.

Brown, Jackson, Parkin i Bamforth [112] proizveli su matematički model koji je baziran na fazi logičkom sistemu (eng. fuzzy knowledge based sistem, KBS) koji omogućuje predviđanje kvalitete reprodukcije i predlaže strojarskom operateru korekcije koje je potrebno izvesti.

Ovaj predložen matematički model upotrijebljen je pri korekciji kvalitete kod bakrotiskarskih reprodukcija [113]. Primijetili su kako ovaj model omogućuje konstantnost kvalitete reprodukcije.

Temponi, Fard i Corley [114] ispitivali su kvalitetu reprodukcije na osnovi fazi brojeva (eng. fuzzy numbers). Kvalitetu reprodukcije bazirali su na vizualnoj analizi. Fazi brojevi u ovom

ispitivanju odnose se kao trokutasti fazi broj (eng. triangular fuzzy number, TFN). Razvijeni model za ispitivanje kvalitete reprodukcije ispitali su u realnoj proizvodnji.

Predviđanje kvalitete ofsetnih reprodukcija temeljem fazi logističkog sistema (eng. knowledge based sistem, KBS) također je ispitivano u istraživanju od P. Perner [115].

## *Planiranje*

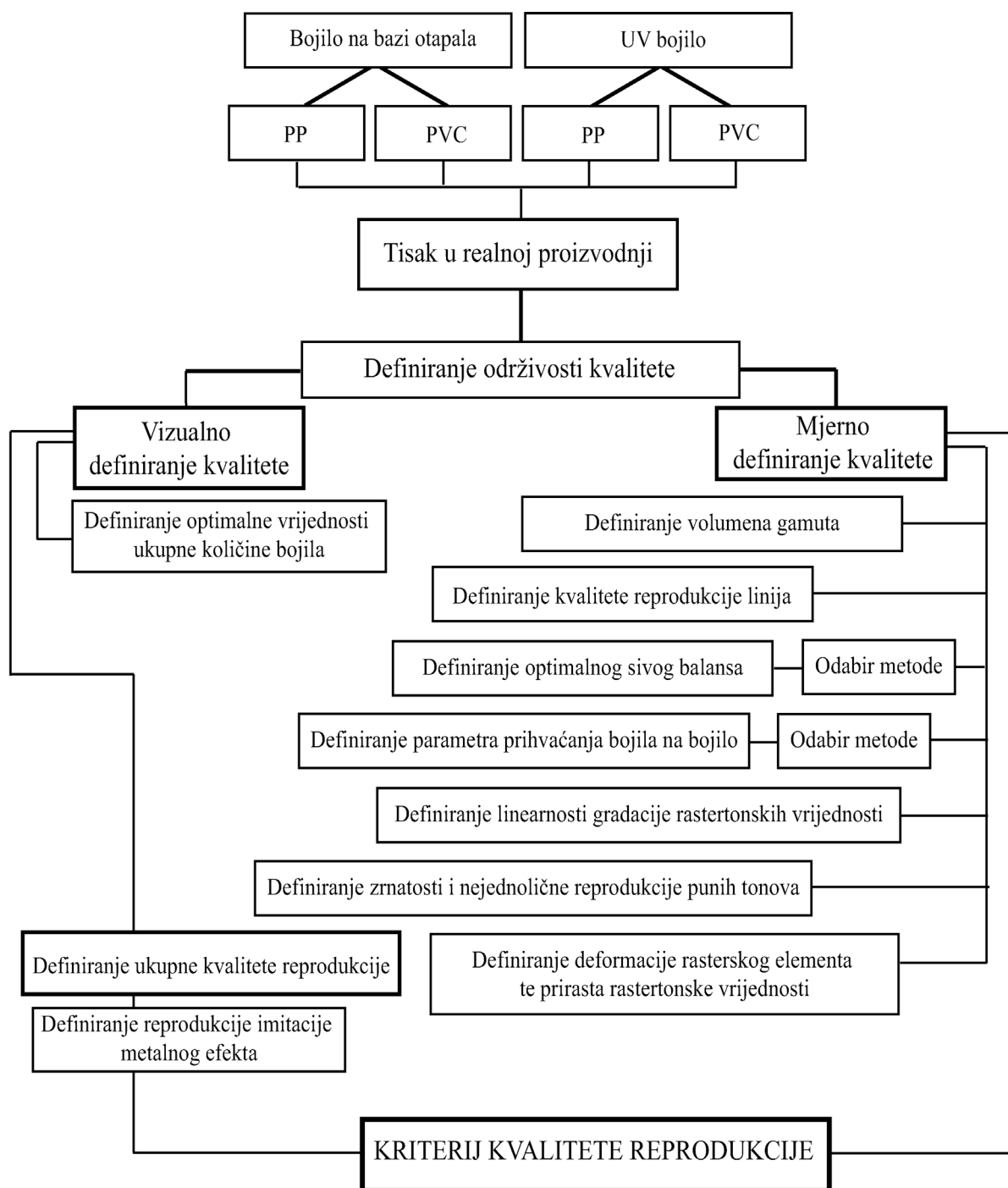
Ispitivanje sveukupne kvalitete grafičkog proizvoda definirat će se na temelju mjernih i vizualnih analiza, po preporukama međunarodnih standarda. Standardizacija kod fleksografske tehnologije, zbog brzog razvoja, nije u svim segmentima ostvarena u potpunosti, pri čemu se otvaraju nova pitanja koja je potrebno znanstveno ispitati i dokazati. Cilj ovog rada jest dati znanstveno objašnjenje i definirati odstupanje kod svih ispitivanih kvalitativnih parametara, kao i između njih. Također, korelacijom i povezivanjem ispitivanih kvalitativnih parametara definirat će se kriterij kvalitete reprodukcija. Ovim istraživanjima dat će se nove smjernice i prijedlozi za upravljanje i ustanovljavanje kvalitete rasterske reprodukcije.

Ispitivanja u ovom radu izvest će se s konvencionalnim bojilima i bojilima nove generacije, za čiju uporabu još ne postoje međunarodno preporučeni standardi kvalitete. U novije doba tržište zahtjeva stalne inovacije u ambalažnoj industriji, zbog čega će se koristiti tiskovni materijali koji se najčešće rabe u modernim načinima etiketiranja. U ispitivanju će se koristiti tiskovni materijali koji su transparentni i polutransparentni. S obzirom na karakteristike tiskovnih materijala, također, ne postoje važeći međunarodni standardi.

Istraživanje u ovom radu radit će se na uzorcima koji će biti otisnuti u realnoj proizvodnji. Analiza uzoraka radit će se prema definiranim metodama za grafičku tehnologiju. Definirat će se, također, i metode koje su najprikladnije za fleksografsku tehniku tiska.

Shema procesa rada prikazana na slici 23.





Slika 23. Shema procesa rada istraživanja

### ***3.2. Korišteni materijali***

Ispitivani otisci u ovom radu bit će napravljeni na polimernim materijalima: bijeli obojeni orijentirani polipropilen LWD 38 od proizvođača Treofan i transparentan poli(vinil-klorid) Alfaform k236 od proizvođača Alfatherm. Površinske energije polimernih materijala, nakon korona tretmana, biti će između 38-40 mJ/m<sup>2</sup>. Karakteristike polimernog materijala dane su u tablici 11.

Tablica 11. Karakteristike tiskovnih podloga

<b>Svojstva</b>	<b>PP</b>	<b>PVC</b>
Debljina (μm)	38	42
Gustoća (g/cm <sup>2</sup> )	0,62	1,33
Rastezljivost (%)		
smjer stroja (MD)	120	>100
suprotno smjeru stroja (TD)	30	<80
Maksimalno skupljanje (%)		
smjer stroja (MD)	<8	≤4
suprotno smjeru stroja (TD)	<4	55
Transparentnost	18%	izvrsno

### **3.3. Korištene tiskovne boje**

Otisci biti će tiskani s bojilima na bazi otapala Fidelity od proizvođača Sun Chemical Ltd. i s modernijim bojilima koja se suše UV energijom Deltaflexo Plus od proizvođača Colorgraf S.p.A. Kinematička viskozitet bojila na bazi otapala iznositi će 21-23 sekundi prema DIN 4, pri 20°C po standardu DIN 53211. Viskoznost bojila koja se suše UV energijom ('UV bojila') iznositi će 189-275 cP prema Brookfield, pri 25°C.

'UV bojila' koja će se koristiti suše se polimerizacijom radikala. Karakteristike tiskarskih bojila dane su u sljedećim tablicama:

Tablica 12. Karakteristike konvencionalnih bojila

	<b>Svjetlostalnost (1-8)</b>	<b>Otpornost na lužine</b>	<b>Otpornost na kisljine</b>
C	8	+	+
M	6-7	+	+
Y	3-4	+	+
K	7-8	+	+
W	-	+	+

Tablica 13. Karakteristike 'UV bojila'

	<b>Svjetlostalnost (1-8)</b>	<b>Otpornost na lužine</b>	<b>Otpornost na kisljine</b>
C	8	+	+
M	4	+	+
Y	5	+	+
K	8	+	+
W	-	+	+

### ***3.4. Korišteni strojevi***

Otiskivanje s bojilima na bazi otapala bit će provedeno u realnim uvjetima na fleksografskom stroju Soloflex, od proizvođača Windmülle und Hölscher Corporation, a otiskivanje s UV bojilima bit će provedeno na stroju NilpeterFA 4250 od proizvođača Nilpeter.

Svi otisci bit će tiskani istim tiskovnim formama ACE-D II Nyloflex od proizvođača BASF, s mehaničkom tvrdoćom od 78 Shore A. Tiskovne forme bit će napravljene sistemom CtP na uređaju Esko artwork, CDI SPARK 4835 s distorzijom od 98,44 %. Tiskovne forme bit će izrađene bez kalibracijskih krivulja i s amplitudno moduliranim rasterom, s linijaturom od 48 lpcm. Montaža tiskovnih formi na temeljni cilindar biti će izvedena pomoću montažne trake s srednjom mehaničkom tvrdoćom od proizvođača 3M. Otiskivanje će biti izvedeno pri brzini od oko 150 m/min. Koristit će se rastrirani valjci pod kutem od 60°.

Kod otiskivanja s 'UV bojilima' koristit će se linijatura rastriranog valjka od 405 lpcm za cijan, magentu, žutu i crnu, a volumeni ćelija od 3,1 do 4,2 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Za bijelo pokrivno bojilo koristit će se linijatura od 160 lpcm i volumen ćelija od 8,0 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Pri otiskivanju s bojilima na bazi otapala koristit će se linijatura rastriranog valjka od 400 lpcm za cijan, magentu, žutu i crnu, a volumeni ćelija od 4,8 do 5,5 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Za bijelo bojilo koristit će se linijatura od 120 lpcm i volumen ćelija od 16,0 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

### ***3.5. Korišteni alati***

Spektrofotometrom i denzitometrom SpectroEye od proizvođača X-rite mjerit će se i definirat će se kvalitativni parametri: vrijednosti gamuta, optimalni sivi balans, prihvaćanje bojila na bojilo i prirast rastertonske vrijednosti. Uvjeti pri mjerenju sa spektrofotometrom jesu osvjetljenje D65 s kutem promatranja od 2°, a pri mjerenju s denzitometrom korišteno je osvjetljenje A s istim kutem promatranja. Za sva mjerenja koristit će se status E, bez polarizacijskog filtra.

Kvalitativni parametri nazubljenost linije, mutnost linije, širina linije, zrnatost i nejednolična reprodukcija punog polja te cirkularnost rasterskog elementa analizirat će se uređajem PIAS od proizvođača QEA. Mjerenja su rađena prema standardu ISO 13660 [60].

Za mapiranje gamuta koristit će se program Printopen 5.1, a program Monaco Gamutworks od proizvođača X-rite služiti će za trodimenzionalni prikaz gamuta. Algoritam koji će se koristiti pri stvaranju gamuta nije poznat i tajna je proizvođača.

Kod svakog ispitivanja ispod mjerenog uzorka stavit će se podloga od 10 papira izrađenih od celuloznih vlakana.

Uzorci će, također, biti promatrani i učitani sa skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM), optičkim mikroskopom Leica EZ4D (OM) te slikovnim čitačem Hewlett-Packard F2480. Dobivene snimke uzoraka analizirat će se programom za slikovnu analizu ImageJ.

### ***3.6. Metodologija rada***

Uzorci za ispitivanje bit će tiskani s procesnim bojilima (CMYK) pod optimalnim uvjetima, tako da zadovoljavaju kvalitetu referentnog uzorka. Referentni uzorak služiti će za vizualnu procjenu kvalitete prilikom procesa tiskanja. Referentni uzorak dobiven je digitalnim tiskom na kojem je izveden Color Management.

U trenutku kada će biti definirana ista ili bolja kvaliteta reprodukcije, uzorci će biti otisnuti u dužini naklade od 200 metara. Kontrola kvalitete reprodukcije bit će praćena na osnovi vizualne kontrole i integralne gustoće obojenja ( $D_i$ ).

Otiskivanje uzoraka obaviti će se s vanjske strane tiskovne podloge. Transparentna tiskovna podloga poli(vinil-klorid) prvo će biti tiskana s bijelim bojilom te dalje s procesnim bojilima (CMYK). Na svim uzorcima bit će otisnuti mjerni i signalni stripovi te motivi za vizualno ustanovljavanje doživljaja kvalitete. Tiskanje svih uzoraka izvršavat će se istim tiskovnim formama.

Nakon otiskivanja, prva faza istraživanja odnositi će se na ocjenu konstantnosti naklade. Konstantnost kvalitete naklade promatrana je analizom reprodukcije na svakom 20 metru. Na taj način naklada je podijeljena na 10 dijelova.

S obzirom na rezultate konstantnosti kvalitete naklade, odrediti će se broj dijelova naklade koji će biti analizirani.

Analiza ukupne kvalitete reprodukcije bit će definirana s obzirom na mjerna i vizualna ispitivanja. Mjernim ispitivanjima bit će istraženo nekoliko kvalitativnih parametara na separiranim dijelovima otiska. Na osnovi rezultata mjernih ispitivanja definirat će se kvalitativni parametri s kojima je moguće objektivno opisati ukupnu kvalitetu pojedine naklade. Vizualnim procjenama ispitivat će se optimalna vrijednost ukupne količine bojila te ukupna kvaliteta reprodukcije i reprodukcija imitacije metalnog efekta. Ispitivanje će se obaviti po standardnim uvjetima promatranja [116] na uzorku od 50 ispitanika, dobne granice od 20 do 30 godina. Definiranje optimalne vrijednosti ukupne količine bojila i reprodukcije

imitacije metalnog efekta analizirat će se na separativnim dijelovima naklade pomoću crnih maski.

Sinteza mjernih kvalitativnih parametara i vizualnih procjena ukupne kvalitete reprodukcije izvest će se s logističkom regresijom. Logističkom regresijom prikazat će se povezanost mjernih kvalitativnih parametara te koji kvalitativni parametri i u kojoj mjeri ovise na vizualnu ocjenu uzorka s oznakom kvalitetna reprodukcija.

Ispitivanjem postojećih metoda za određivanje kriterija kvalitete reprodukcije potvrdit će se uspješnost metode te dati nove smjernice i prijedlozi novih metoda za određivanje kriterija kvalitete reprodukcije s obzirom na ispitivane tiskovne podloge i tiskovna bojila.

Analiza i diskusija rezultata bazirat će se na usporedbi pojedinačnih i zbirnih kvalitativnih parametara, s vizualnim analizama kvalitete reprodukcije.

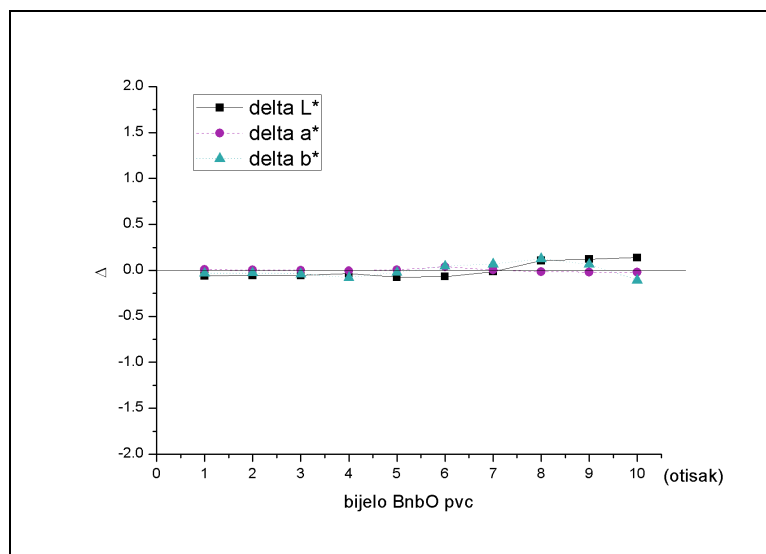
## 4. *Rezultati istraživanja*

<b>LEGENDA KRATICA</b>	
BnbO pvc	uzorak otisnut s bojom na bazi otapala na poli(vinil-kloridu)
UVB pvc	uzorak otisnut s bojom koje se suši UV energijom na poli(vinil-kloridu)
BnbO pp	uzorak otisnut s bojom na bazi otapala na polipropilenu
UVB pp	uzorak otisnut s bojom koje se suši UV energijom na polipropilenu
PP	polipropilen
Bijelo BnbO pvc	uzorak otisnut s bijelim bojom na bazi otapala na poli(vinil-kloridu)
Bijelo UVB pvc	uzorak otisnut s bijelim bojom koje se suši UV energijom na poli(vinil-kloridu)
C	cijan bojilo
M	magenta bojilo
Y	žuto bojilo
K	crno bojilo

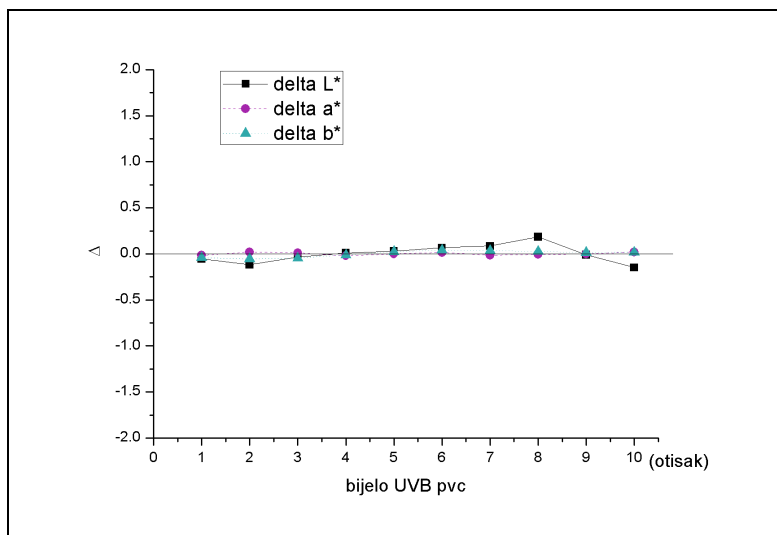


#### 4.1. Definiranje konstantnosti kvalitete naklade

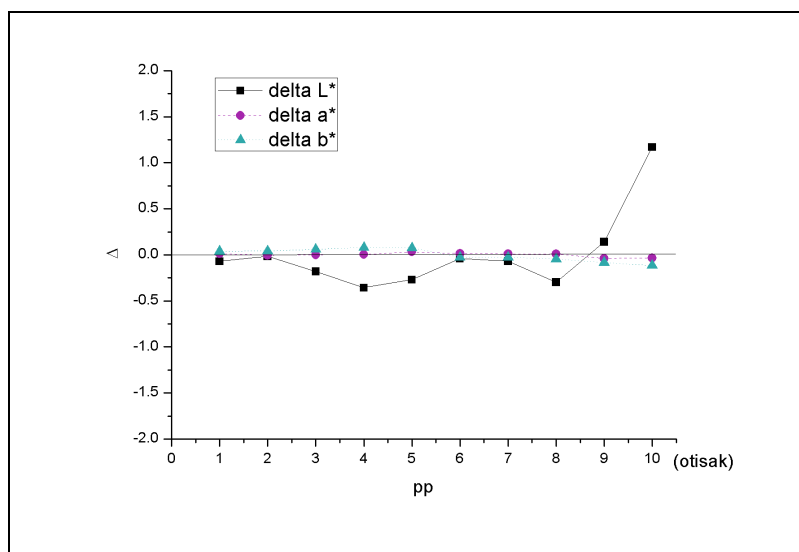
Konstantnost ili održivost kvalitete reprodukcije tijekom procesa tiska promatrana je na osnovu razlike aritmetičke sredine svih mjerenih vrijednosti (prilog I) i vrijednosti svakog pojedinog uzorka. Prvo su analizirane razlike kolorimetrijskim vrijednostima ( $CIE L^*a^*b^*$  vrijednosti) bijelog bojila (bijelo BnbO pvc i bijelo UVB pvc) te polutransparentne polipropilenske podloge (slike 24-26). Konstantnost kvalitete reprodukcije nadalje je promatrana kod procesnih bojila (CMYK) na punim poljima dimenzije 15 x 32 mm. Kolorimetrijskom razlikom ( $\Delta E$ ) analizirana su odstupanja između aritmetičke sredine svih mjerenih vrijednosti i vrijednosti svakog pojedinog uzorka (slika 27). Integralna gustoća obojenja ( $D_i$ ) je osnovni parametar s kojim je moguće kontrolirati konstantnost kvalitete reprodukcije, stoga je analiza vrijednosti integralne gustoće obojenja prikazana slikom 28.



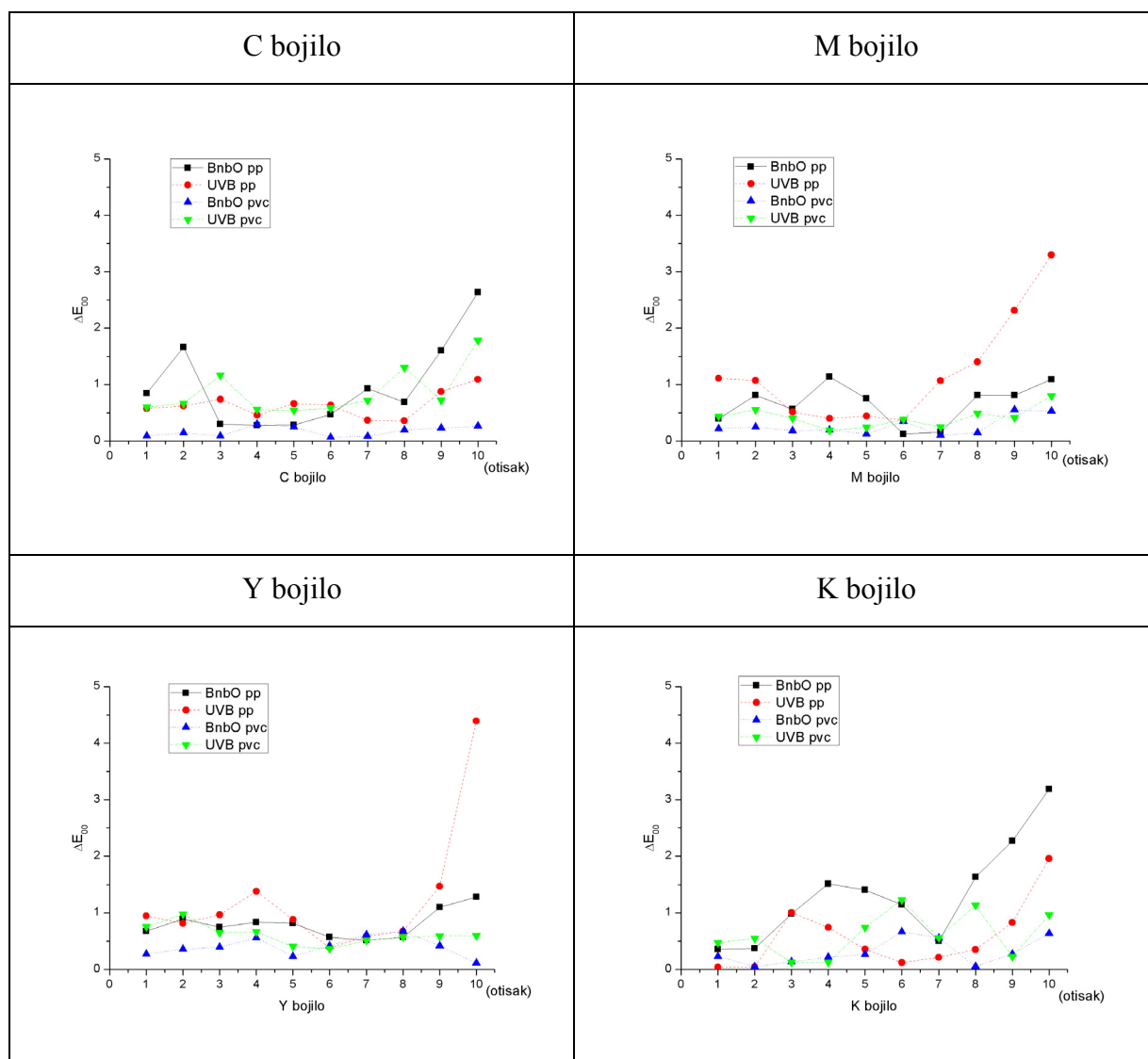
Slika 24. Razlike ( $\Delta$ ) kolorimetrijskih vrijednosti bijelog bojila na bazi otapala otisnutog na poli(vinil-kloridnoj) podlozi tijekom procesa tiska



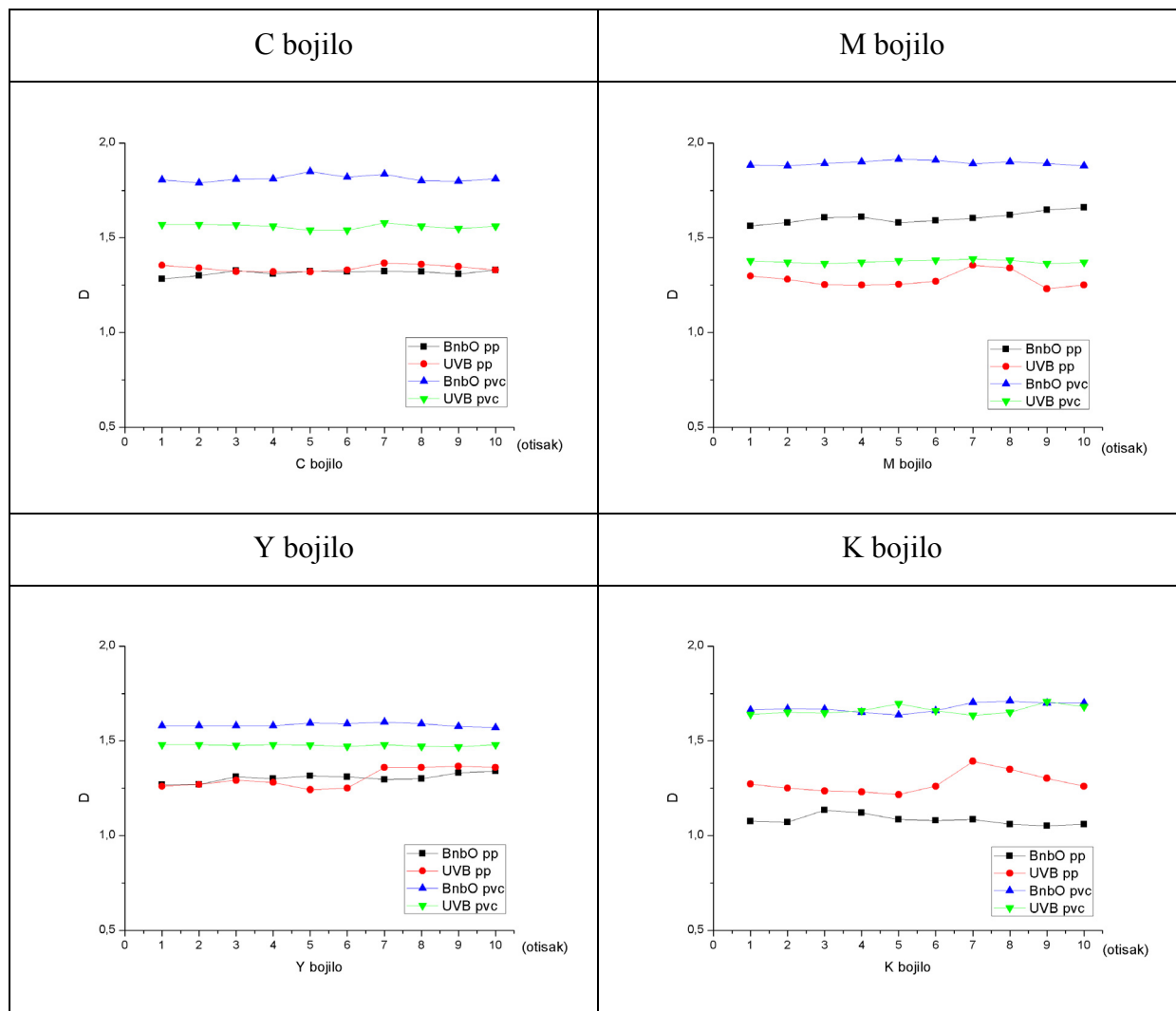
Slika 25. Razlike ( $\Delta$ ) kolorimetrijskih vrijednosti bijelog 'UV bojila' otisnutog na poli(vinil-kloridnoj) podlozi tijekom procesa tiska



Slika 26. Razlike ( $\Delta$ ) kolorimetrijskih vrijednosti polipropilenske tiskovne podloge tijekom procesa tiska



Slika 27. Euclideanove razlike tijekom procesa tiska za bojila cijan, magentu, žutu i crnu

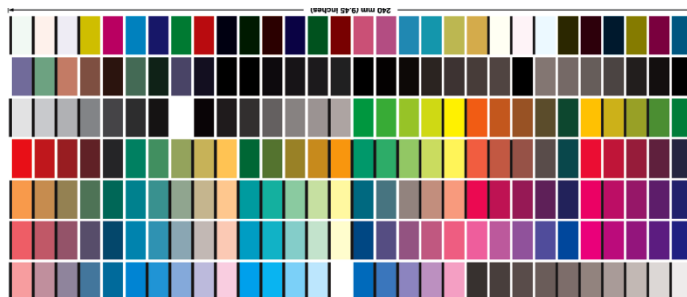


Slika 28. Vrijednosti integralne gustoće obojenja tijekom procesa tiska za bojila cijan, magentu, žutu i crnu

Za daljnja istraživanja, naklada je podijeljena na pet dijelova. Odabrani otisci su: 1, 3, 5, 7, 9. Označeni su u daljnjem tekstu s I, II, III, IV i V dio.

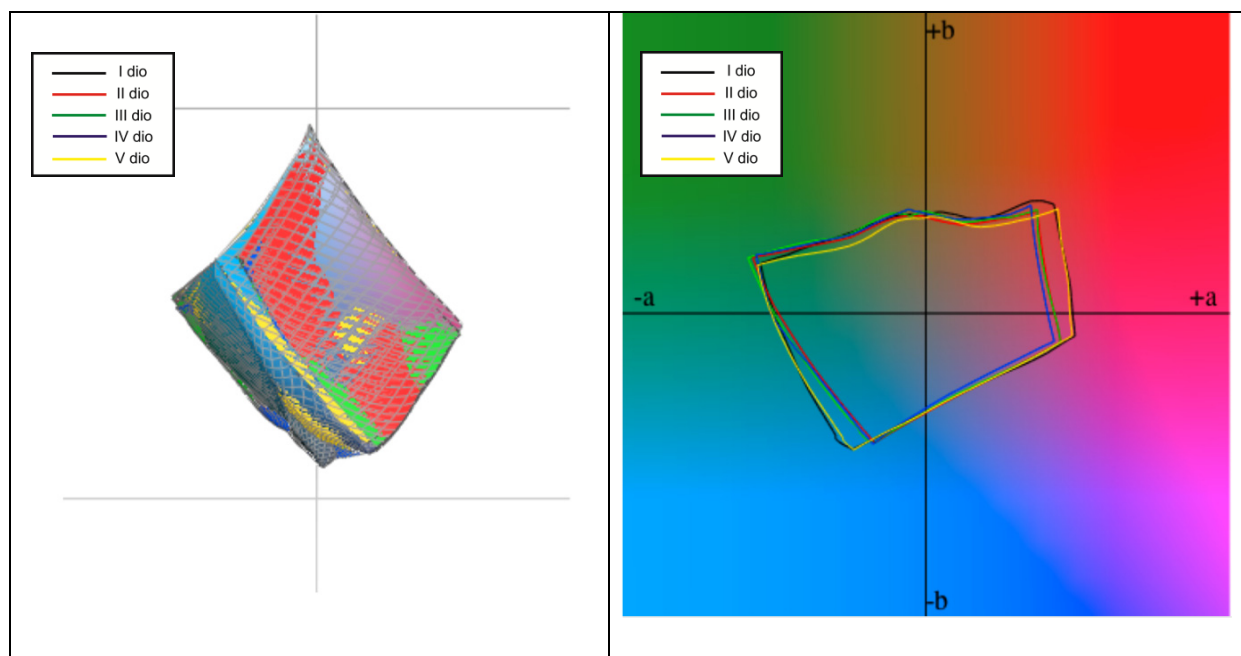
## 4.2. Definiranje volumena gamuta

Mapiranje gamuta i izračunavanje volumena gamuta proizlazi iz tristimulusnih vrijednosti (opisano u poglavlju 2.6.2.1) na osnovu mjerenja 210 polja (slika 29) s definiranim rastertonskim vrijednostima.

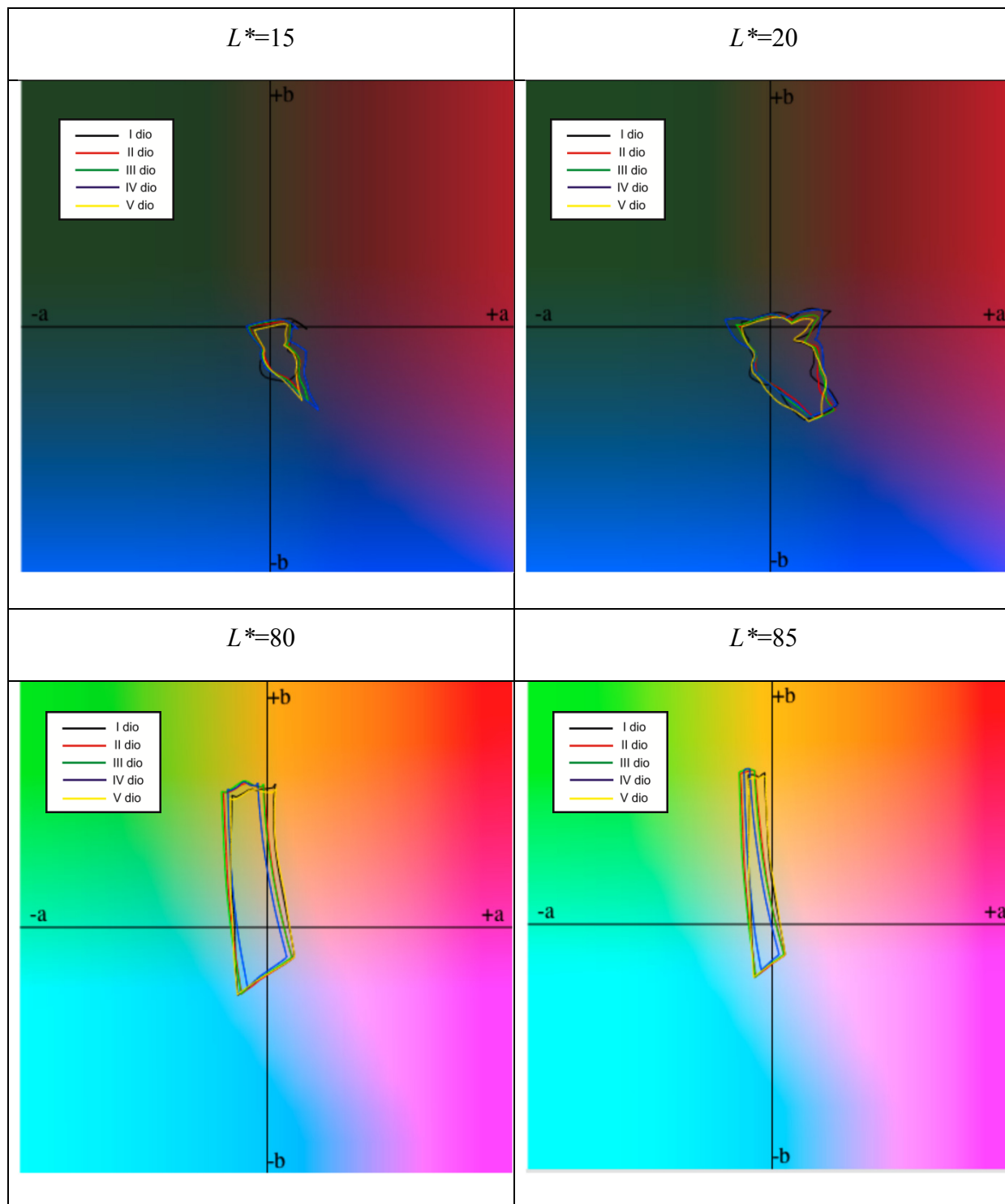


Slika 29. Kontrolni strip za određivanje volumena gamuta

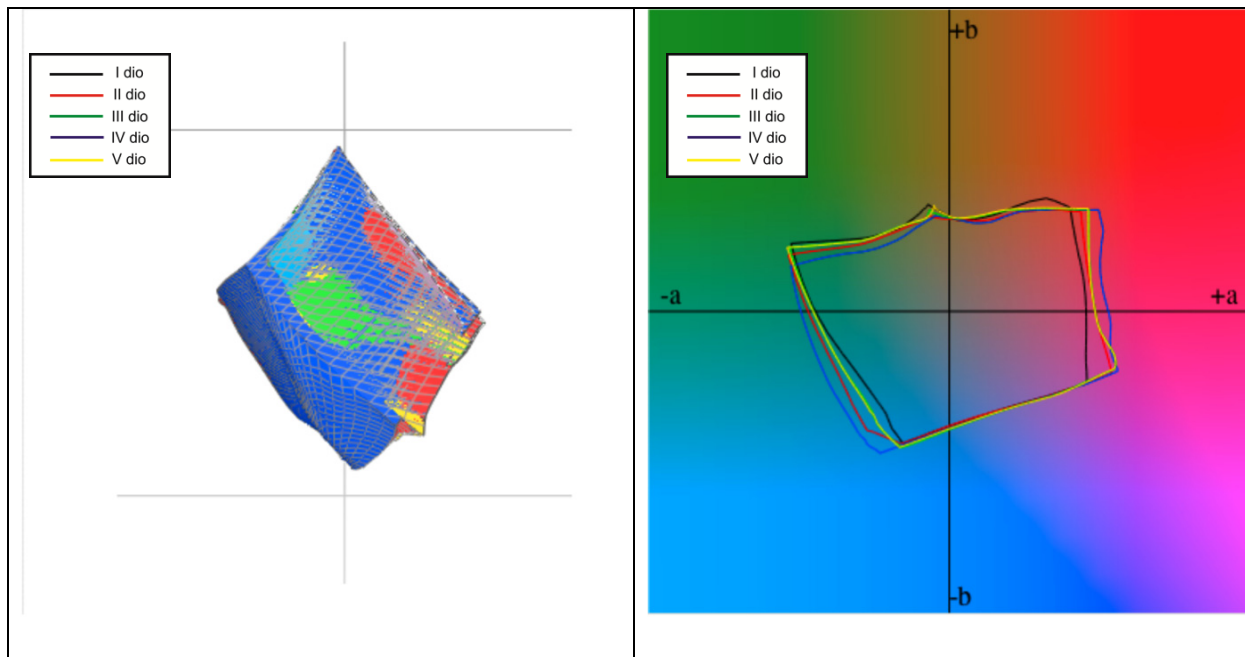
Na slikama 30-41 prikazani su trodimenzionalni i dvodimenzionalni prikazi volumena gamuta na različitim nivoima svjetline. Trodimenzionalan prikaz volumena gamuta prikazan je pod kutem gledanja od  $0^\circ$ .



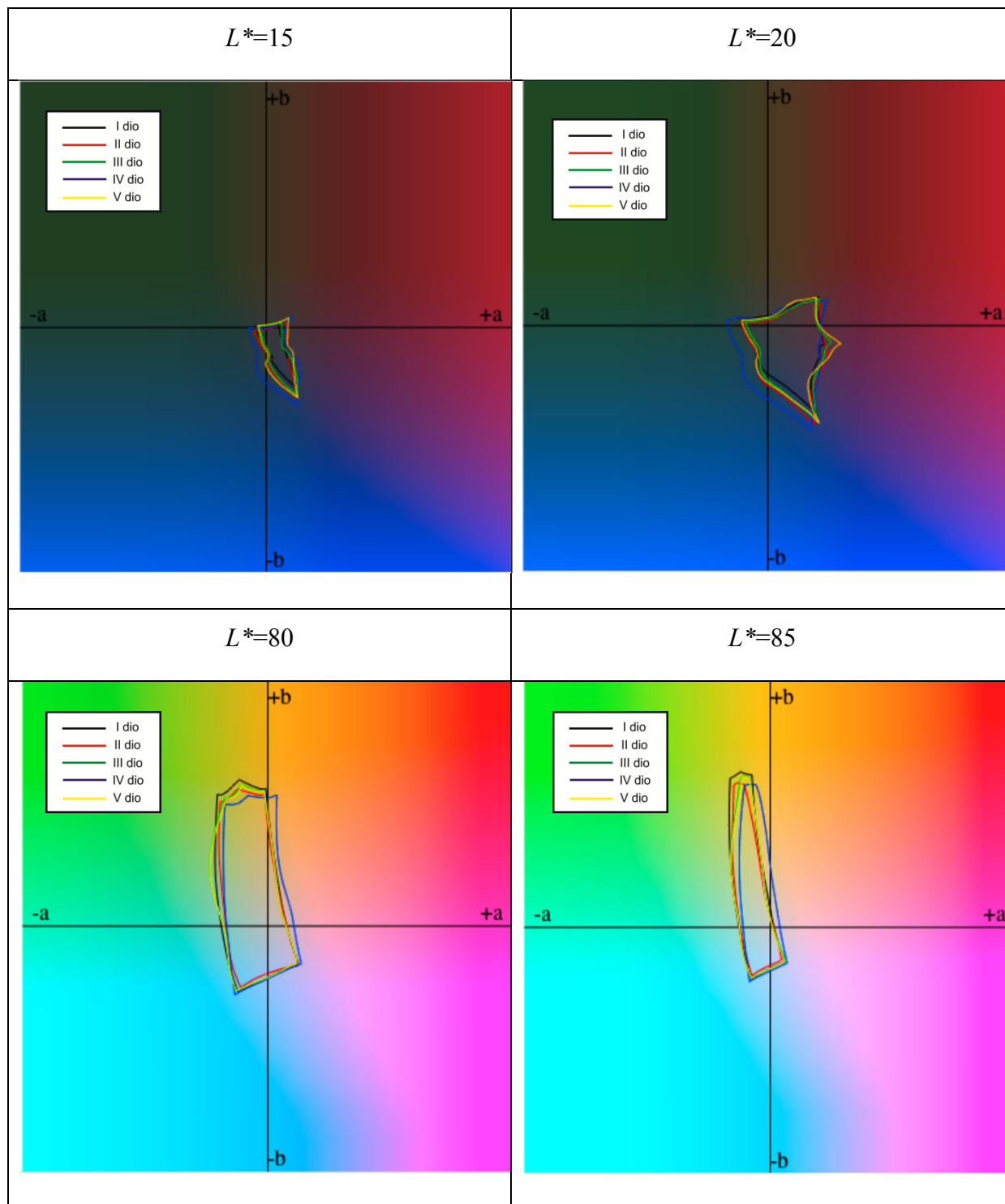
Slika 30. Trodimenzionalni (lijevo) i dvodimenzionalni (desno) prikaz raspona tonova na nivou svjetline  $L^*=50$  od uzoraka tiskanih na PP s bojiлом na bazi otapala



Slika 31. Dvodimenzionalni prikaz raspona tonova kroz nakladu tiskanu na PP s bojilom na bazi otapala na nivoima svjetline  $L^*=15$ ,  $L^*=20$ ,  $L^*=80$ ,  $L^*=85$

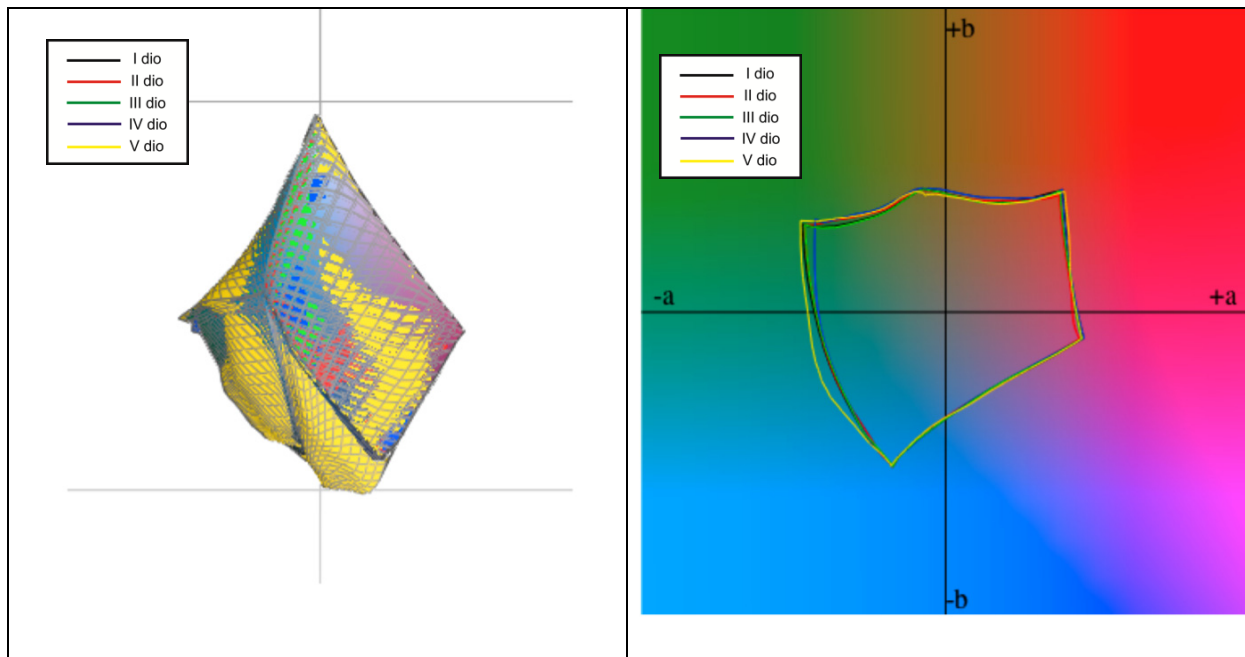


Slika 32. Trodimenzionalni (lijevo) i dvodimenzionalni (desno) prikaz raspona tonova na nivou svjetline  $L^*=50$  kroz nakladu tiskanu na PP s 'UV bojilom'

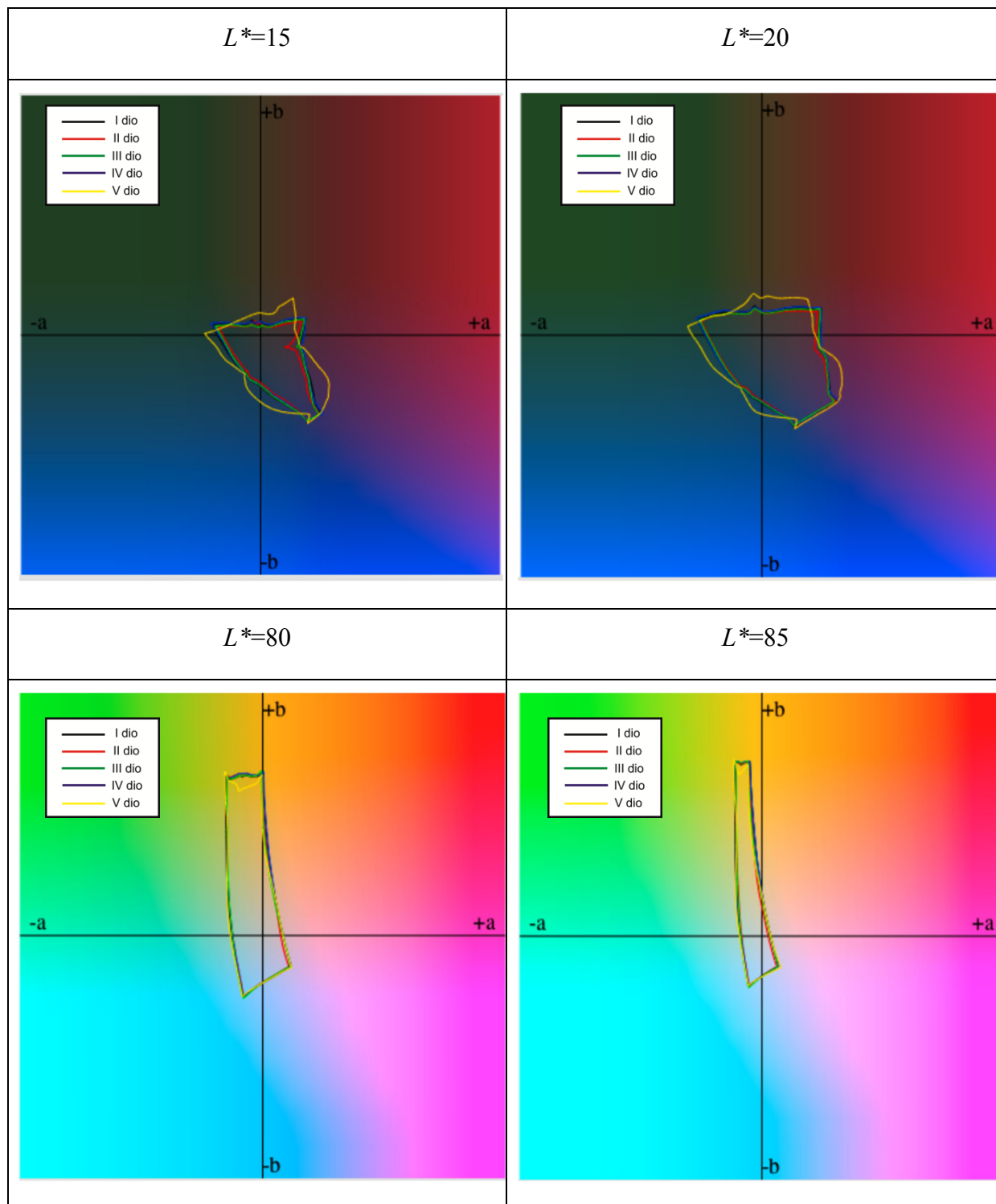


Slika 33. Dvodimenzionalni prikaz raspona tonova kroz nakladu tiskanu na PP s 'UV bojilom' na nivoima svjetline  $L^*=15$ ,  $L^*=20$ ,  $L^*=80$ ,  $L^*=85$

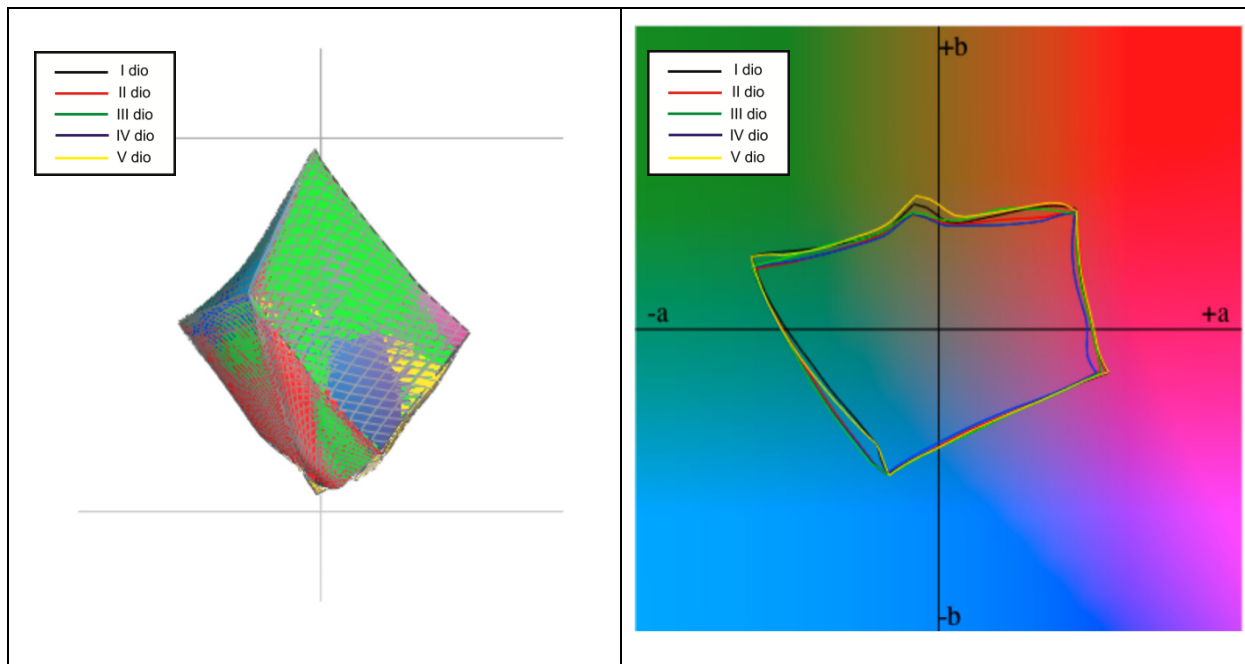




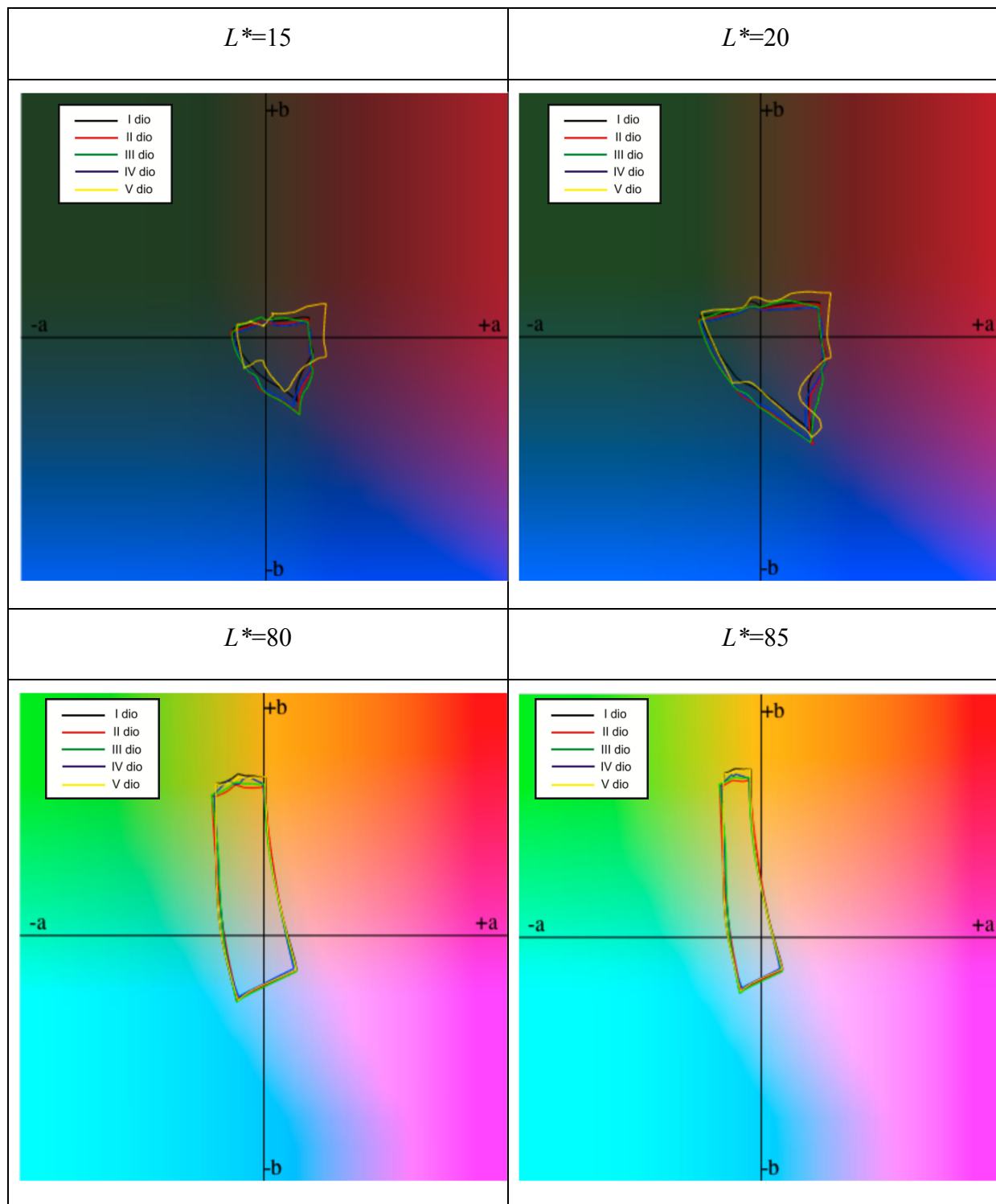
Slika 34. Trodimenzionalni (lijevo) i dvodimenzionalni (desno) prikaz raspona tonova na nivou svjetline  $L^*=50$  kroz nakladu tiskanu na PVC s bojilom na bazi otapala



Slika 35. Dvodimenzionalni prikaz raspona tonova kroz nakladu tiskanu na PVC s bojilom na bazi otapala na nivoima svjetline  $L^*=15$ ,  $L^*=20$ ,  $L^*=80$ ,  $L^*=85$



Slika 36. Trodimenzionalni (lijevo) i dvodimenzionalni (desno) prikaz raspona tonova na nivou svjetline  $L^*=50$  kroz nakladu tiskanu na PVC s 'UV bojilom'



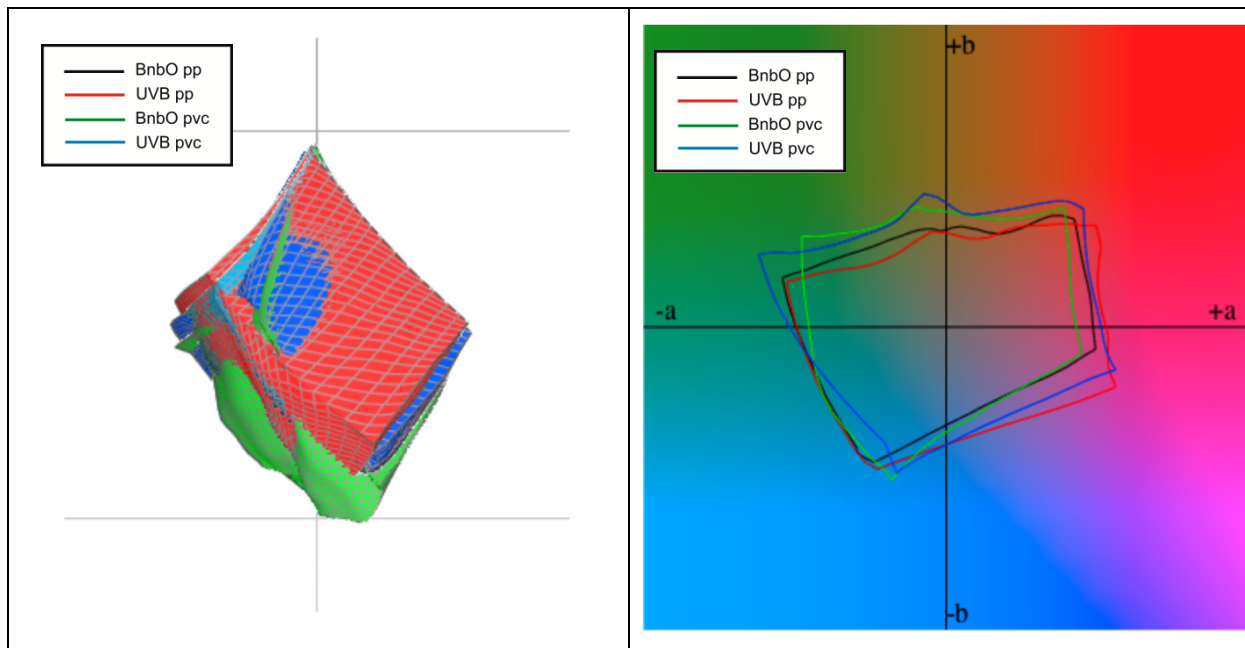
Slika 37. Dvodimenzionalni prikaz raspona tonova kroz nakladu tiskanu na PVC s 'UV bojilom' na nivoima svjetline  $L^*=15$ ,  $L^*=20$ ,  $L^*=80$ ,  $L^*=85$

Tablica 14. Volumen gamuta unutar naklada (CCU), aritmetička sredina volumena gamuta ( $\bar{\mu}$ ) i relativna pogreška ( $r_p$ )

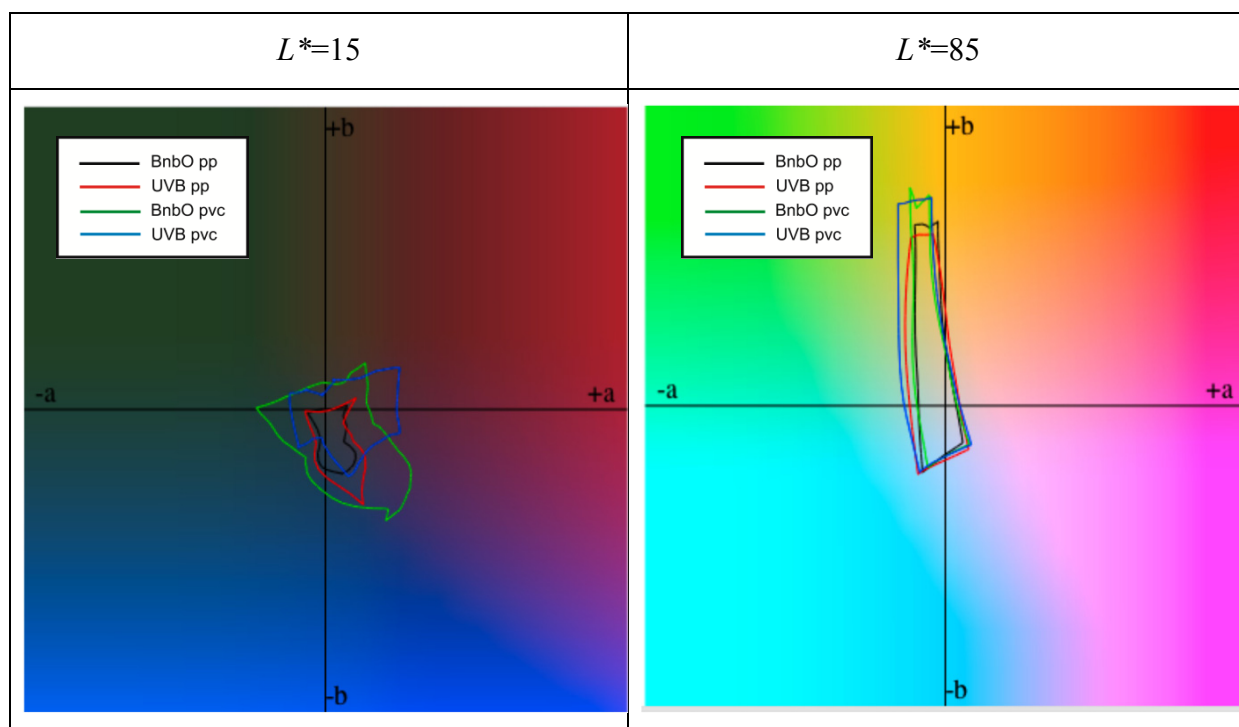
<b><i>Volumen gamuta (CCU)</i></b>				
	<b><i>BnbO pp</i></b>	<b><i>UVB pp</i></b>	<b><i>BnbO pvc</i></b>	<b><i>UVB pvc</i></b>
<b><i>I dio</i></b>	717590	773349	746219	902570
<b><i>II dio</i></b>	653927	745760	778455	869356
<b><i>III dio</i></b>	613560	778129	752764	886319
<b><i>IV dio</i></b>	664402	815154	776591	847219
<b><i>V dio</i></b>	689012	781918	820173	927766
$\bar{\mu}$	667698	778862	774840	886646
$r_p$	5.84%	3.18%	3.75%	3.48%

Volumeni gamuta naklada uspoređeni su na dva načina, s obzirom na maksimalne vrijednosti volumena i na osnovu srednjeg dijela naklade.

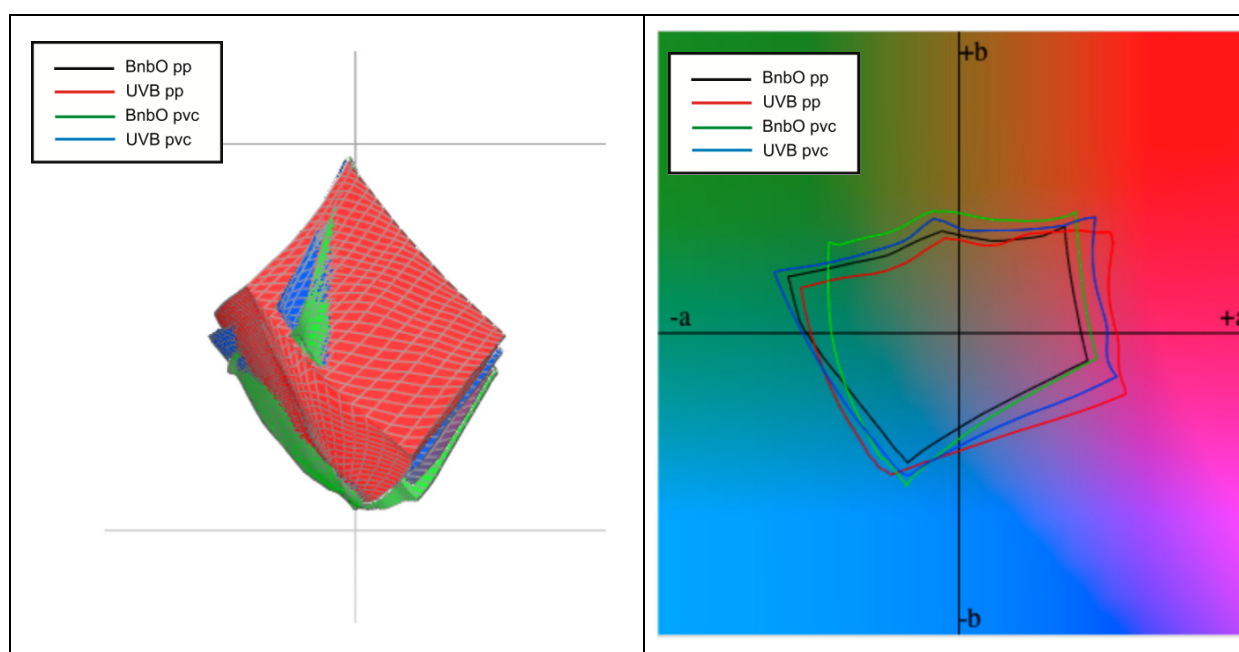
Usporedba maksimalnih vrijednosti volumena gamuta između naklada prikazani su na slikama 38 i 39. Srednji dijelovi naklada uspoređivani su na slikama 40 i 41.



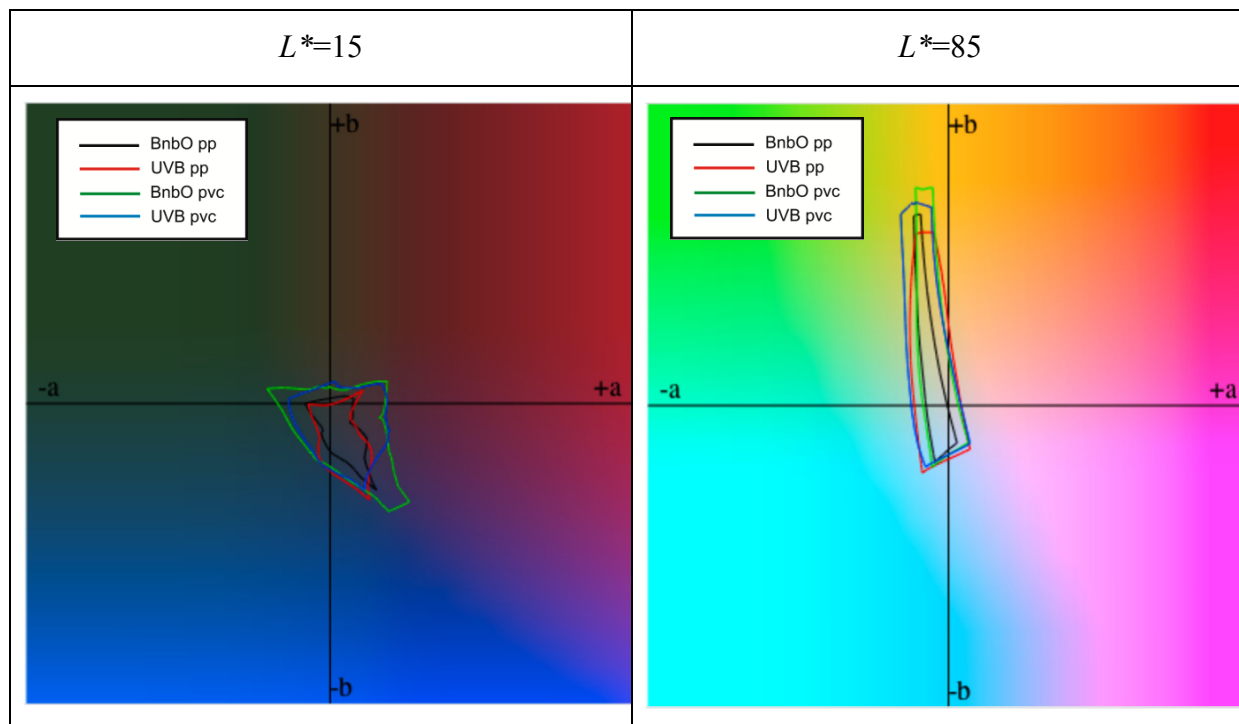
Slika 38. Trodimenzionalni (lijevo) i dvodimenzionalni (desno) prikaz usporedbe maksimalnih vrijednosti volumena gamuta između naklada na nivou svjetline  $L^*=50$



Slika 39. Dvodimenzionalni prikaz usporedbe maksimalnih vrijednosti volumena gamuta između naklada na nivoima svjetline  $L^*=15$  i  $L^*=85$



Slika 40. Trodimenzionalni (lijevo) i dvodimenzionalni (desno) prikaz usporedbe volumena gamuta srednjeg dijela naklade između naklada na nivou svjetline  $L^*=50$



Slika 41. Dvodimenzionalni prikaz usporedbe volumena gamuta srednjeg dijela naklade između naklada na nivoima svjetline  $L^*=15$  i  $L^*=85$

### ***4.3. Definiranje kvalitete reprodukcije linija***

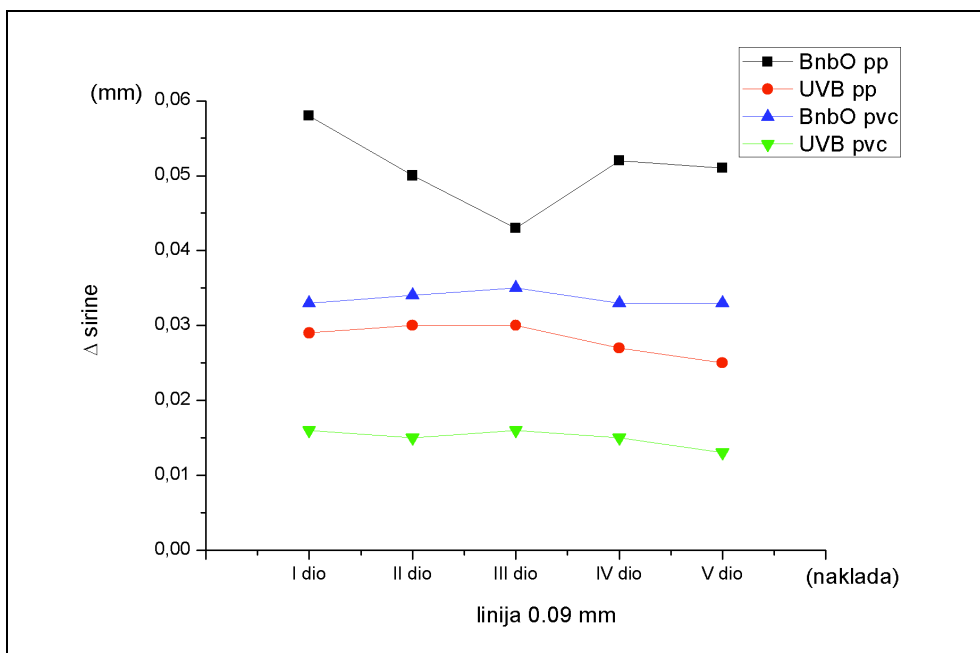
Kvaliteta reprodukcije linija određivana je na osnovi četiri parametra: odstupanja od definirane širine linije, mutnosti ruba linije, nazubljenosti linije i zapunjenosti linije (opisano u poglavlju 2.6.2.2).

Kvaliteta reproduciranja linija promatrana je kod linija otisnutih s crnim bojilom. Linije su promatrane po dužini od 130 mm.

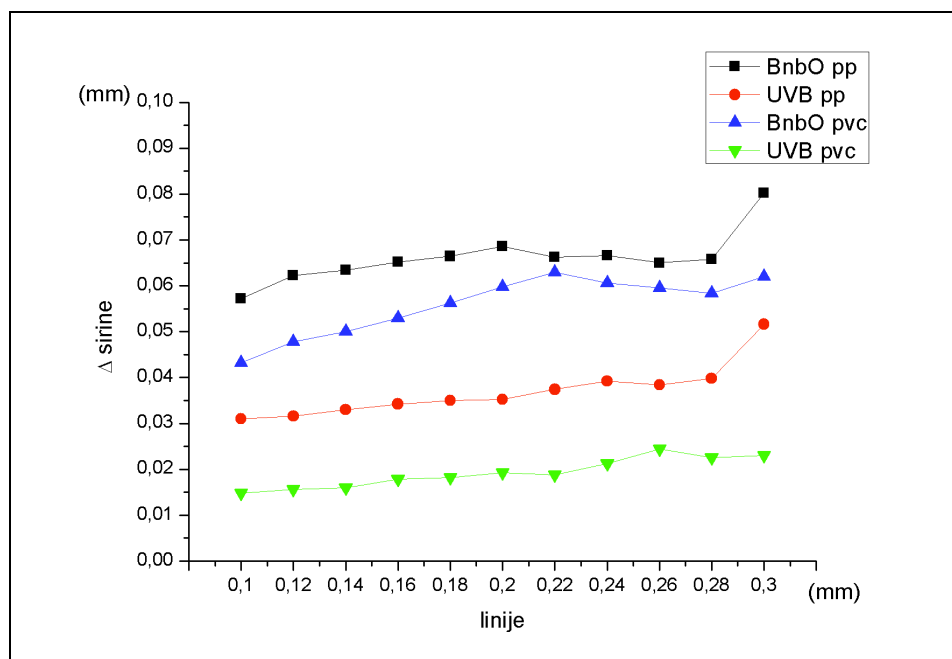
Ispitivane linije sadrže širine: 0.09, 0.1, 0.12, 0.14, 0.16, 0.18, 0.2, 0.22, 0.24, 0.26, 0.28 i 0.3 mm.



### 4.3.1. Određivanje odstupanja od definirane širine linije

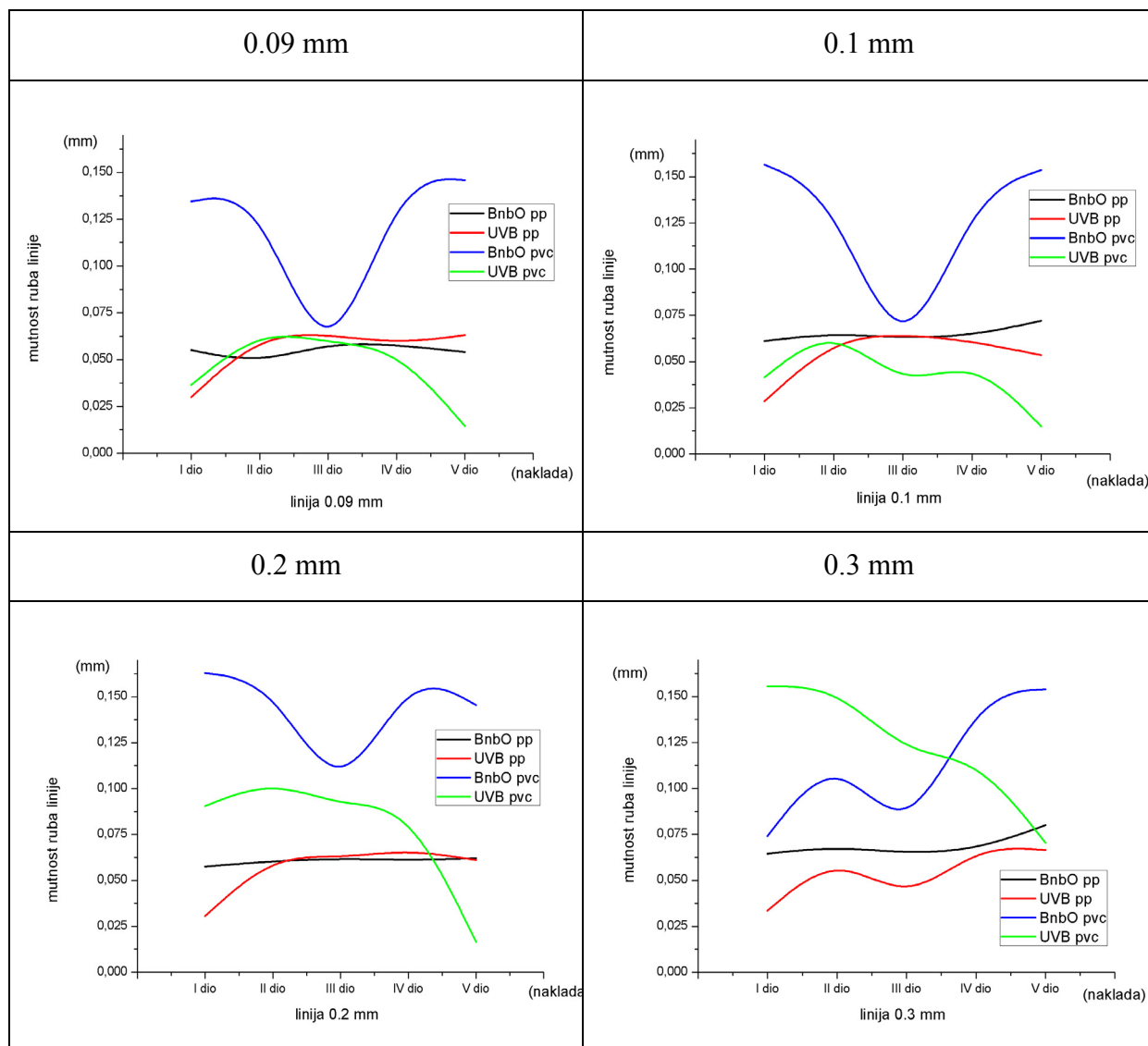


Slika 42. Odstupanje u širini ( $\Delta$  širine) za liniju od 0.09 mm tijekom procesa tiska

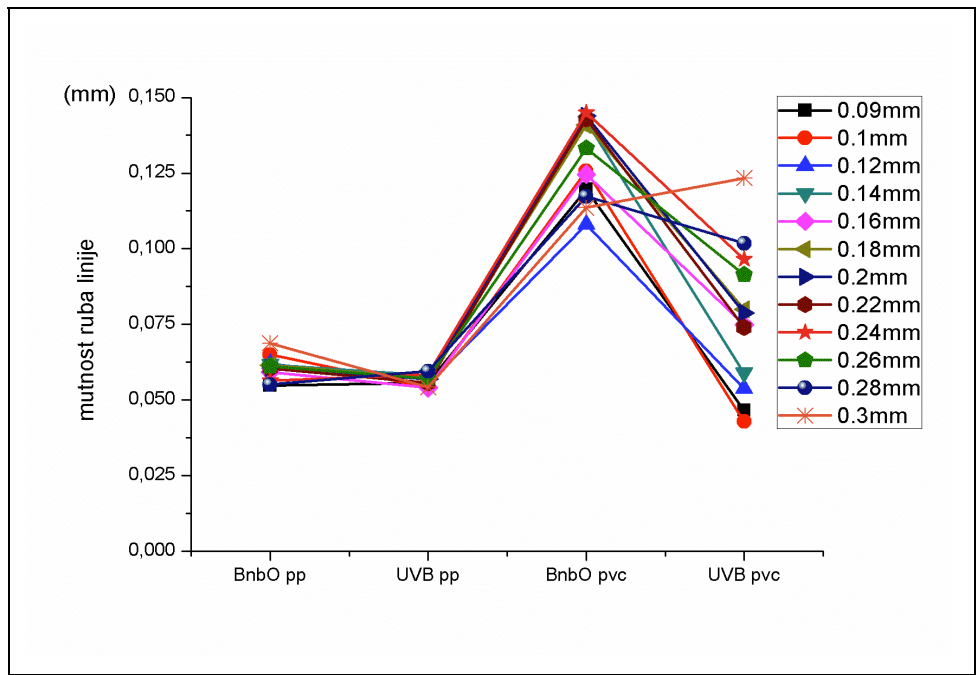


Slika 43. Aritmetičke sredine odstupanja u širini ( $\Delta$  širine) za linije od 0.1, 0.12, 0.14, 0.16, 0.18, 0.2, 0.22, 0.24, 0.26, 0.28, 0.3 mm

### 4.3.2. Mutnost ruba linije

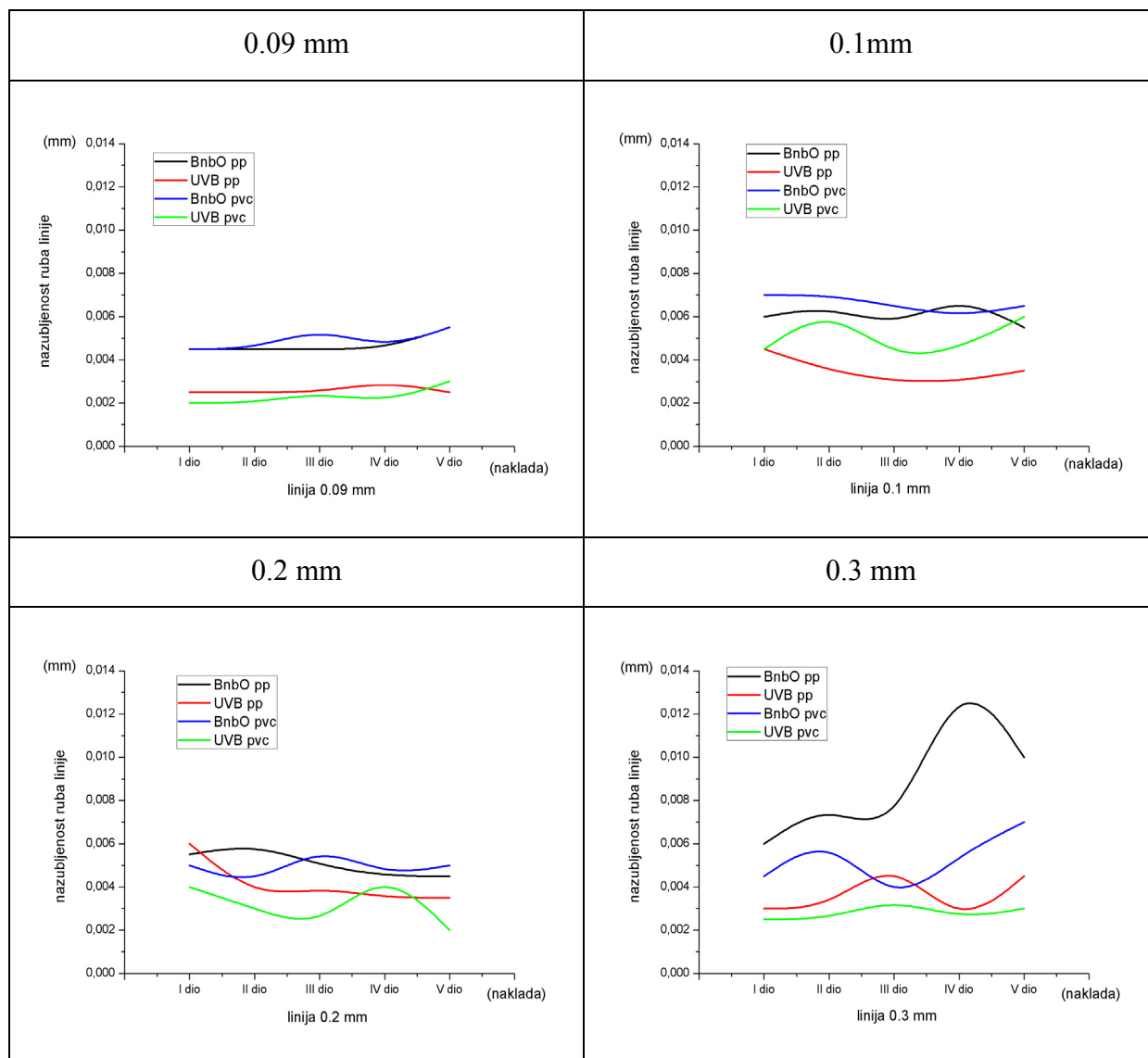


Slika 44. Mutnost ruba linije tijekom procesa tiska za linije širine: 0.09 mm; 0.1 mm; 0.2 mm; 0.3 mm

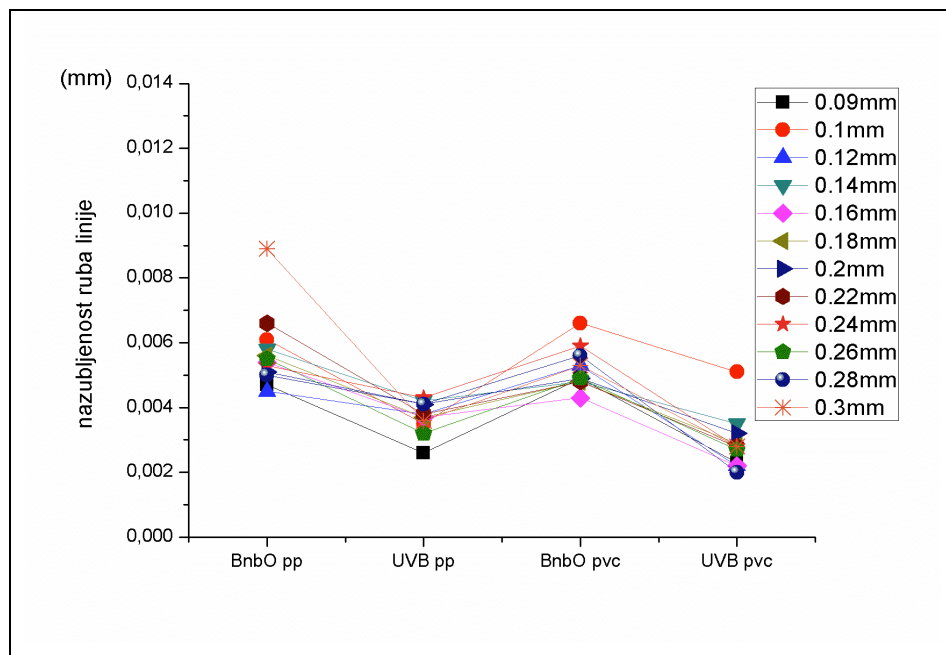


Slika 45. Aritmetičke sredine mutnosti ruba linija za sve četiri naklade

### 4.3.3. Nazubljenost ruba linije

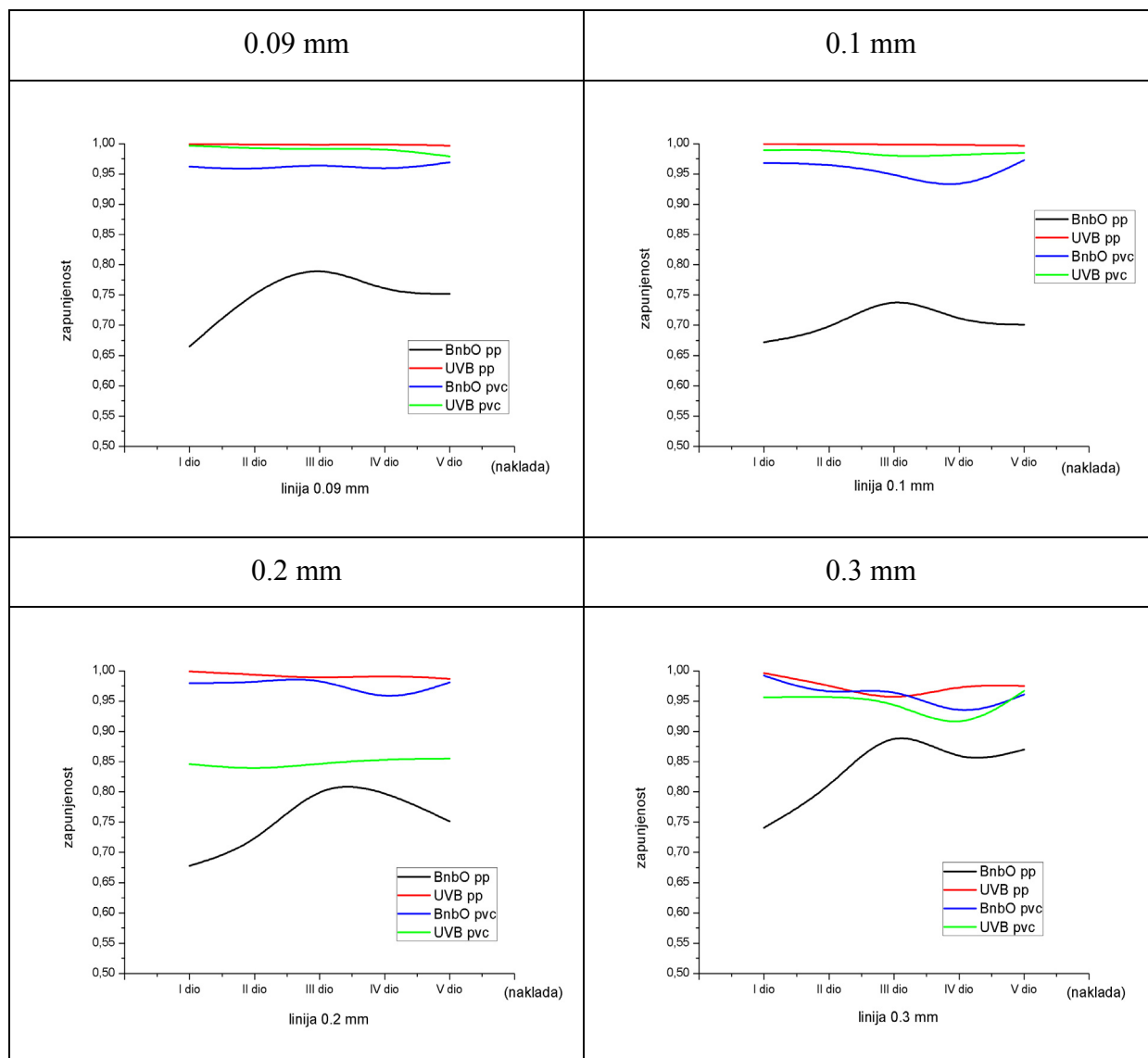


Slika 46. Nazubljenost ruba linije tijekom procesa tiska za linije širine: 0.09 mm; 0.1 mm; 0.2 mm; 0.3 mm

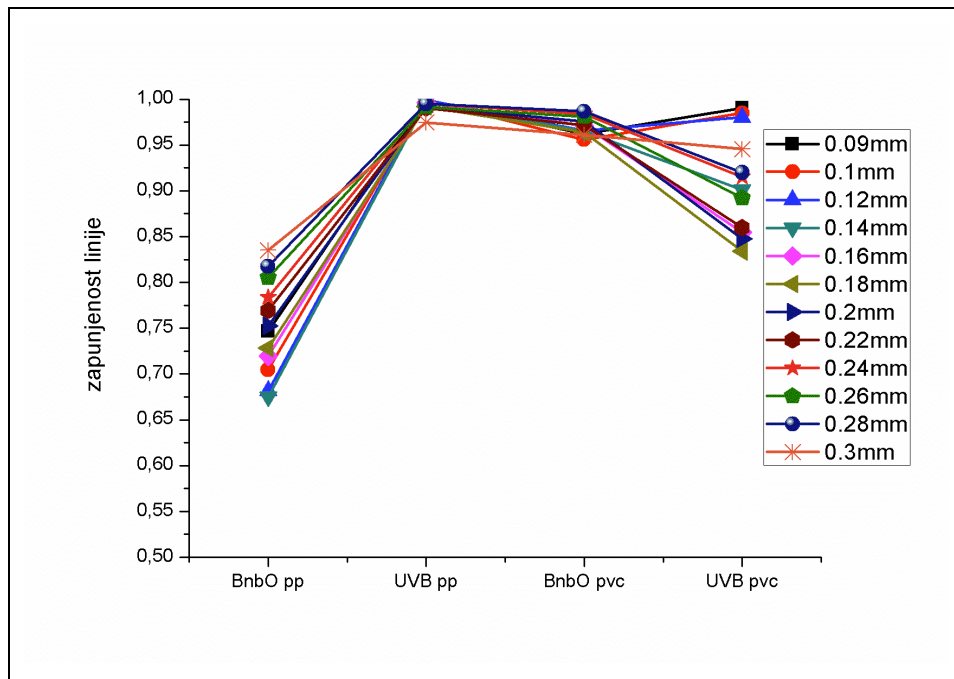


Slika 47. Aritmetičke sredine nazubljenosti ruba linije za sve četiri naklade

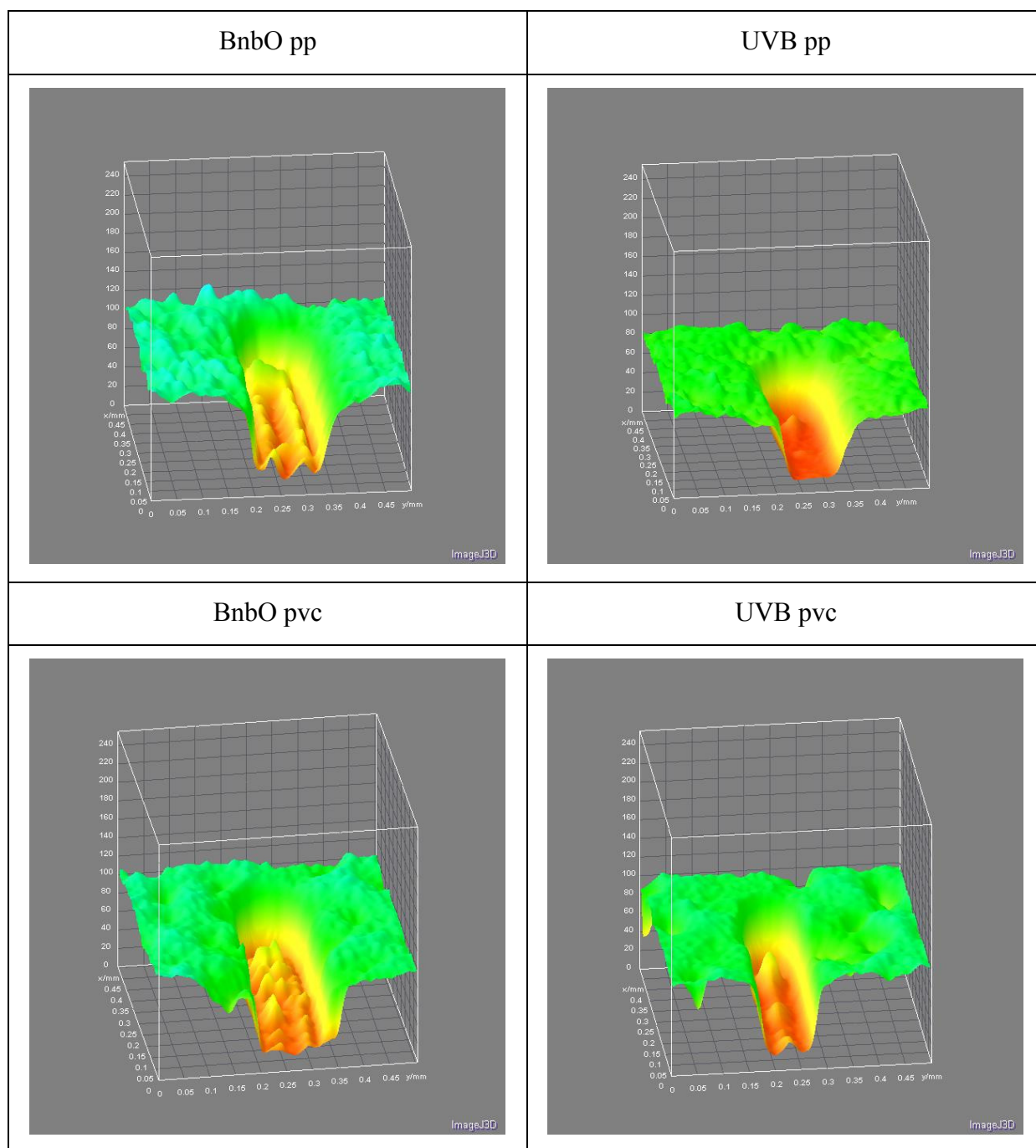
#### 4.3.4. Zapunjenost linije



Slika 48. Zapunjenost linije tijekom procesa tiska za linije širine: 0.09 mm; 0.1 mm; 0.2 mm; 0.3 mm



Slika 49. Aritmetičke sredine zapunjenosti linije za sve četiri naklade



Slika 50. Trodimenzionalni prikaz presjeka linija širine 0.09mm dobiven pomoću slikovne analize OM snimaka, za naklade: BnbO pp; UVB pp; BnbO pvc; UVB pvc



#### 4.4. Definiranje optimalnog sivog balansa

Kontrolni strip za mjerenje optimalnog sivog balansa izrađen je od para polja, gdje je jedno polje sastavljeno od cijan, magenta i žutog bojila s definiranim rastertonskim vrijednostima te drugog rastriranog polja s crnim bojilom (slika 50.). Metoda mjerenja optimalnog sivog balansa opisana u poglavlju 2.5.2.3. Rastertonske vrijednosti mjerenih parova polja i oznake prikazane su u tablici 14. Parovi M, N i O preporuka su standarda ISO 12647-6 [54].

Prije definiranja optimalnog sivog balansa potrebno je odabrati parove polja s obzirom na tiskovni materijal i tiskarsko bojilo kod kojih je moguće izvršiti analizu.

Odabir parova polja, odnosno kontrolnog stripa rađen je usporedbom mjernih ( $\Delta E_{00}$ ) i vizualnih ispitivanja. Vizualno ispitivanje je izvedeno na uzorku od 50 ispitanika grafičke struke, starosti od 20 do 30 godina, prosječnoga vida. Ovim ispitivanjem definiralo se koji par polja sadrži najmanje razlike u obojenju.

Kolorimetrijske razlike boja kod svakog pojedinog para polja prikazane na slici 51, a rezultati vizualnog ocjenjivanja razlike boja kod svakog para dani su na slici 52.

Slika 51. Kontrolni strip za određivanje optimalnog sivog balansa



Tablica 14. Rastertonske vrijednosti (%) parove polja na kontrolnom stripu

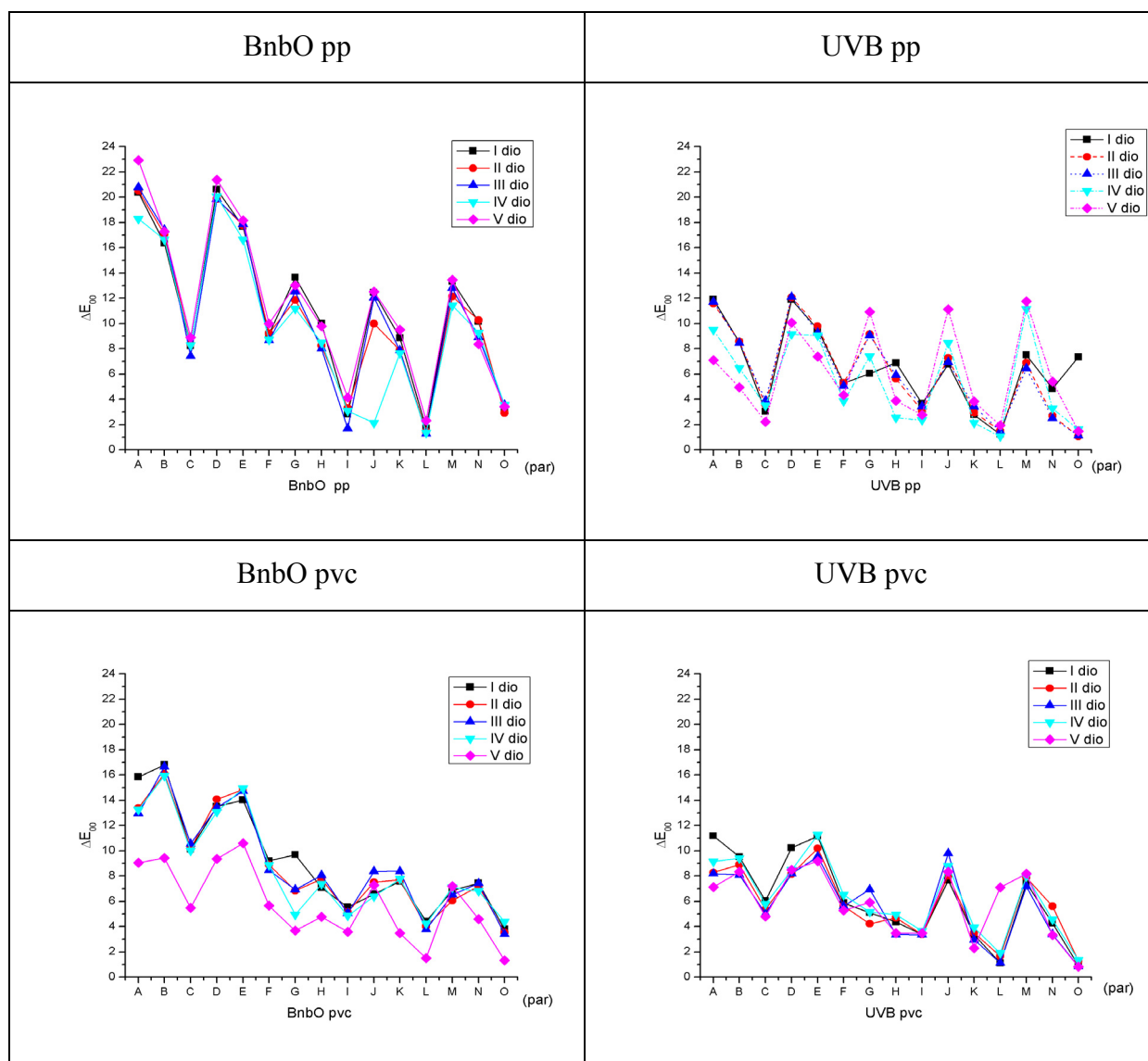
	<b>par A</b>	<b>par B</b>	<b>par C</b>
<b>K</b>	75%	50%	25%
<b>C, M, Y</b>	75%, 75%, 65%	50%, 50%, 40%	25%, 25%, 20%

	<b>par D</b>	<b>par E</b>	<b>par F</b>
<b>K</b>	75%	50%	25%
<b>C, M, Y</b>	75%, 75%, 75%	50%, 50%, 50%	25%, 25%, 25%

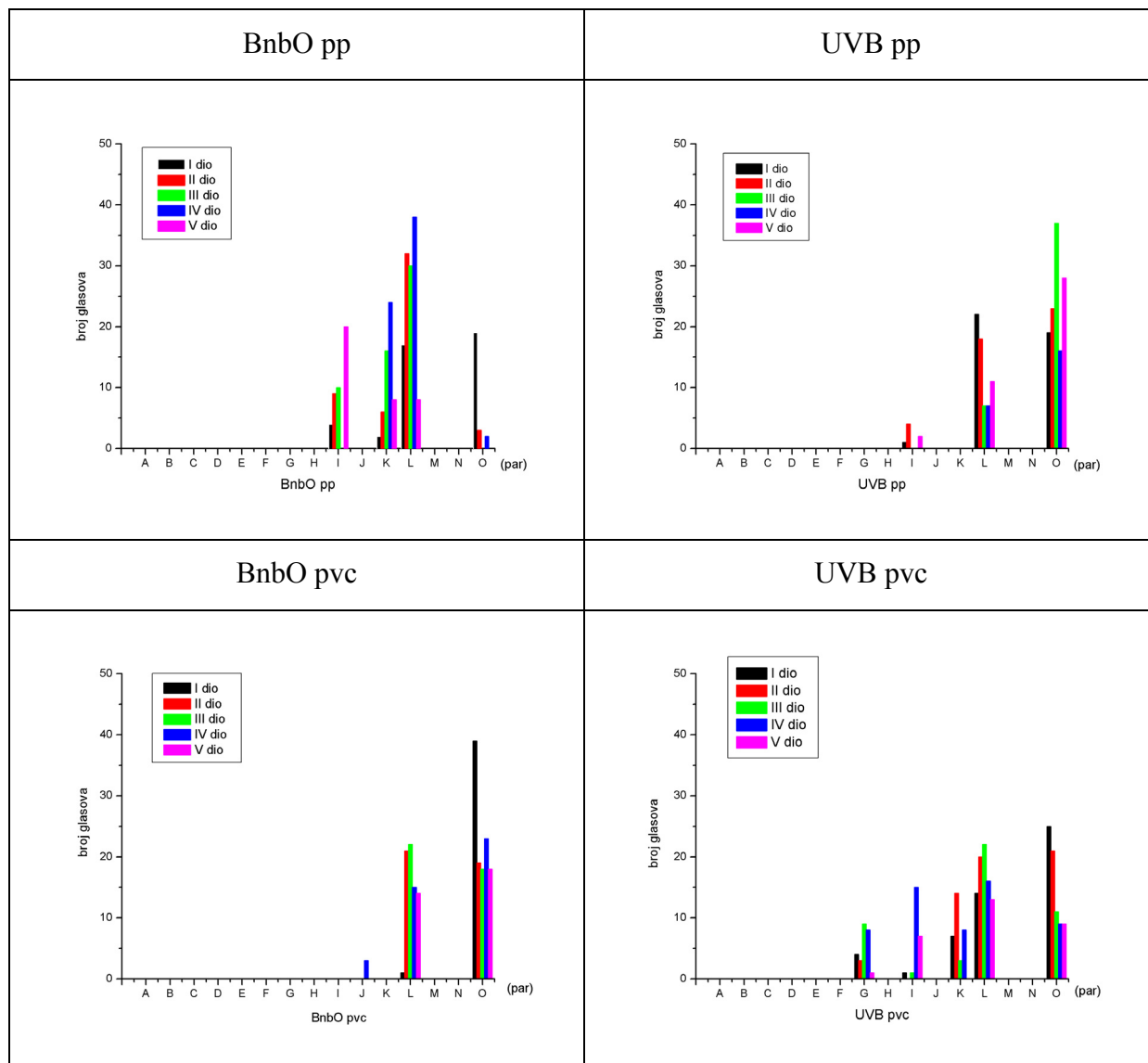
	<b>par G</b>	<b>par H</b>	<b>par I</b>
<b>K</b>	75%	50%	25%
<b>C, M, Y</b>	75%, 65%, 60%	50%, 40%, 35%	25%, 20%, 15%

	<b>par J</b>	<b>par K</b>	<b>par L</b>
<b>K</b>	75%	50%	25%
<b>C, M, Y</b>	75%, 65%, 62%	50%, 40%, 37%	25%, 20%, 17%

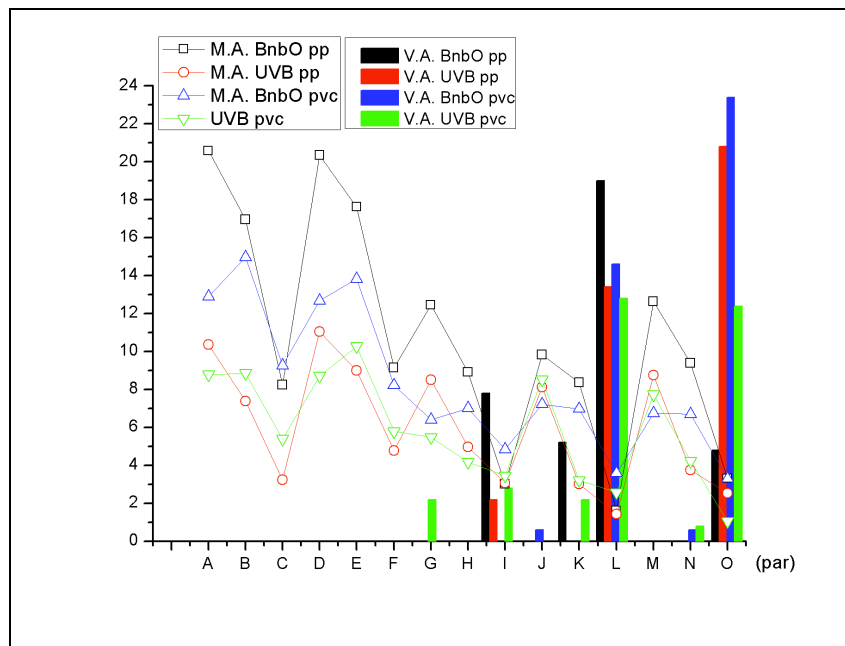
	<b>par M</b>	<b>par N</b>	<b>par O</b>
<b>K</b>	75%	50%	25%
<b>C, M, Y</b>	75%, 65%, 65%	50%, 40%, 40%	25%, 20%, 20%



Slika 52. Kolorimetrijske razlike boja ( $\Delta E_{00}$ ) između polja CMY i K za naklade: BnbO pp; UVBpp; BnbO pvc; UVB pvc



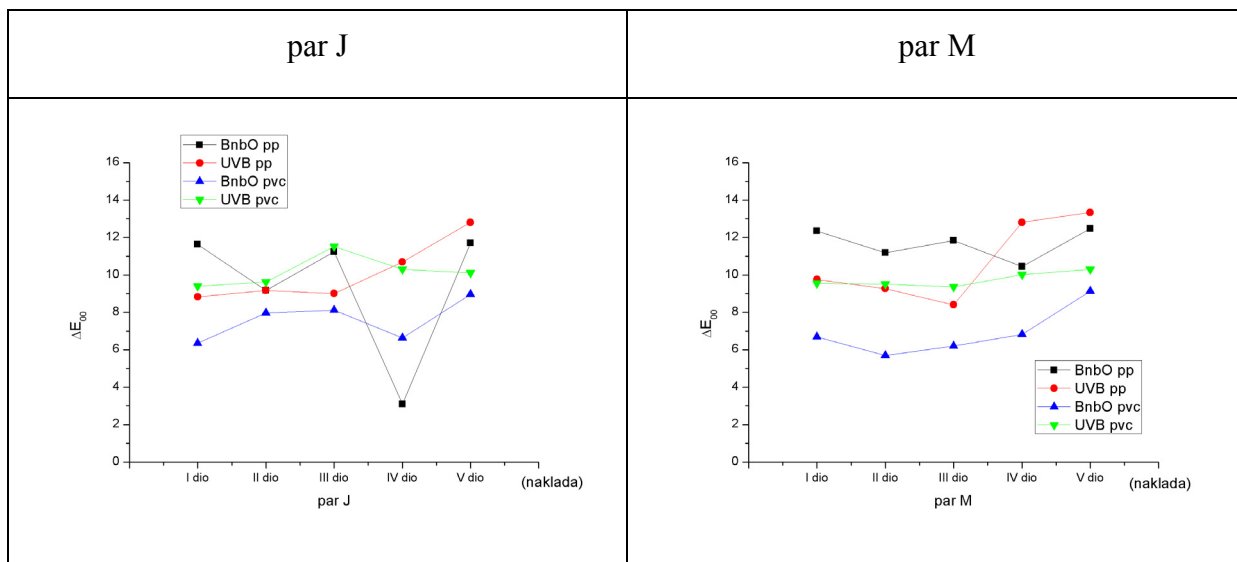
Slika 53. Vizualno ocjenjivanje razlike boje između polja CMY i K, za naklade: BnbO pp; UVB pp; BnbO pvc; UVB pvc [117]



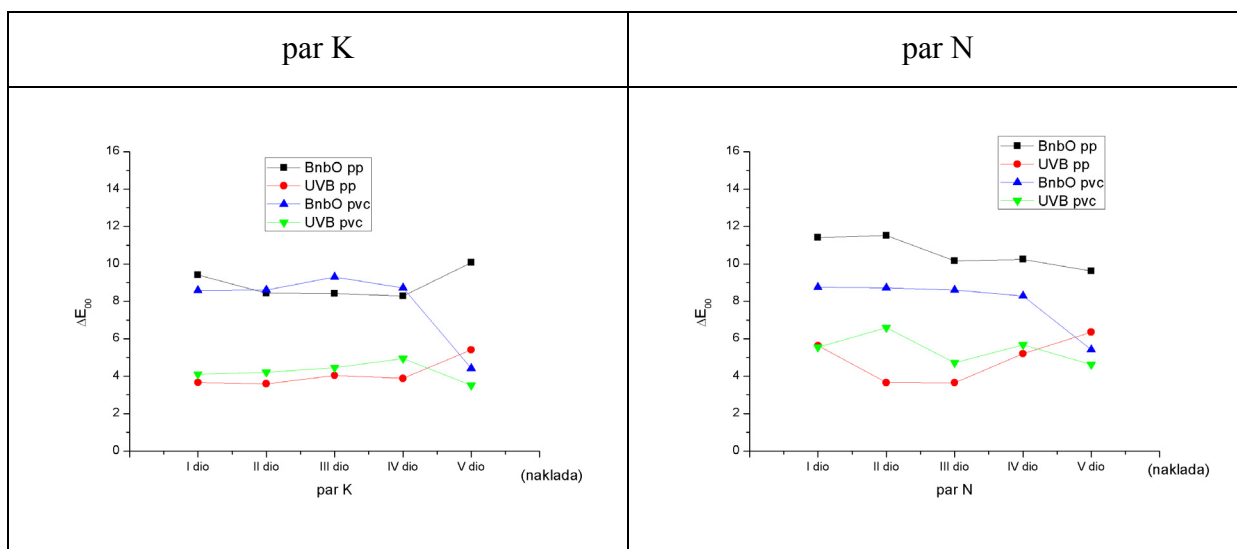
Slika 54. Usporedba vrijednosti vizualnog ocjenjivanja (V.A.) i aritmetičke sredine kolorimetrijskih razlike boja (M.A.)

Definiranje sivog balansa

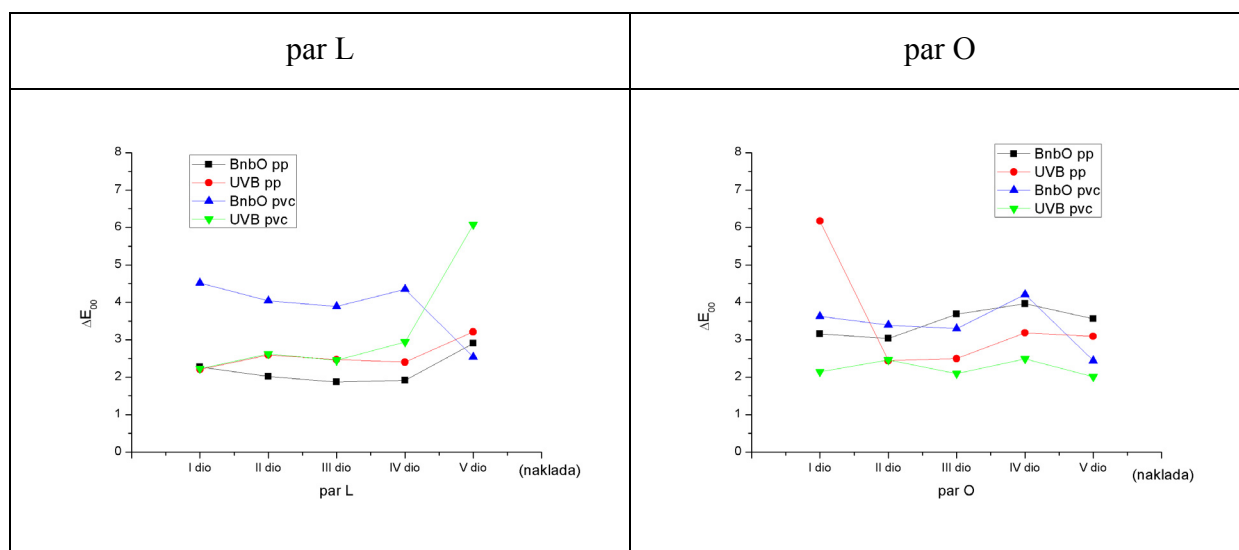
Definiranje i promatranje vrijednosti optimalnog sivog balansa rađeno je usporedbom parova J i M te K i N, i također za parove L i O koji su od najviše ispitanika ocijenjeni kao najbolji.



Slika 55. Kolorimetrijske razlike boja ( $\Delta E_{00}$ ) za par J i za par M



Slika 56. Kolorimetrijske razlike boja ( $\Delta E_{00}$ ) za par K i za par N



Slika 57. Kolorimetrijske razlike boja ( $\Delta E_{00}$ ) za par L i za par O

#### ***4.5. Definiranje parametra prihvatanja bojila na bojilo***

Sve metode koje su do sada razvijene bazirale su se na prihvatanju bojila na bojilo, kada je tiskovna podloga papir. Kako bi se točno definiralo prihvatanje bojila na bojilo, s obzirom na ispitivani tiskovni materijal, potrebno je odrediti ispravnu metodu. U istraživanju su ispitivane metode prema Preucilu [64-65], Brunneru [66] i Ritzu [67]. Odabir pravilne metode za definiranje prihvatanja bojila na bojilo izveden je usporedbom dobivenih rezultata i vrijednostima izračunatim iz slikovne analize uzoraka. Uzorci su promatrani i učitani s optičkim mikroskopom Leica. Slikovna analiza uzoraka rađena je pomoću programa ImageJ i plugin-a od S. SaalfeldiW. Rasband [118].

Definiranje kvalitativnog parametara prihvatanja bojila na bojilo rađeno je pomoću kontrolnog stripa, koji je sastavljen od četiri polja (slika 56). Prva tri polja otisnuta su s punim tonovima dviju bojila. Prvo polje sa žutom i magentom, drugo sa žutom i cijanom te treće s magentom i cijanom. Četvrto polje sastavljeno je od bojila žute, cijan i magente također otisnute s punim tonom.

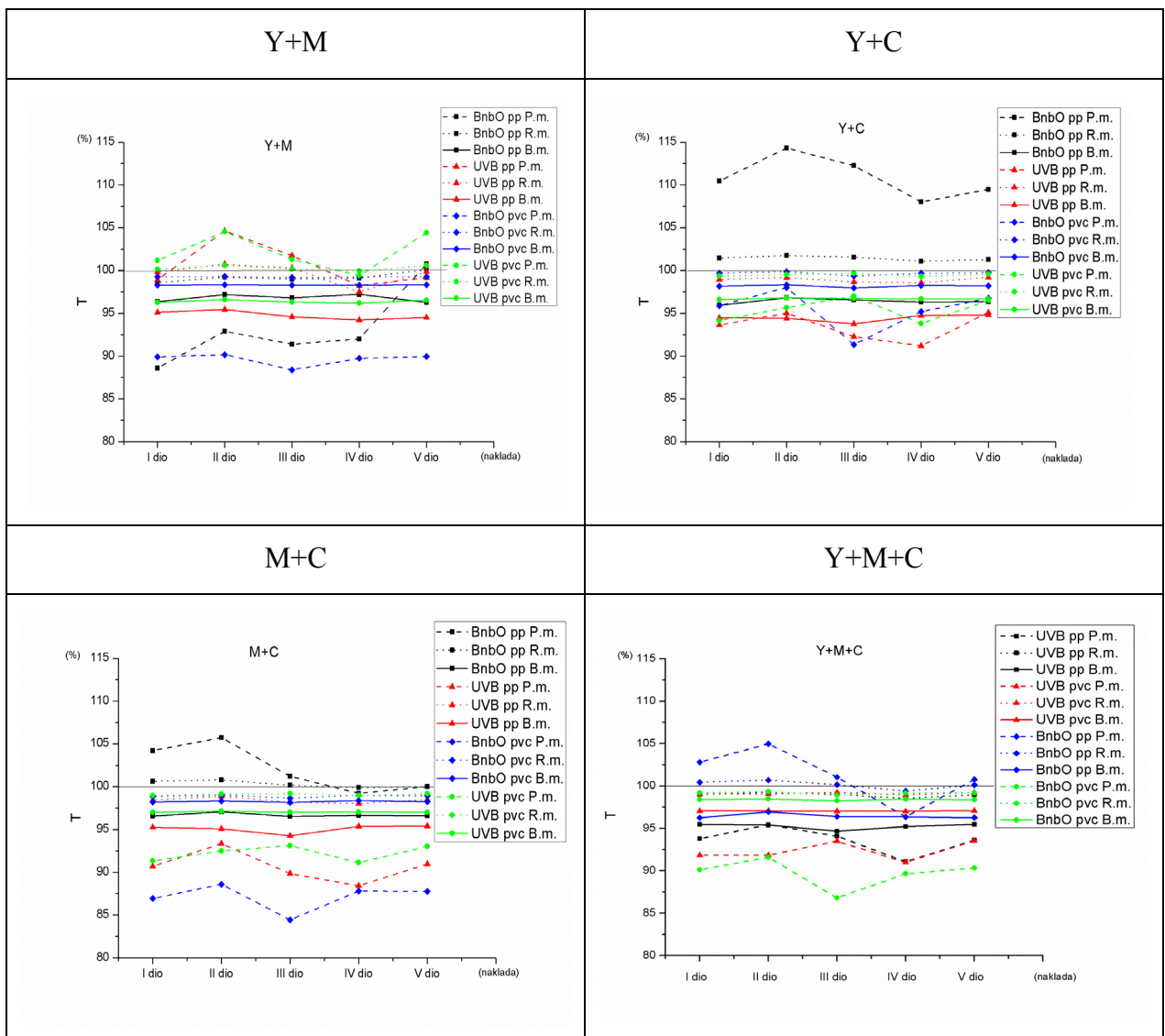


Slika 58. Kontrolni strip za određivanje prihvatanja bojila na bojilo



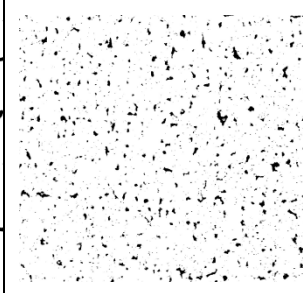
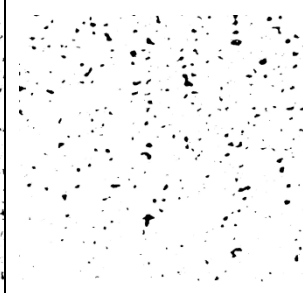
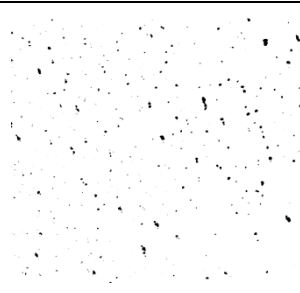
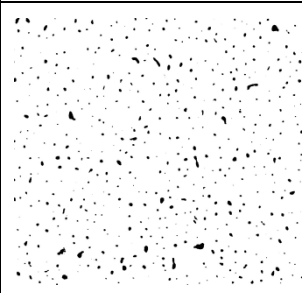
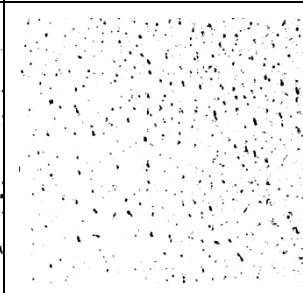
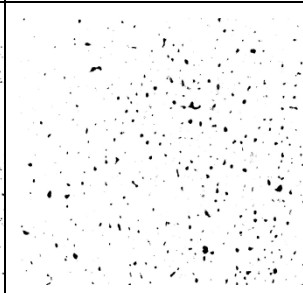
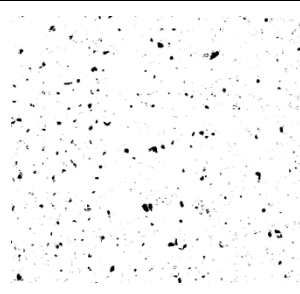
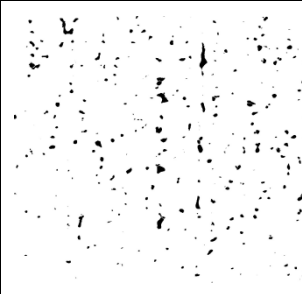
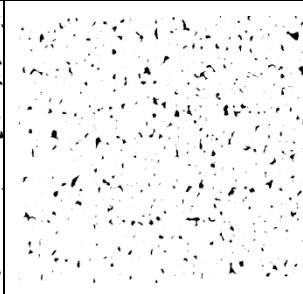
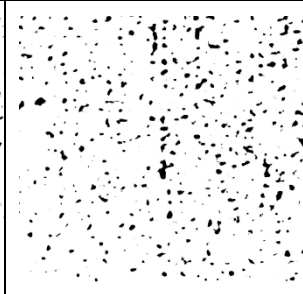
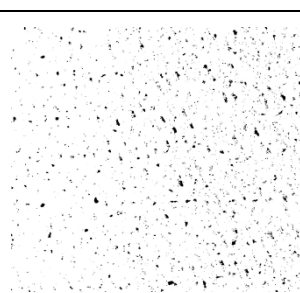
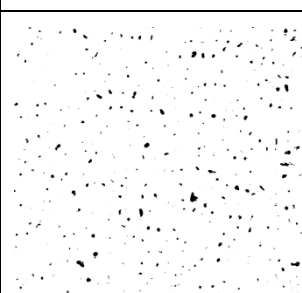
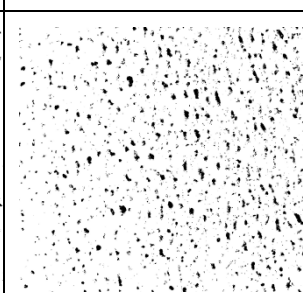
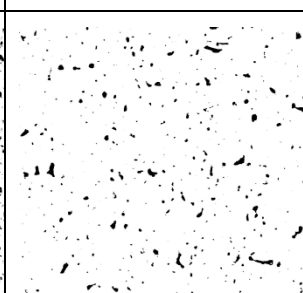
Prema Preucilovoj, Ritzovoj i Brunnerovoj metodi, pomoću denzitometrijskih mjerenja, definirani su parametri prihvatanja bojila na bojilo (opisano u poglavlju 2.5.2.4.).

Na slikama 57 i 58 prikazani su parametri prihvatanja bojila na bojilo koji su dobiveni po Preucilovoj metodi (označena s oznakom P.m.) te Ritzovoj metodi (označeni s oznakom R.m.) i metodom po Brunneru (označeni s oznakom B.m). Parametri koji su dobiveni pomoću slikovne analize polja (ImageJ) označeni su oznakom S.A.

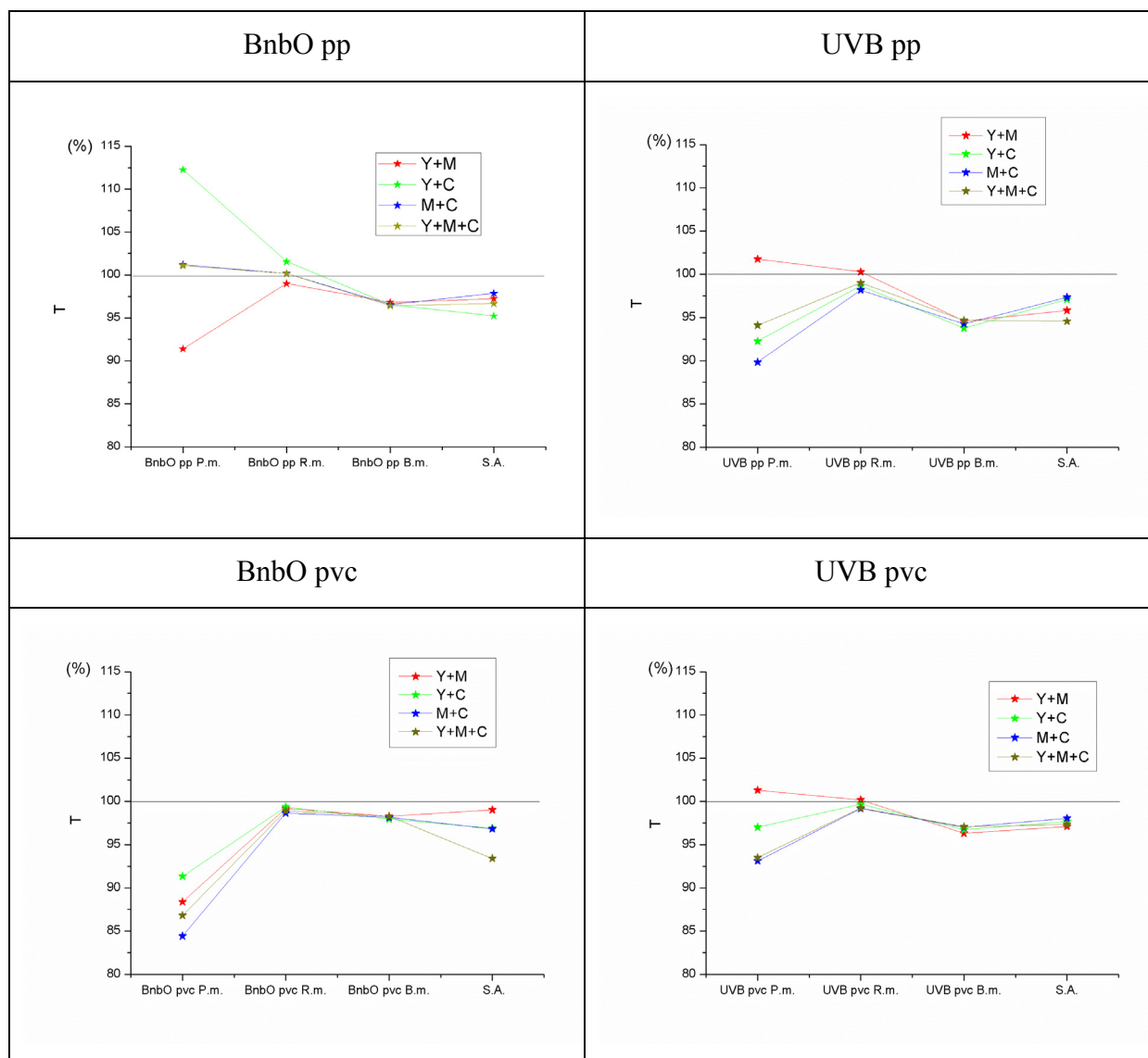




Slika 59. Parametri prihvaćanja bojila na bojilo tijekom procesa tiska dobiveni prema tri metode za polja: Y+M; Y+C; M+C; Y+M+C

Y+M		Y+C	
BnbO pp	UVB pp	BnbO pp	UVB pp
			
BnbO pvc	UVB pvc	BnbO pvc	UVB pvc
			
M+C		Y+M+C	
BnbO pp	UVB pp	BnbO pp	UVB pp
			
BnbO pvc	UVB pvc	BnbO pvc	UVB pvc
			

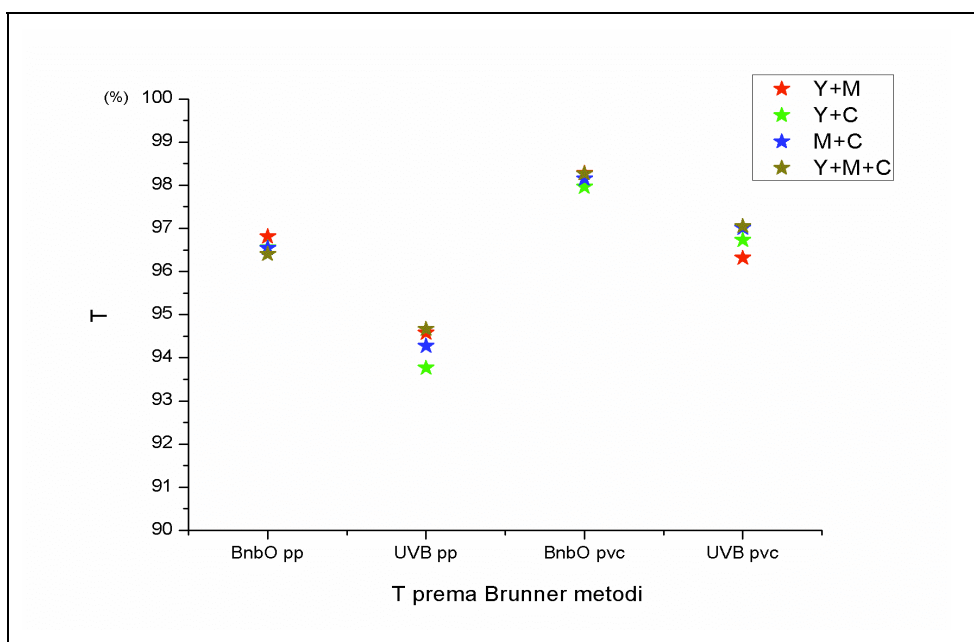
Slika 60. Prikazi površina koje nisu pokrivene sa zadnjim bojilom (dobiveni slikovnom analizom, ImageJ)



Slika 61. Usporedbu aritmetičke sredine parametra prihvaćanja bojila na bojilo dobivenih po tri metode i parametara slikovne analize (S.A.)

### Definiranje prihvatanja bojila na bojilo

Vrijednosti parametara prihvatanja bojila na bojilo izračunati prema Brunner metodi najviše se podudaraju s parametrima dobivenim pomoću slikovne analize uzoraka. Stoga je Brunnerova metoda uzeta za definiranje prihvatanja bojila na bojilo. Vrijednosti parametara prihvatanja bojila na bojilo, za ispitivane naklade, prikazane su na slici 60.



Slika 62. Kvalitativni parametri prihvatanja bojila na bojilo dobivenih po Brunner metodi

#### ***4.6. Definiranje linearnosti gradacije rastertonskih vrijednosti***

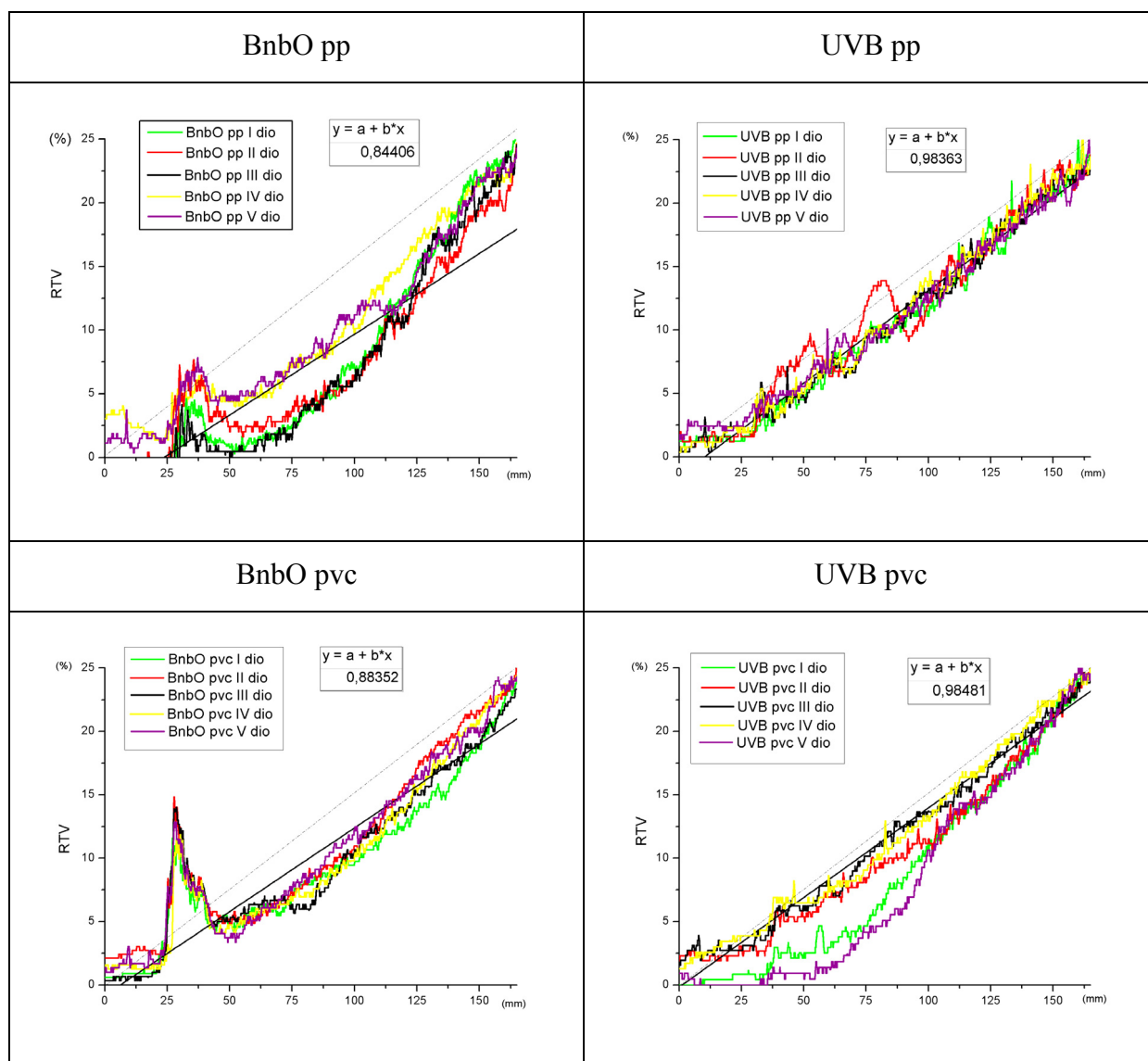
Određivanje linearnosti gradacije rastertonske vrijednosti rađeno je učitavanjem dva kontrolna stripa pomoću slikovnog čitača i programom za slikovnu analizu ImageJ.

Prvi kontrolni strip izrađen je od postepenog pomaka rastertonske vrijednosti od 0 do 25%, a drugi od 0 do 100%. Kontrolni stripovi, koji su ispitivani, imaju dužinu od 165 mm.

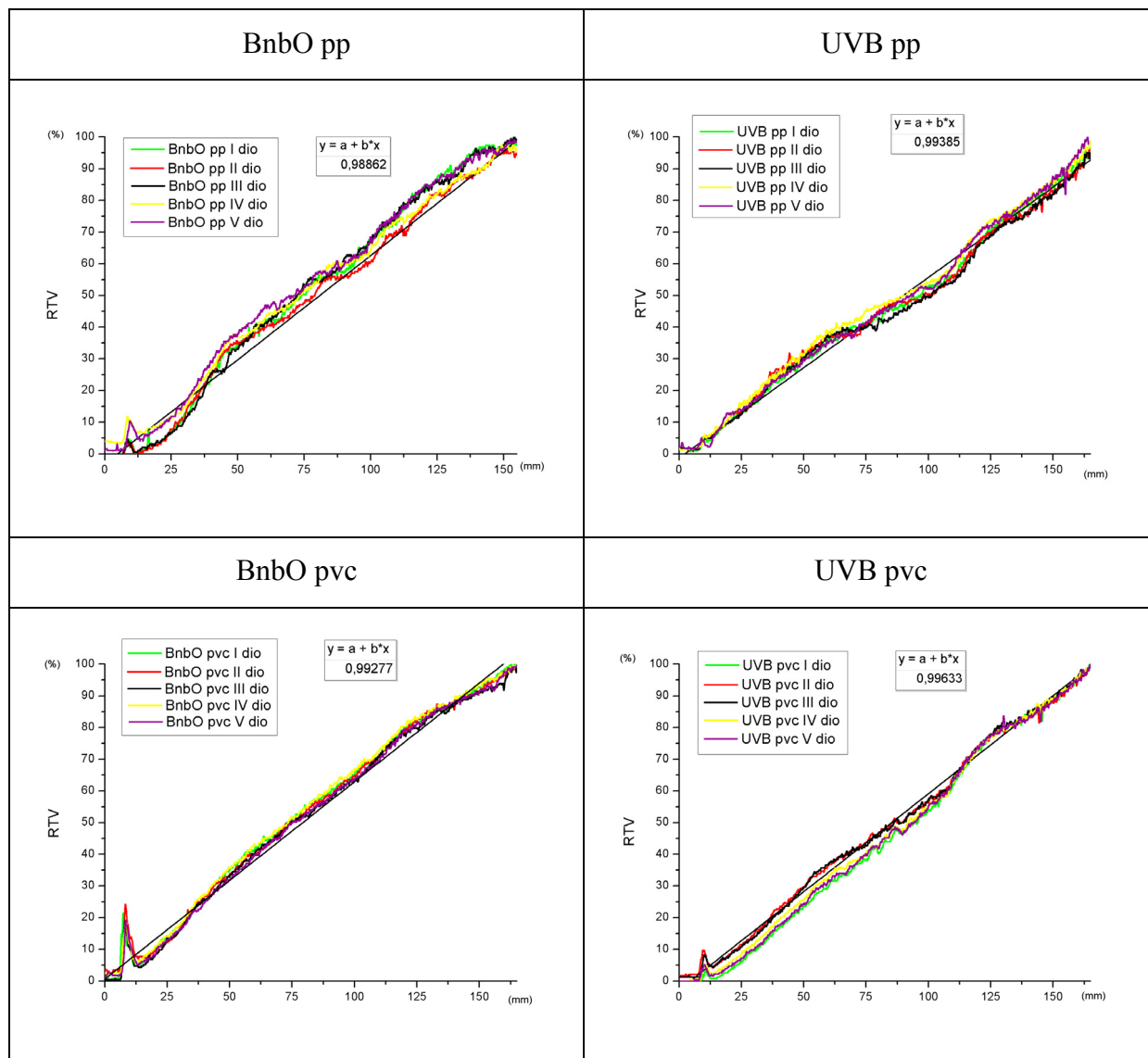


Slika 63. Kontrolni strip za određivanje linearnosti gradacije rastertonskih vrijednosti

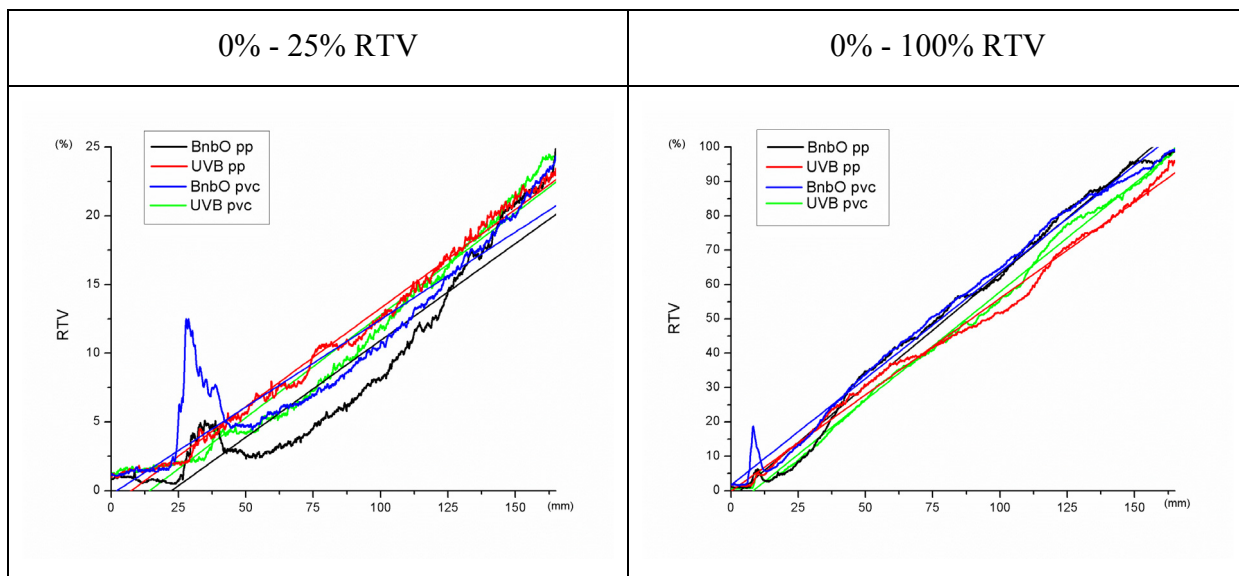
Dobiveni rezultati gradacije rastertonske vrijednosti prikazani su na slikama 64 i 65. Linija idealne linearne reprodukcije rastertonskih vrijednosti označena je iscrtanom linijom, dok je punom linijom označena linearnost gradacije rastertonske vrijednosti od uzoraka.



Slika 64. Gradacija rastertonskih vrijednosti od 0% do 25% s faktorom linearnosti za naklade: BnbO pp; UVB pp; BnbO pvc; UVB pvc



Slika 65. Gradacija rastertonskih vrijednosti od 0% do 100% s faktorom linearnosti za naklade: BnbO pp; UVB pp; BnbO pvc; UVB pvc

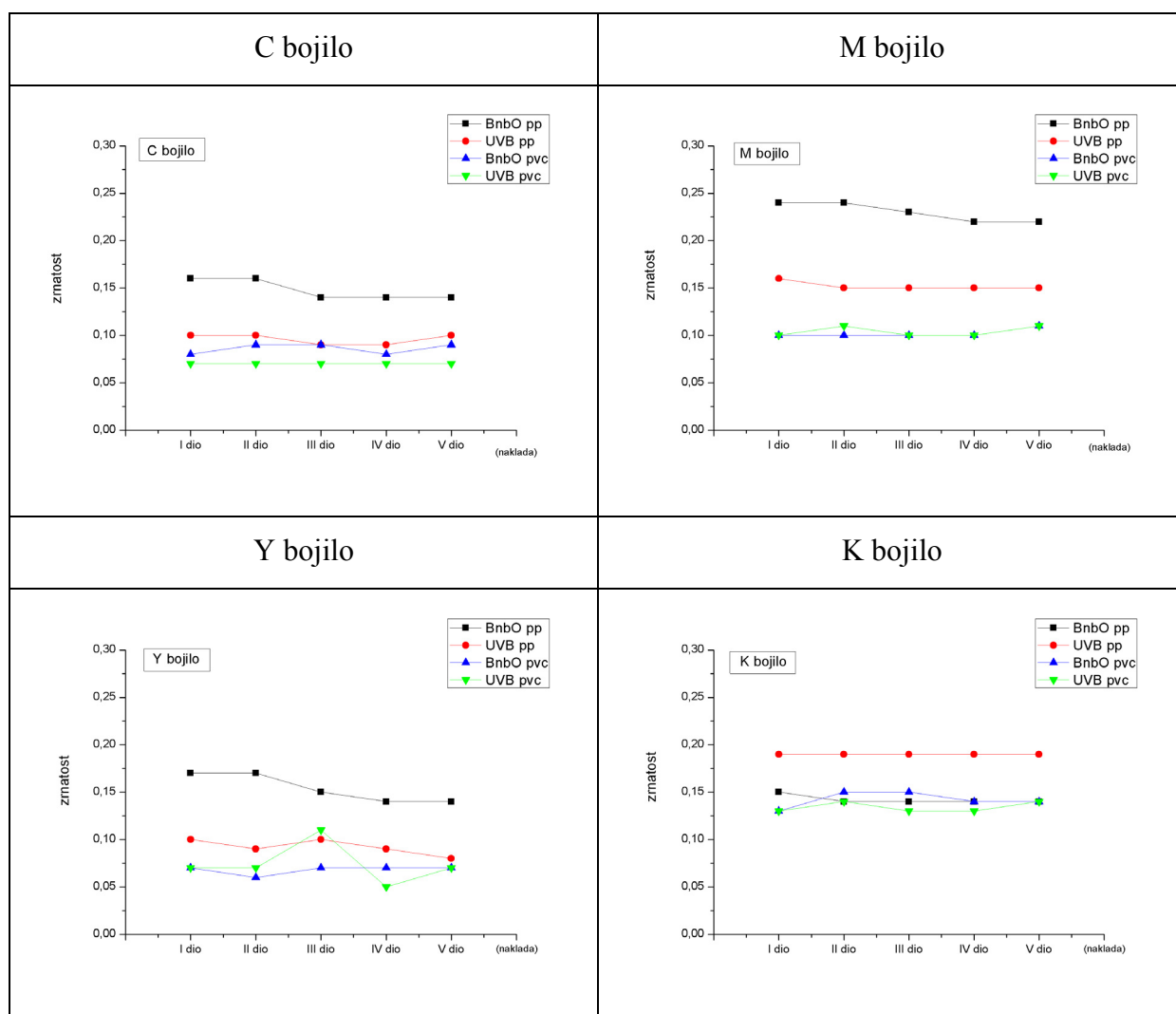


Slika 66. Usporedba linearnosti gradacije rastertonskih vrijednosti između naklada

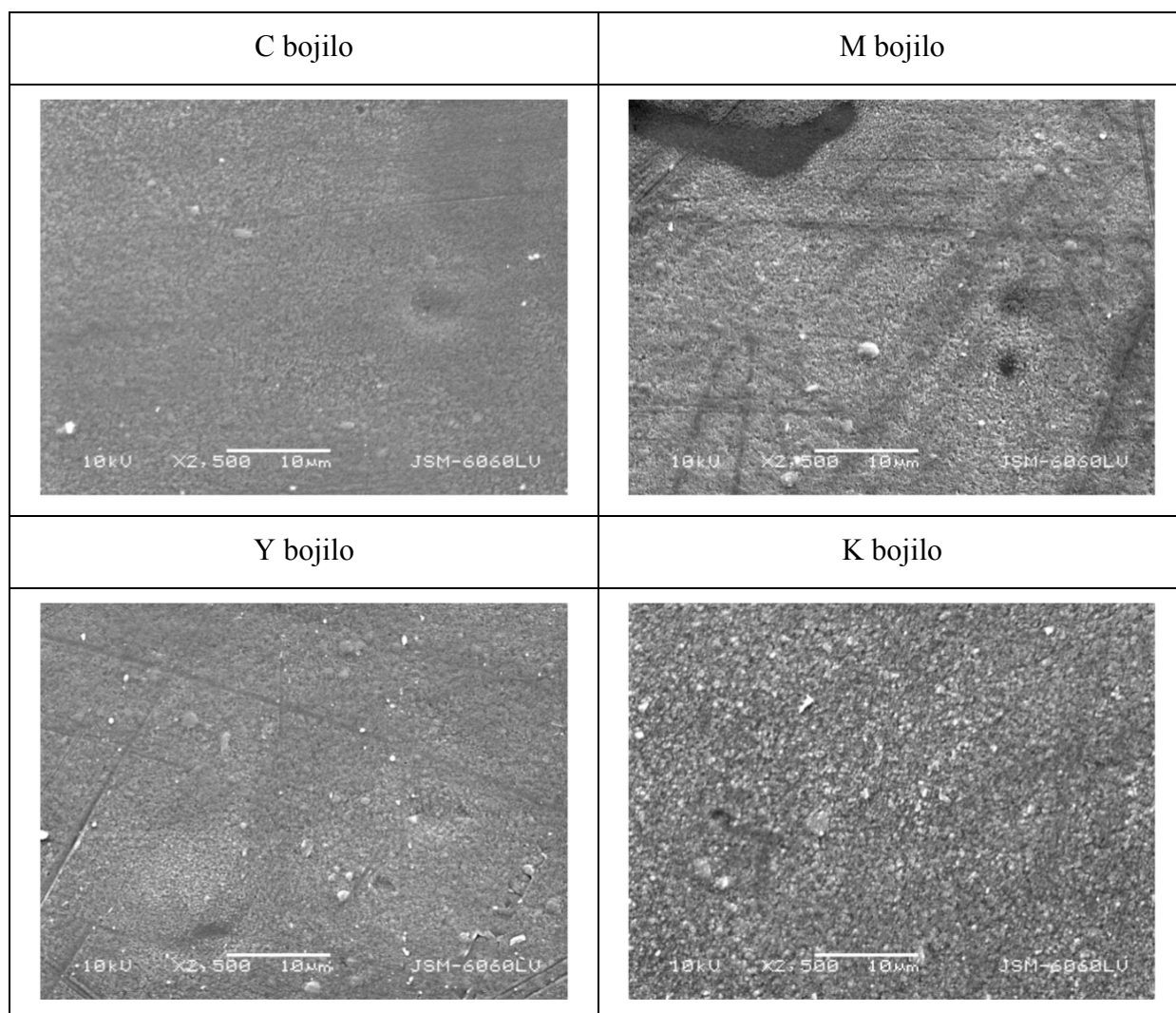


#### 4.7. Definiranje zrnatosti i nejednolične reprodukcije punih tonova

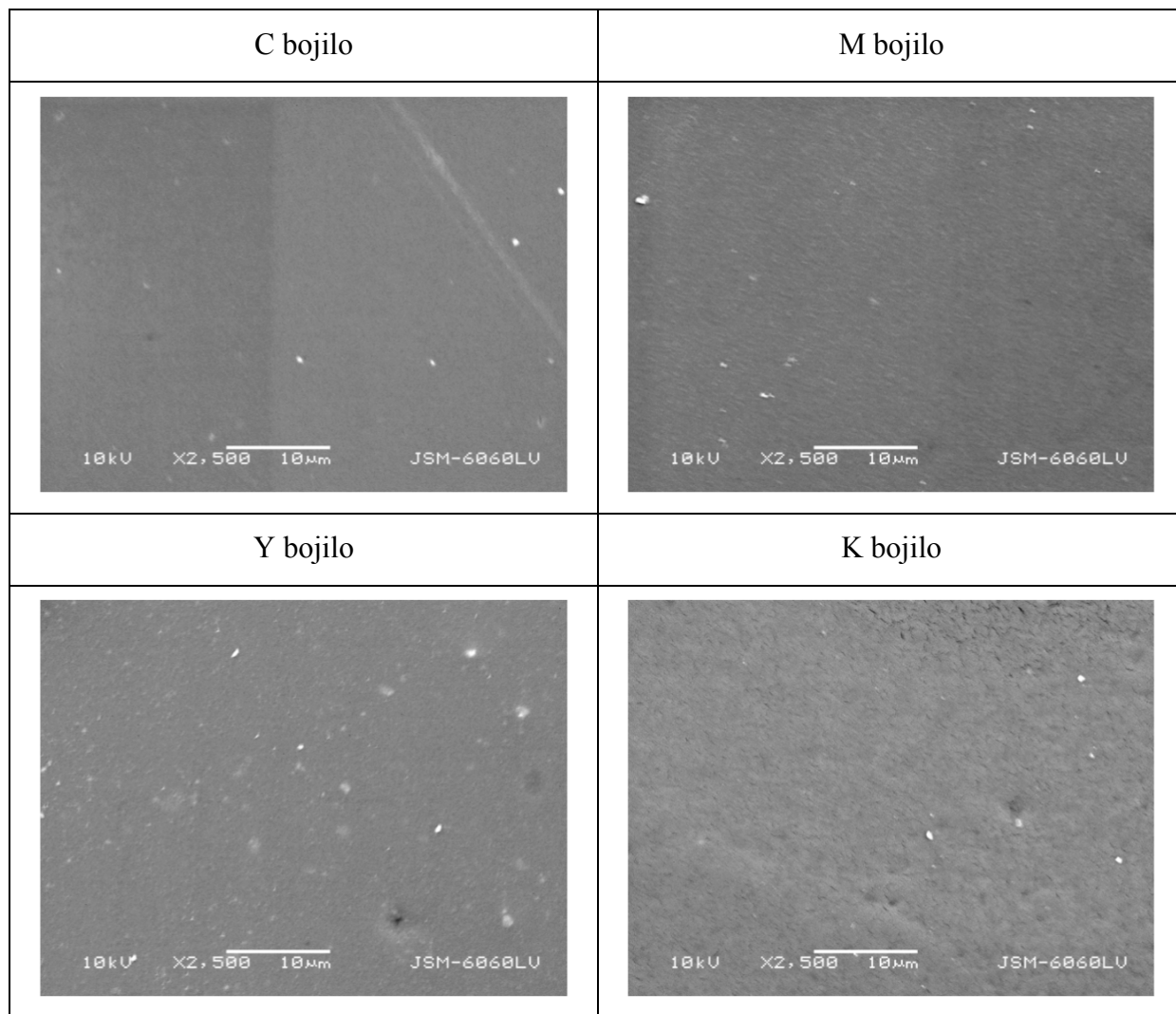
Ispitivanje neravnomjernog nanosa bojila na tiskovnu podlogu izvedeno je na punim tonovima cijan, magente, žutog i crnog bojila (dimenzija 15 x 32 mm). Analiza neravnomjernog nanosa bojila na tiskovnu podlogu podijeljena je na dvije razine. Mikro razinu, gdje je ispitivana zrnatost punog tona te na makro razinu, gdje je ispitivana nejednoličnost reprodukcije punog tona (opisano u poglavlju 2.5.2.6).



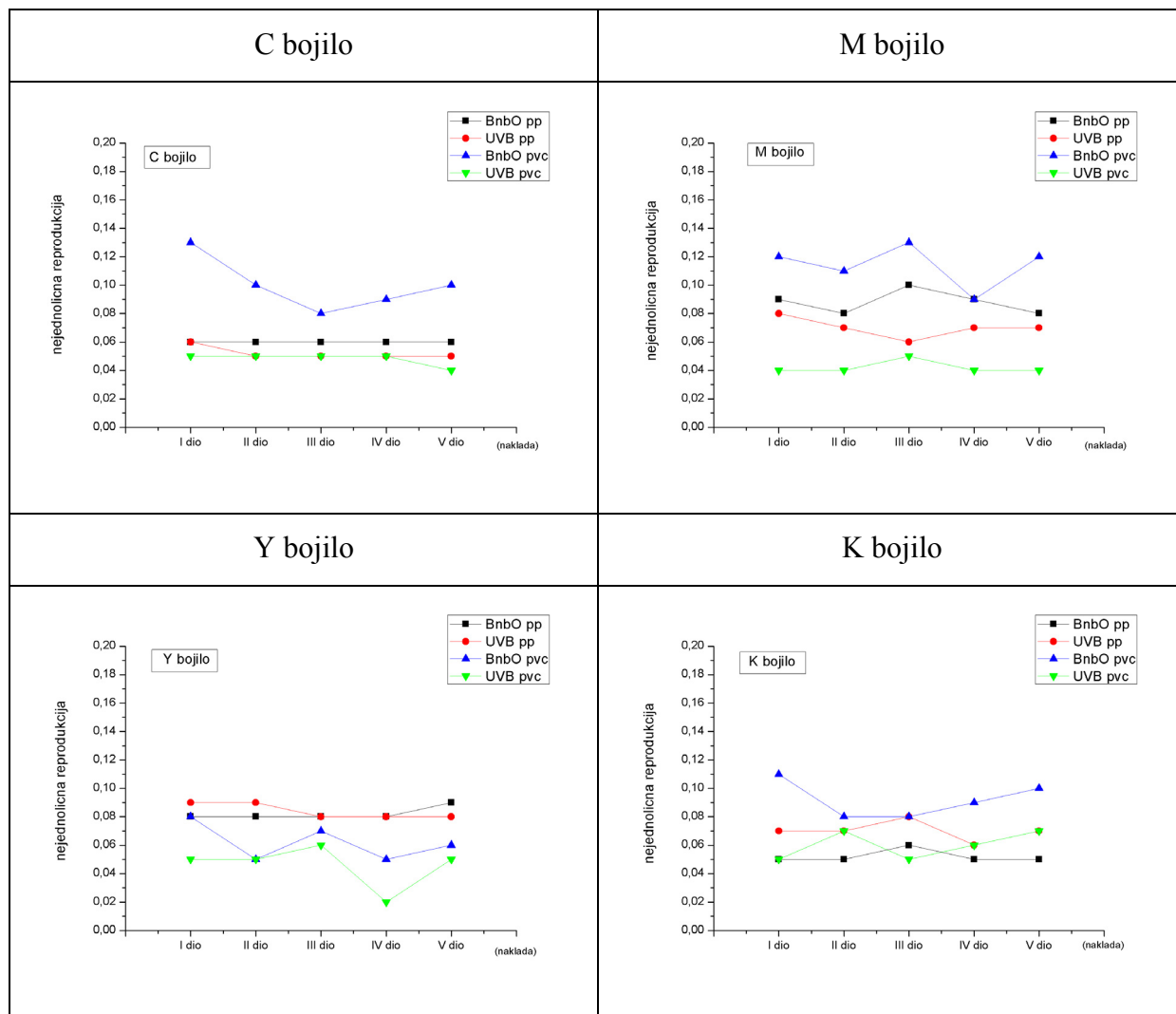
Slika 67. Vrijednosti zrnatosti punog tona (mikro razina)



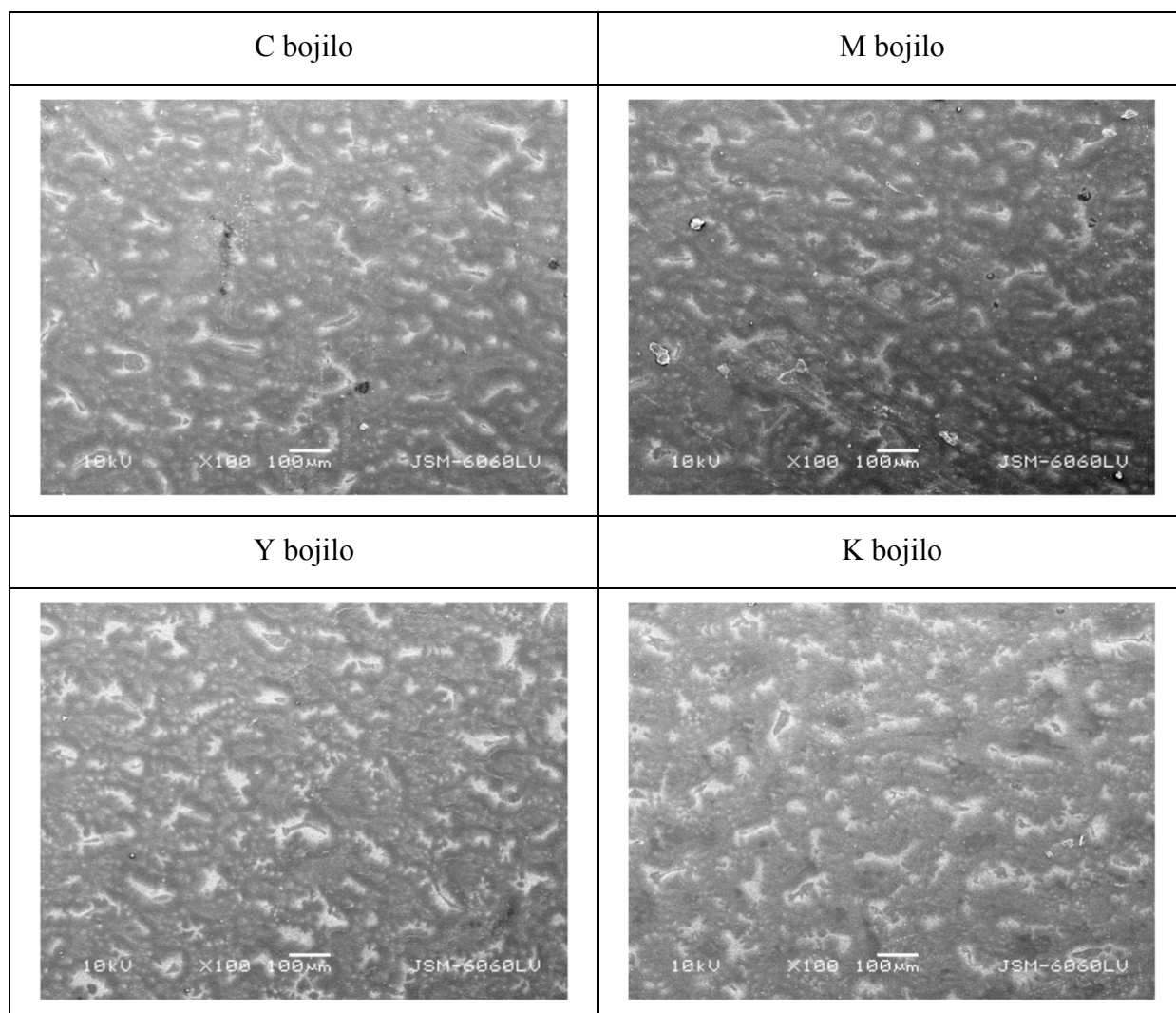
Slika 68. SEM slike s povećanjem od 2500x prikazuju mikro razinu punih tonova od naklade BnbO pp



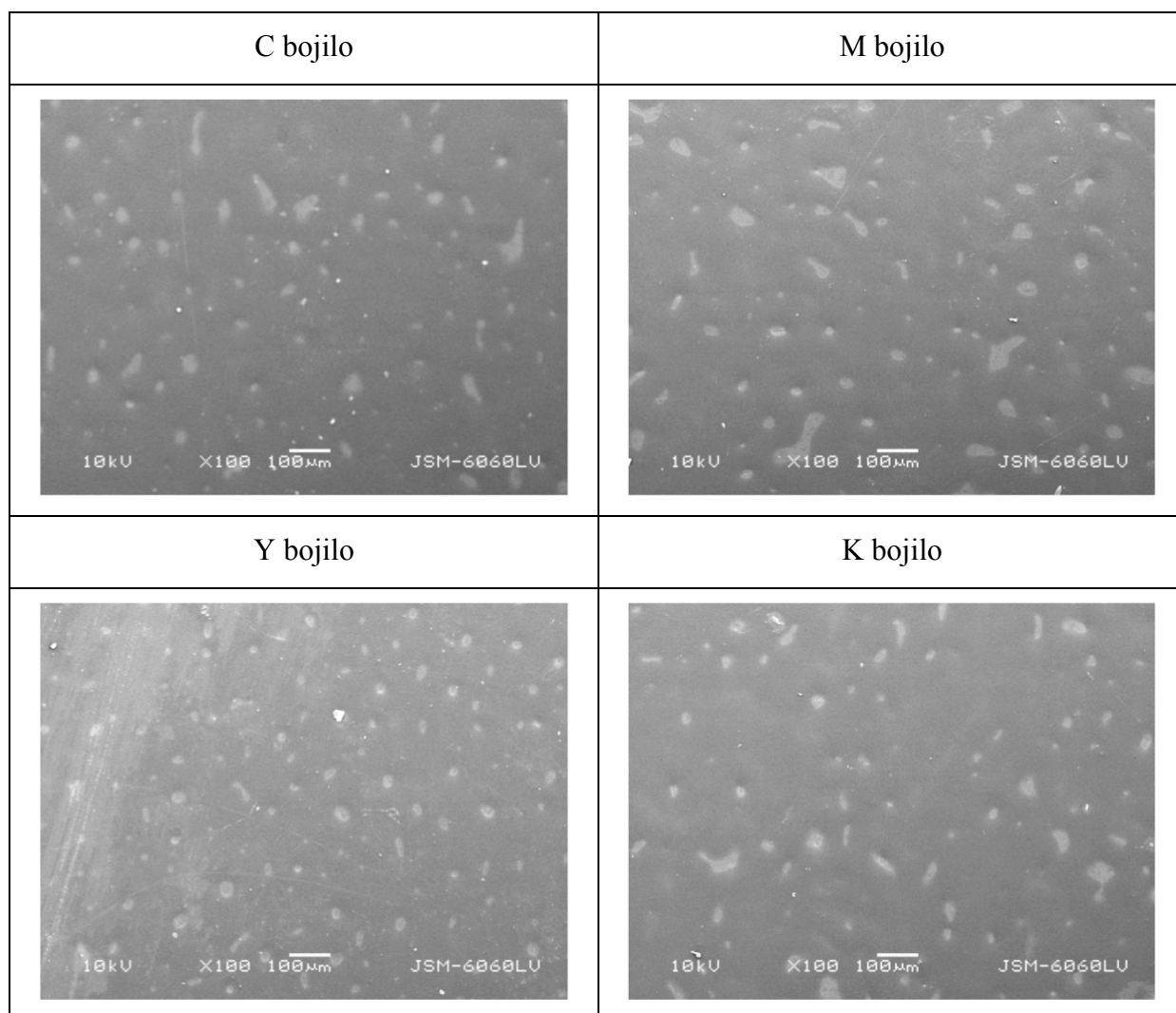
Slika 69. SEM slike s povećanjem od 2500x prikazuju mikro razinu punih tonova kod naklade UVB pp



Slika 70. Vrijednosti nejednolične reprodukcije punog tonova (makro razina)



Slika 71. SEM slike s povećanjem od 100x prikazuju makro razinu punih tonova kod naklade BnbO pvc

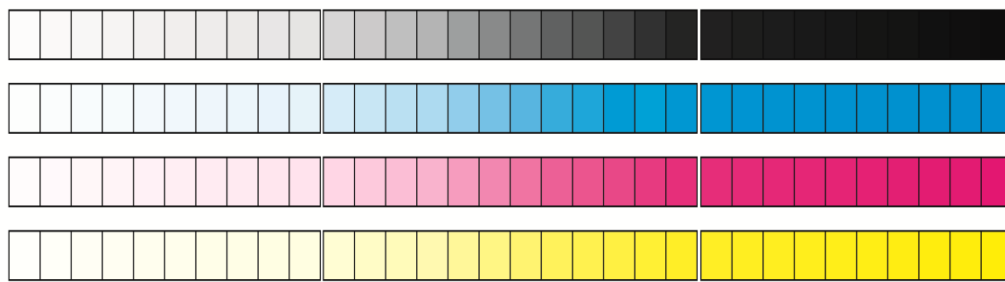


Slika 72. SEM slike s povećanjem od 100x prikazuju makro razinu punih tonova kod naklade UVB pvc

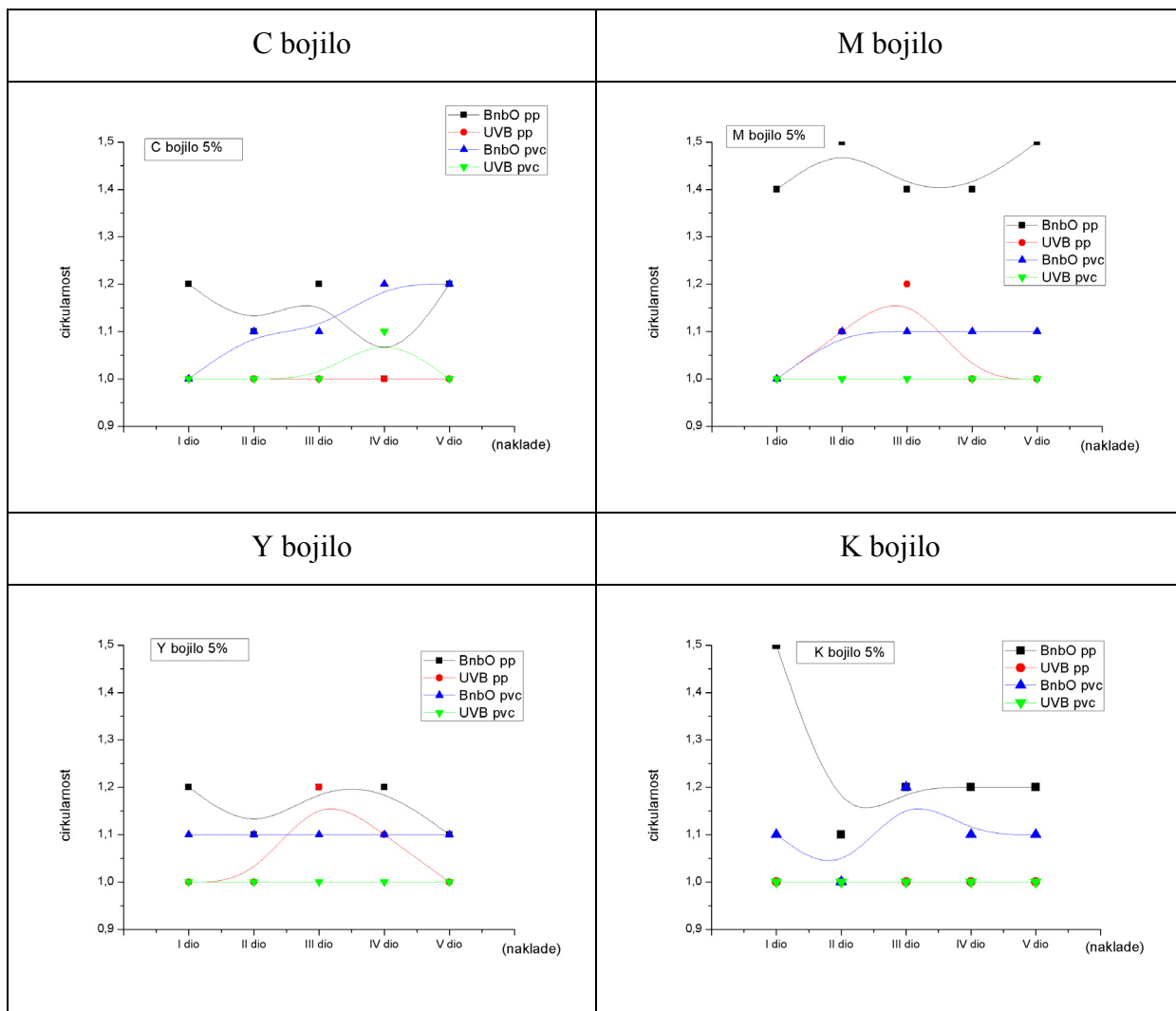
#### ***4.8. Definiranje deformacije rasterskog elementa i prirasta rastertonske vrijednosti***

Deformacija rasterskog elementa ispitivana je na osnovu podatka o cirkularnosti rasterskog elementa. Optički i geometrijski prirast rastertonske vrijednosti analiziran je pomoću jednadžbe Murray-Davies (opisano u poglavlju 2.5.2.7).

Kontrolni strip na kojem je izvedeno ispitivanje otisnut je s rastertonskim vrijednostima od 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 91%, 92%, 93%, 94%, 95%, 96%, 97%, 98%, 99% i 100 % (slika 73).

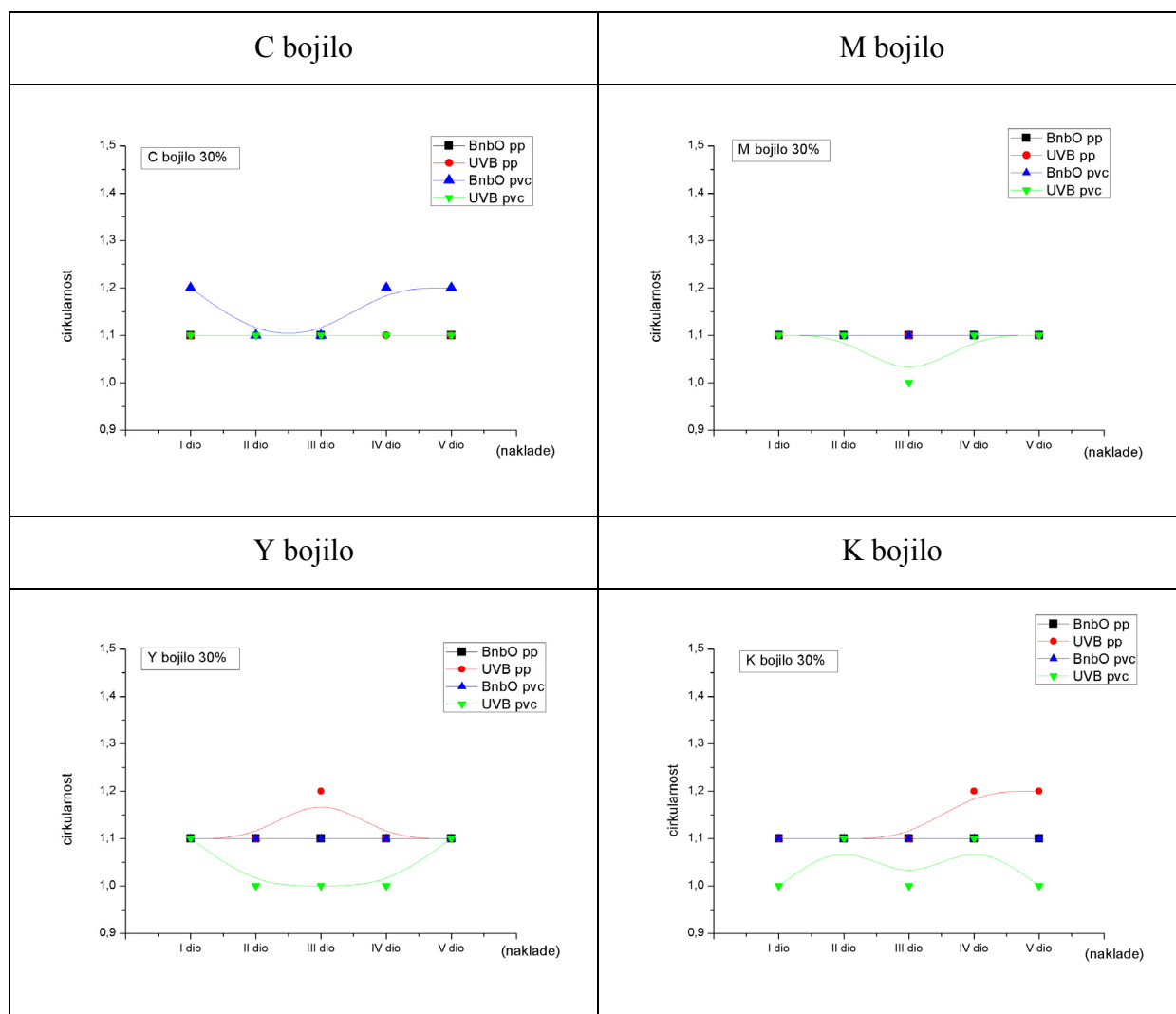


Slika 73. Kontrolni strip za definiranje cirkularnosti rasterskog elementa i prirasta rastertonske vrijednosti

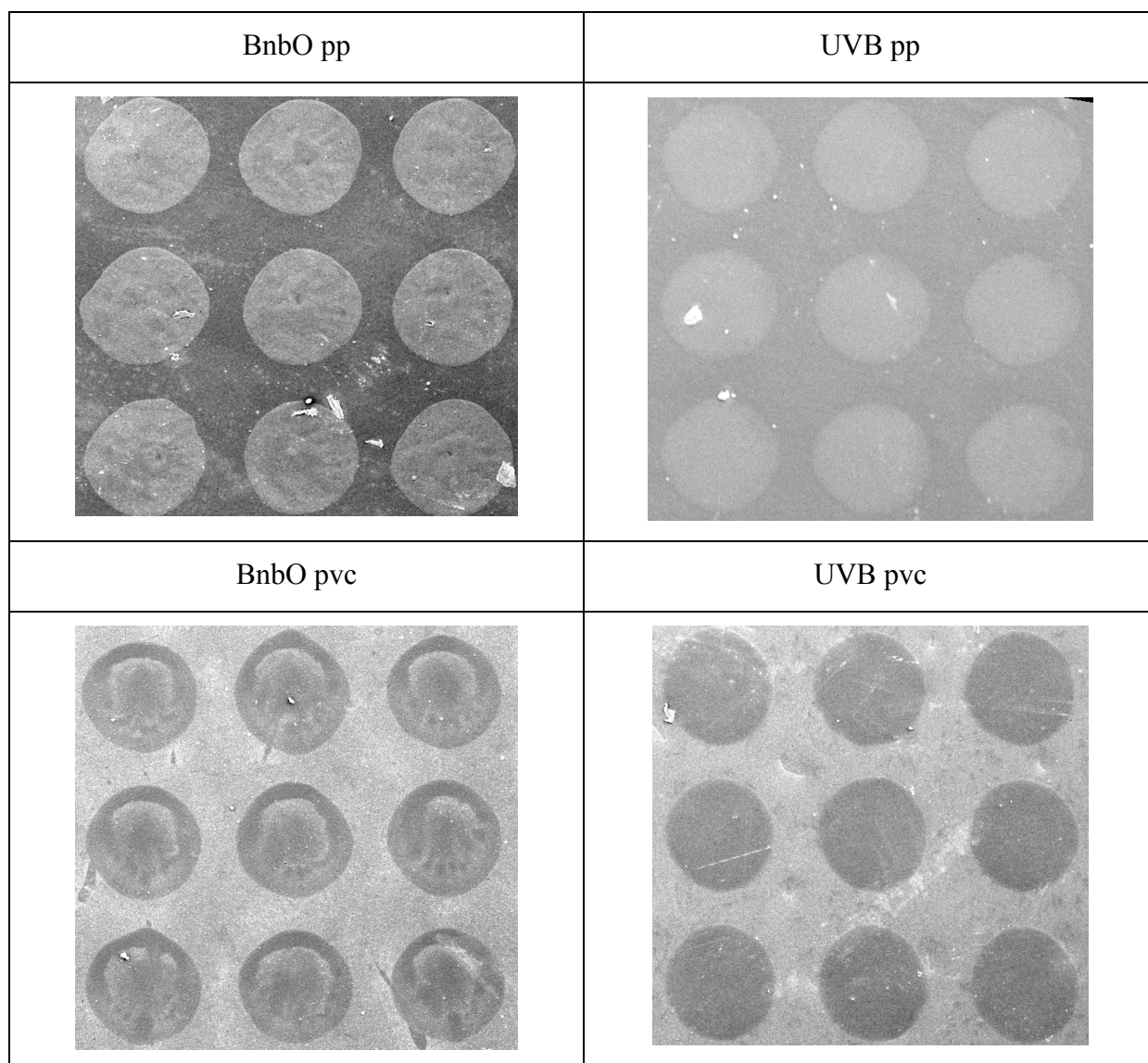


Slika 74. Cirkularnost rasterskog elementa na rastertonskoj vrijednosti od 5%

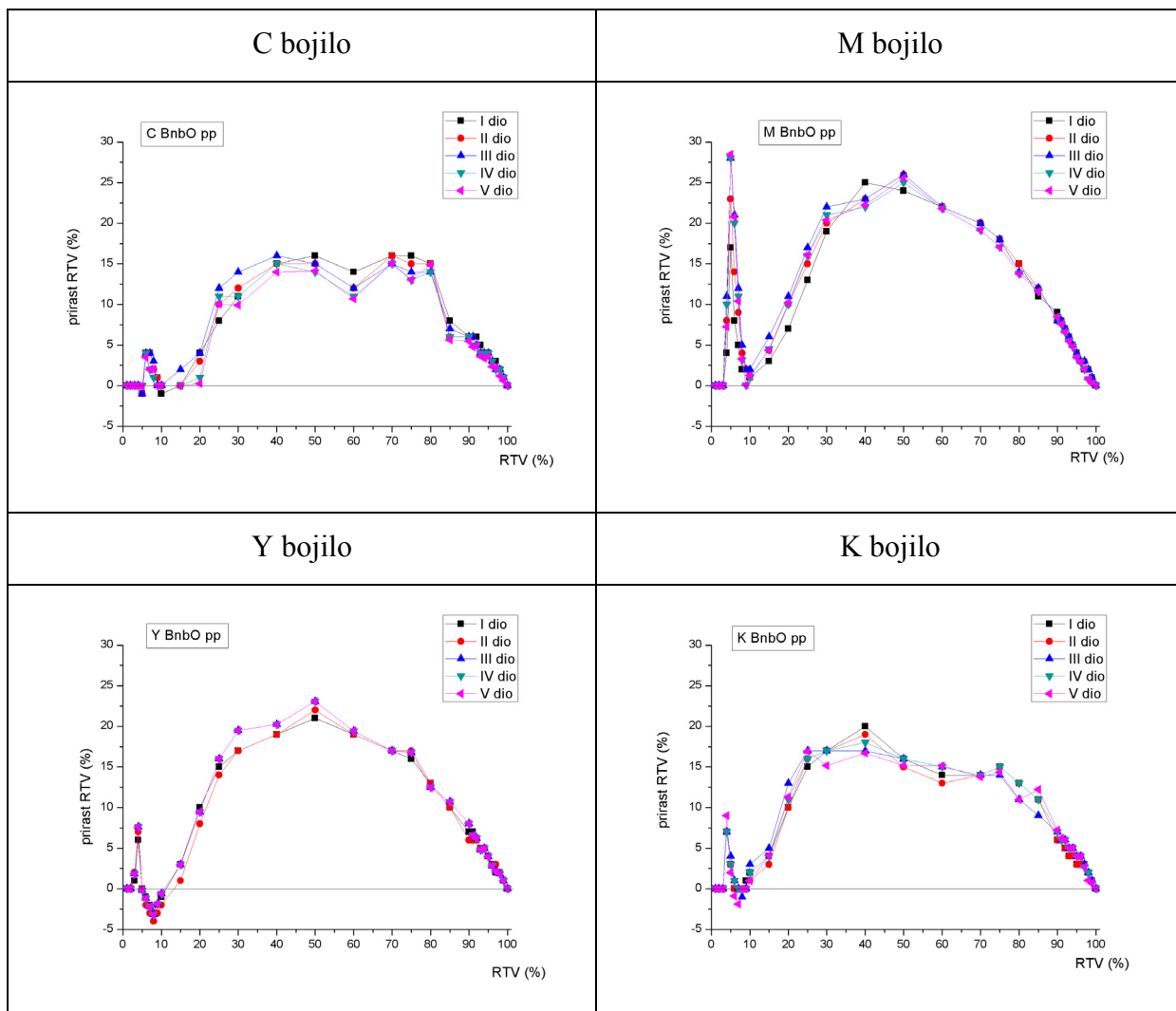




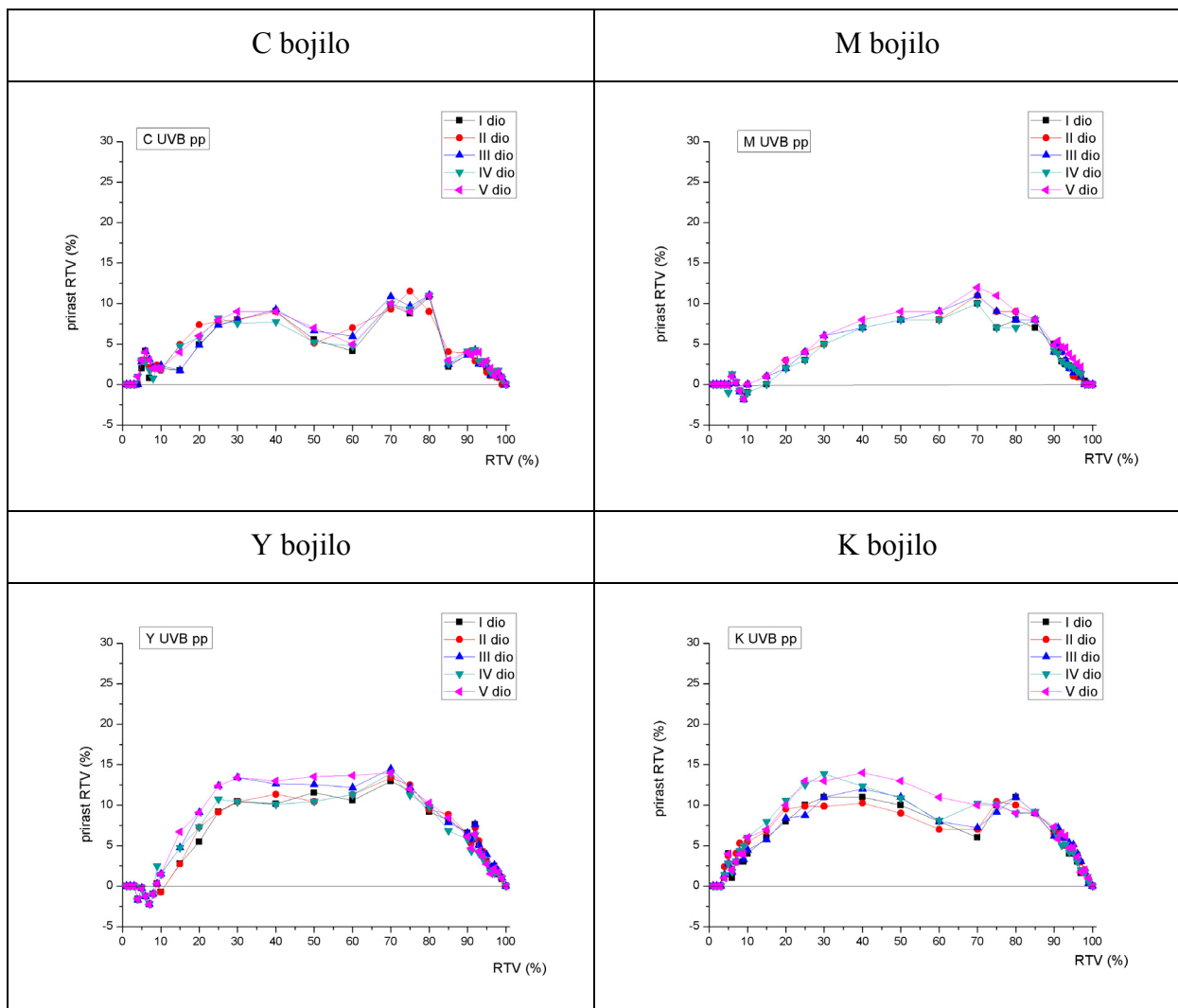
Slika 75. Cirkularnost rasterskog elementa na rastertonskoj vrijednosti od 30%



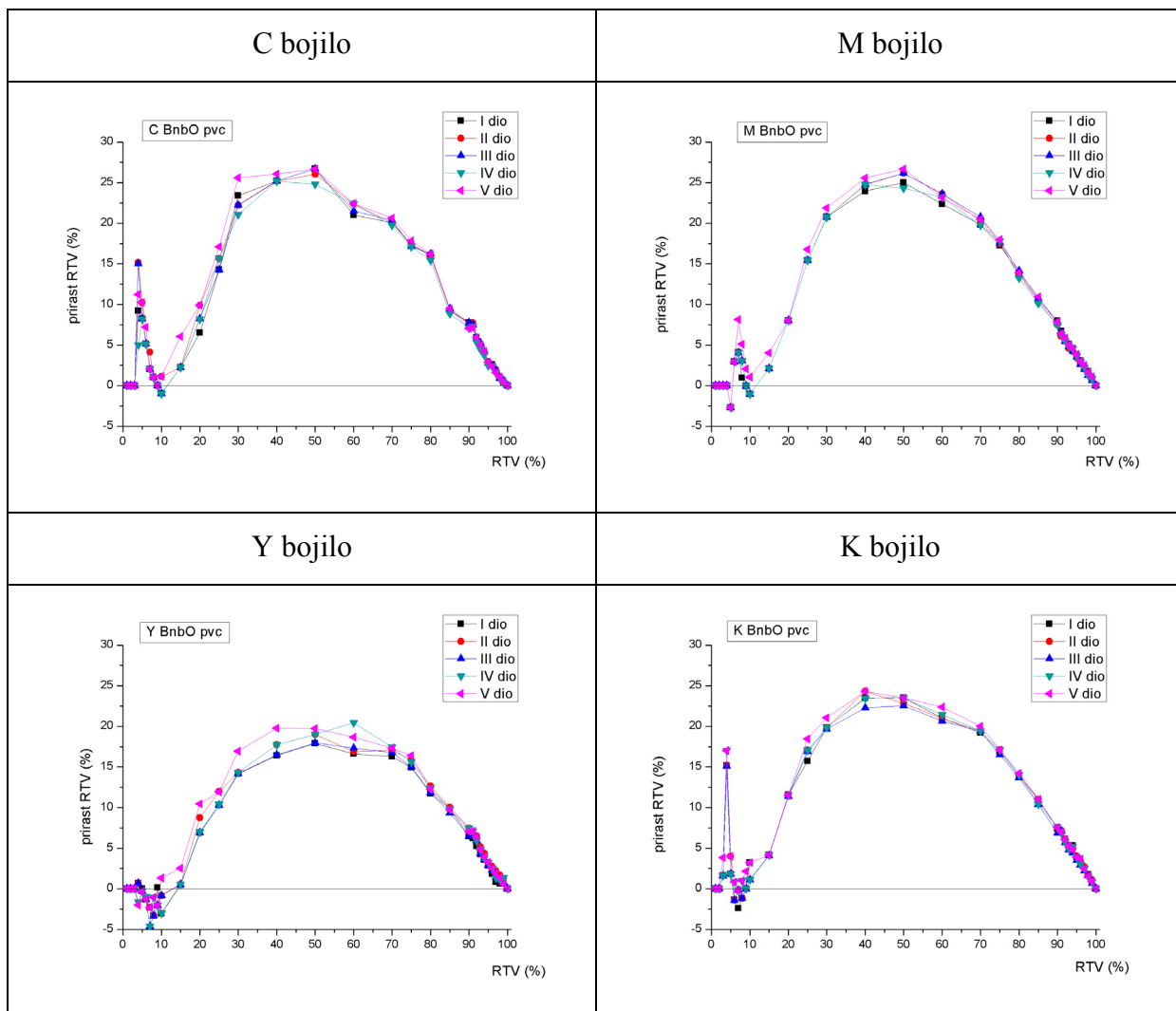
Slika 76. SEM slike s povećanjem od 100x prikazuju uzorke otisnute s 50% rastertonske vrijednosti od cijan bojila



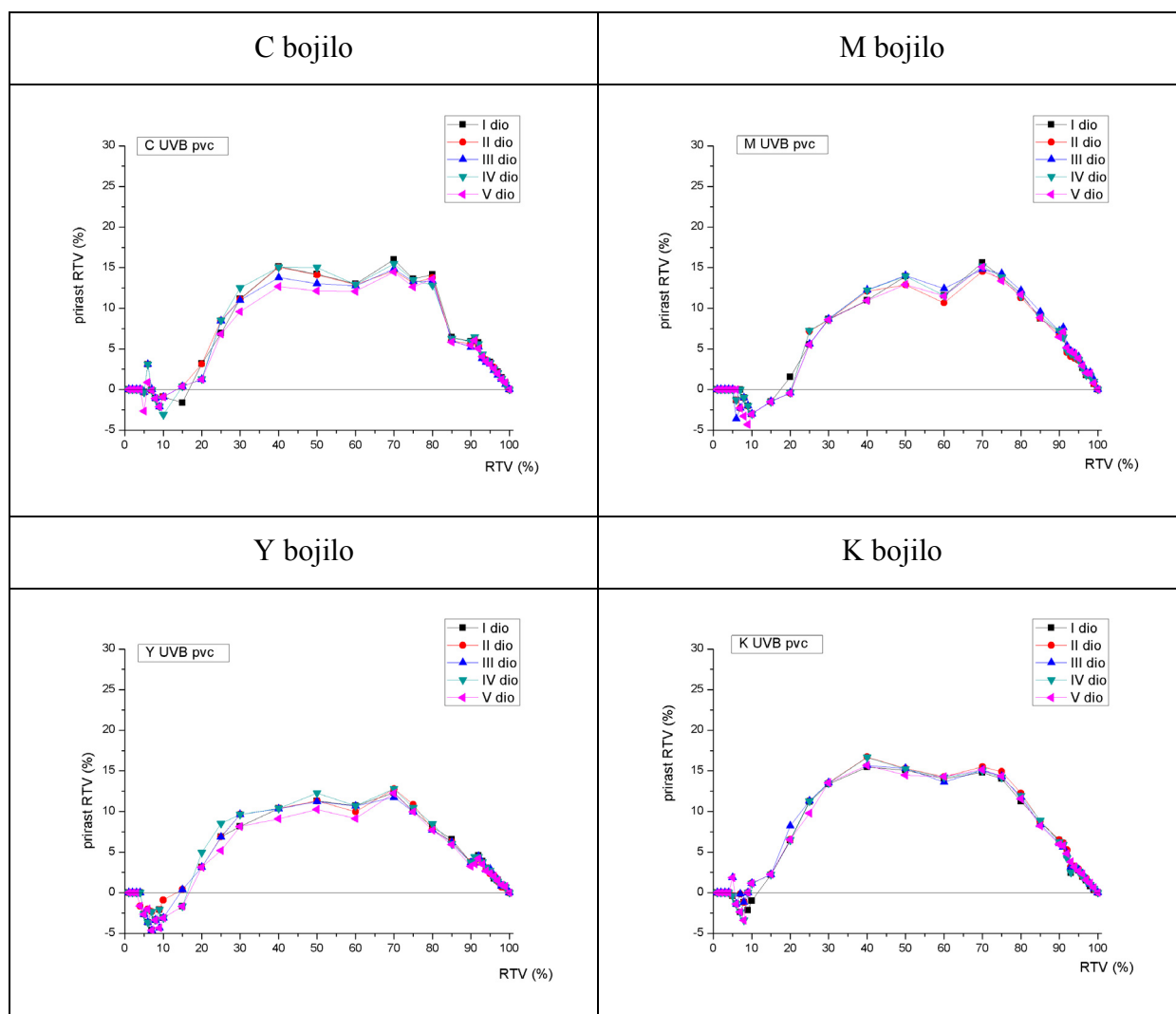
Slika 77. Prirast rastertonske vrijednosti kod naklade otisnute s bojilom na bazi otapala na PP tiskovnoj podlozi



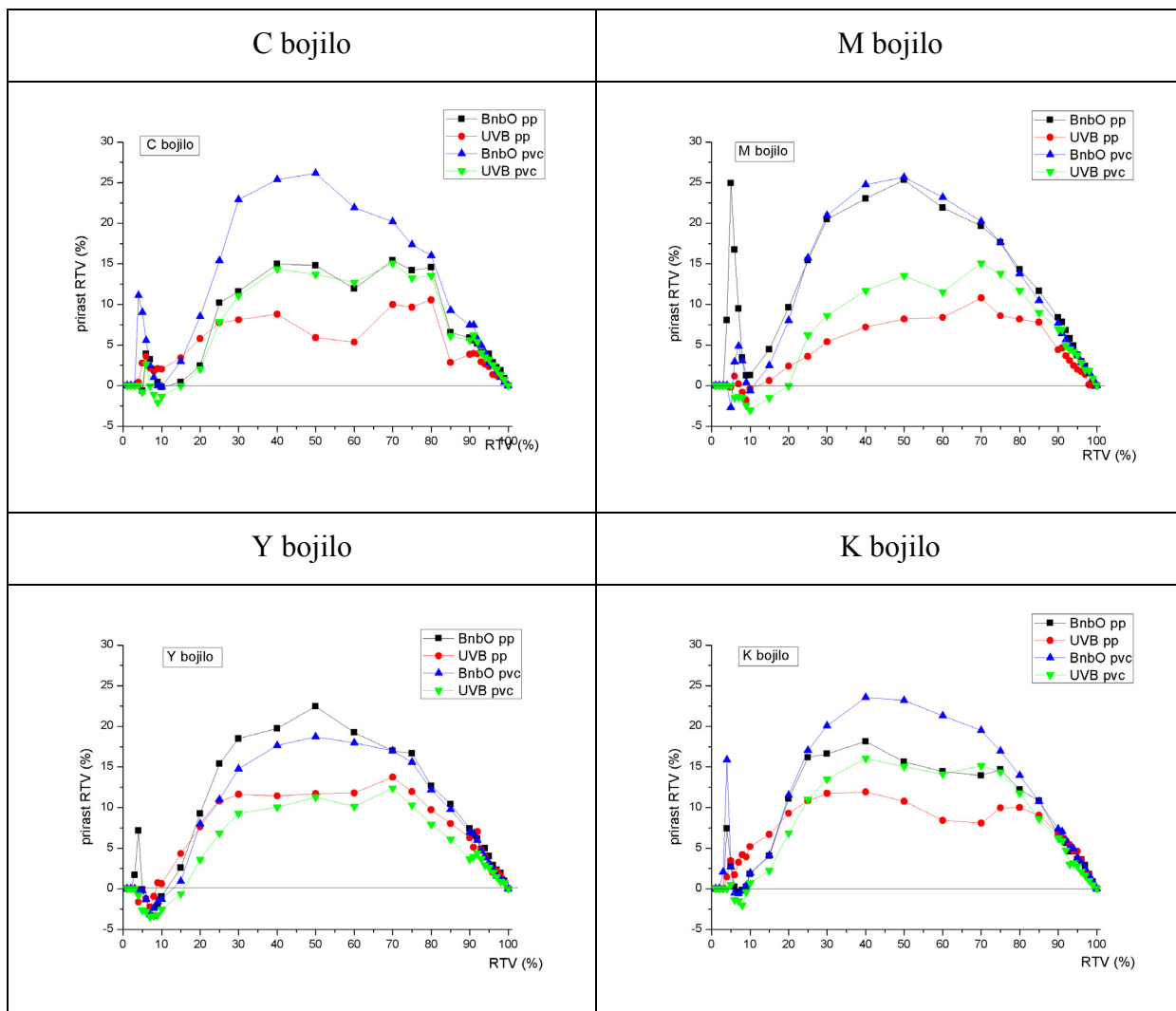
Slika 78. Prirast rastertonske vrijednosti kod naklade otisnute s 'UV bojilom' na PP tiskovnoj podlozi



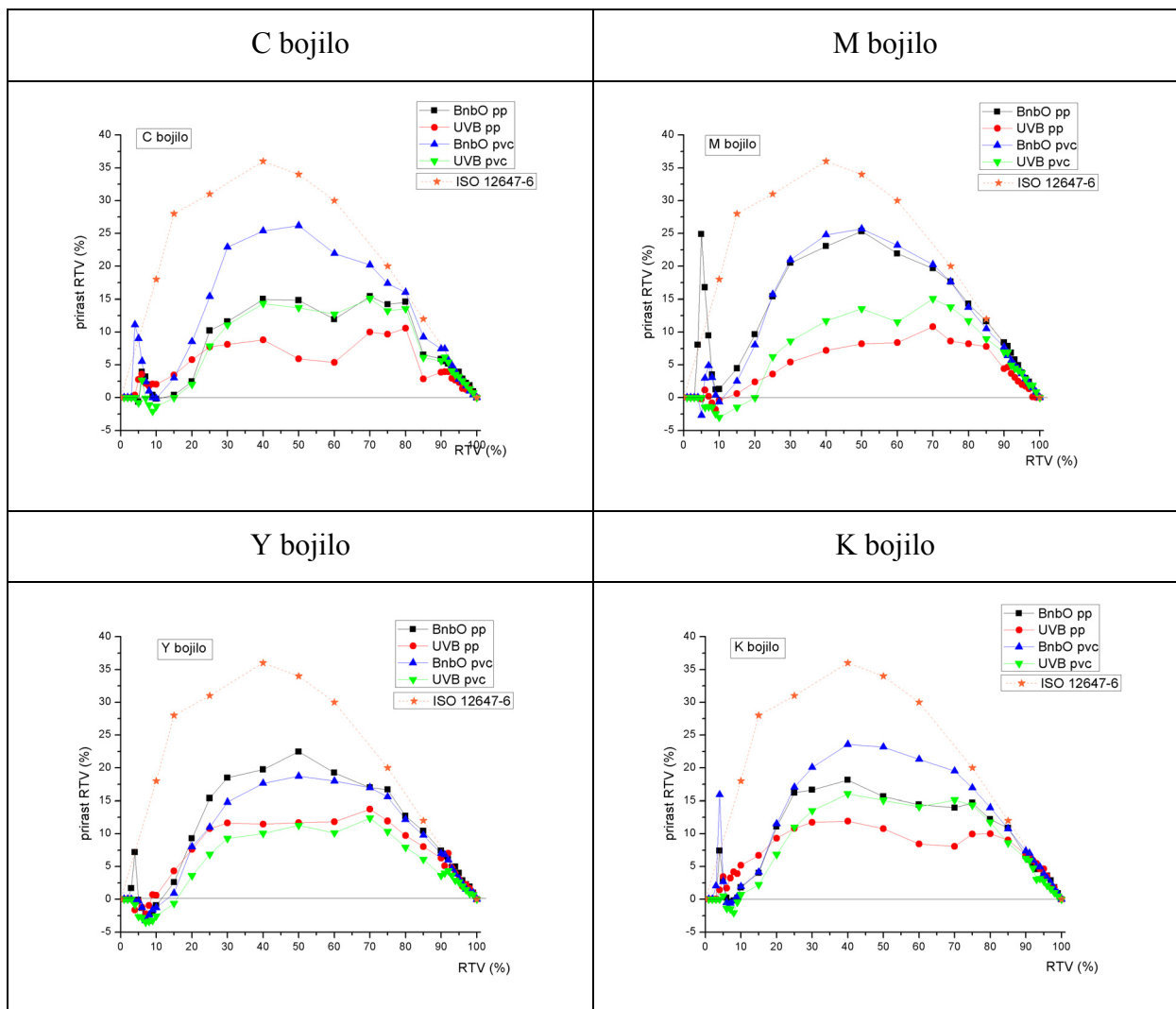
Slika 79. Prirast rastertonske vrijednosti kod naklade otisnute s bojilom na bazi otapala na PVC tiskovnoj podlozi



Slika 80. Prirast rastertonske vrijednosti kod naklade otisnute s 'UV bojilom' na PVC tiskovnoj podlozi



Slika 81. Usporedba prirasta rastertonske vrijednosti između naklada



Slika 82. Usporedba prirasti rastertonske vrijednosti između naklada i ISO standarda 12647-6 [54]



## ***4.9. Vizualno definiranje kvalitete***

### ***4.9.1. Definiranje potrebne ukupna količina bojila na tiskovnoj podlozi***

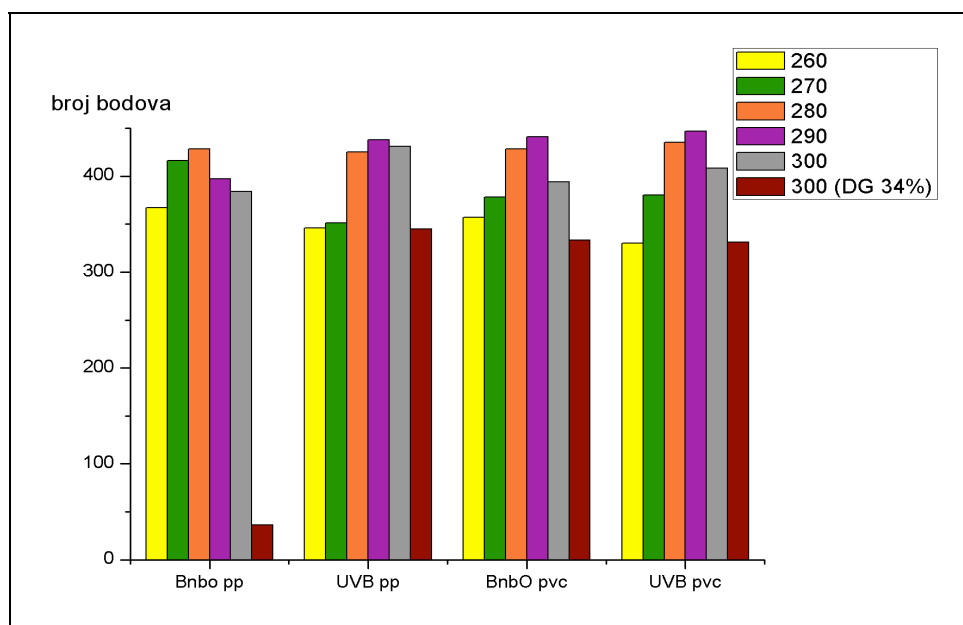
Definiranje potrebne ukupne količine bojila na tiskovnoj podlozi, kada bi se reprodukcija smatrala kvalitetnom, rađeno je vizualnom analizom na 6 višebojnih i višetonskih reprodukcija. Definirane vrijednosti potrebne ukupne količine bojila na tiskovnoj podlozi iznosile su 260%, 270%, 280%, 290% i 300%, te 300% s povećanim prirastom rastertonske vrijednosti od 34% (slika 83). Istraživanje potrebne vrijednosti ukupne količine bojila analizirano je na osnovu kriterija da su reproducirane sve tonske vrijednosti na višebojnoj reprodukciji (opisano u poglavlju 2.5.1.1). Ispitivanje je provedeno s 30 ispitanika, starosti od 20 do 30 godina. Analiza je rađena prema uvjetima propisanim po standardu ISO 3664 [116]. U tablici 15 opisan je način vrednovanja potrebne ukupne količine bojila na reprodukciji.



Slika 83. Višebojne reprodukcije s različitim vrijednostima ukupna količina bojila na tiskovnoj podlozi (260%, 270%, 280%, 290% i 300%, te 300% s povećanim prirastom rastertonske vrijednosti od 34%)

Tablica 15. Opisuje način vrednovanja potrebne ukupne količine bojila na tiskovnoj podlozi

<b>bodovi</b>	<b>OPIS</b>
<b>6</b>	najbolja ili izvrsna reprodukcija višebojne slike
<b>5</b>	bolja reprodukcija višebojne slike
<b>4</b>	vrlo dobra reprodukcija višebojne slike
<b>3</b>	dobra reprodukcija višebojne slike
<b>2</b>	loša reprodukcija višebojne slike
<b>1</b>	najlošija reprodukcija višebojne slike



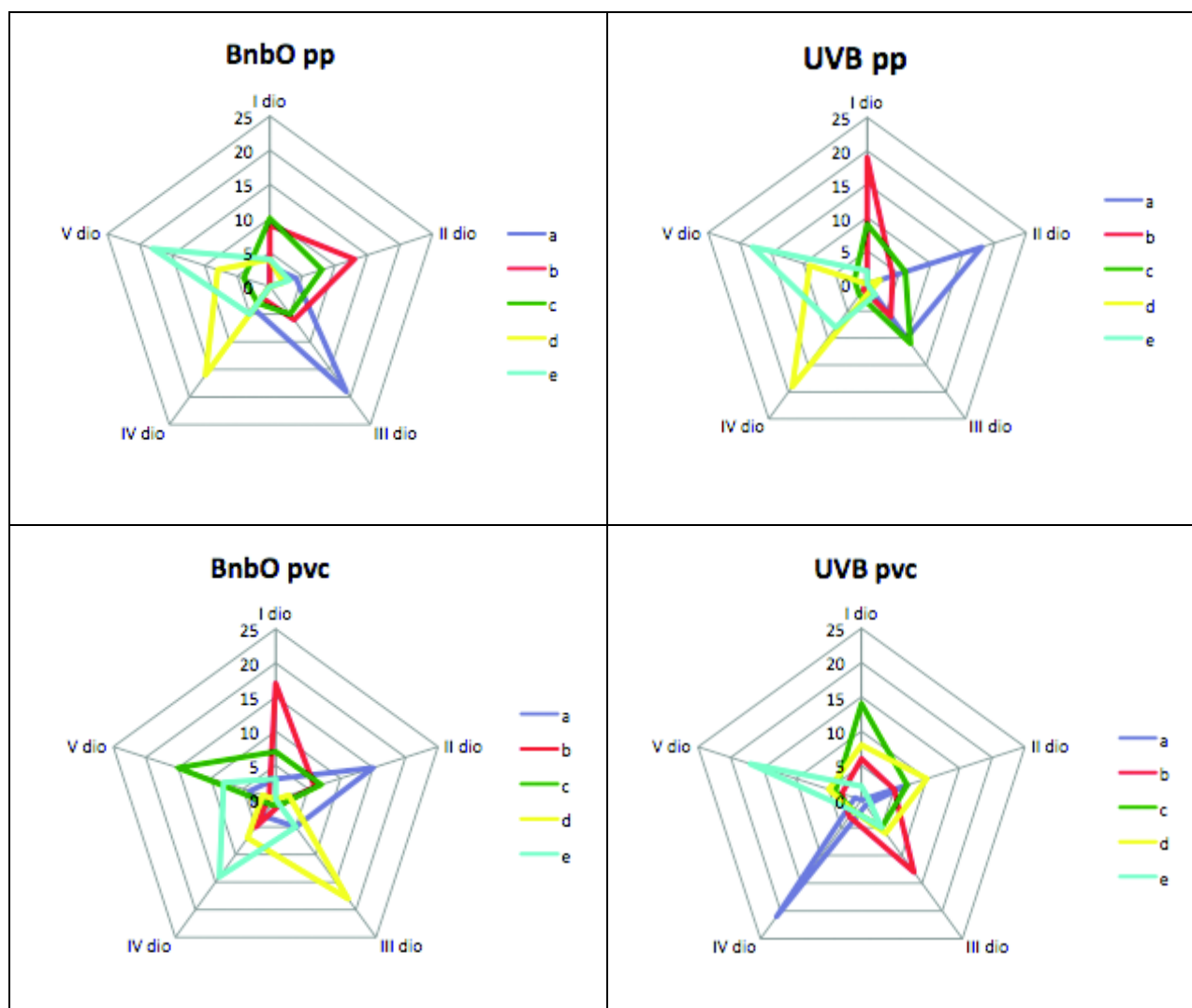
Slika 84. Vizualna ocjena ukupne količine bojila za kvalitetnu reprodukciju

#### 4.9.2. Definiranje ukupne kvalitete reprodukcije

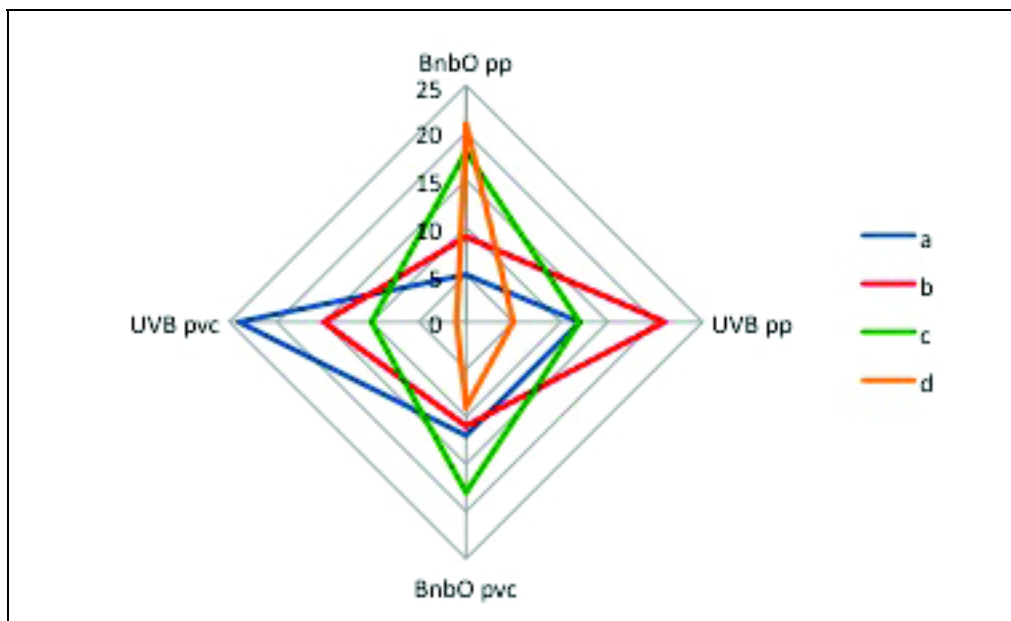
Definiranje ukupne kvalitete reprodukcije rađeno je na višebojnoj reprodukciji, koja je analizom potrebne ukupne količine bojila određena kao najbolja. Ispitivanje ukupne kvalitete reprodukcije obavljeno je u dvije razine. Unutar svake naklade uzorci su poredani od uzorka s najboljom do uzorka s najlošijom ukupnom kvalitetom reprodukcije. Zatim su uzorci s najboljom kvalitetom reprodukcije uspoređivani. Nakon toga naklade su vrednovane i posložene od naklade s izvrsnom ukupnom reprodukcijom do naklade s najlošijom ukupnom reprodukcijom. Vizualna analiza je rađena na osnovu 50 ispitanika (dobne granice od 20 do 30 godina), prema uvjetima propisanim po standardu ISO 3664 [116]. Ukupne kvalitete reprodukcije je definirana na osnovu kriterija: prikaz boja, prikaz svijetlih tonova, prikaz tamnih tonova, kvaliteta tonova (ravnomjeran prijelaz boje), kvaliteta reprodukcije linije i oštine linije. Rezultati ispitivanja ukupne kvalitete reprodukcije prikazani su na slikama 85 i 86. Ispitivani uzorci vrednovani su na osnovu tablice 16.

Tablica 16. Opisuje način vrednovanja potrebne ukupne kvalitete

	<b>OPIS</b>
<b>a</b>	najbolja ili izvrsna ukupne kvalitete reprodukcije
<b>b</b>	bolja ukupne kvalitete reprodukcije
<b>c</b>	dobra ukupne kvalitete reprodukcije
<b>d</b>	loša ukupne kvalitete reprodukcije
<b>e</b>	najlošija ukupne kvalitete reprodukcije



Slika 85. Vizualna ocjena ukupne kvalitete reprodukcije svake pojedine naklade



Slika 86. Vizualna ocjena ukupne kvalitete reprodukcije bazirana na usporedbi između naklada

### 4.9.3. Definiranje reprodukcije imitacije metalnog efekta

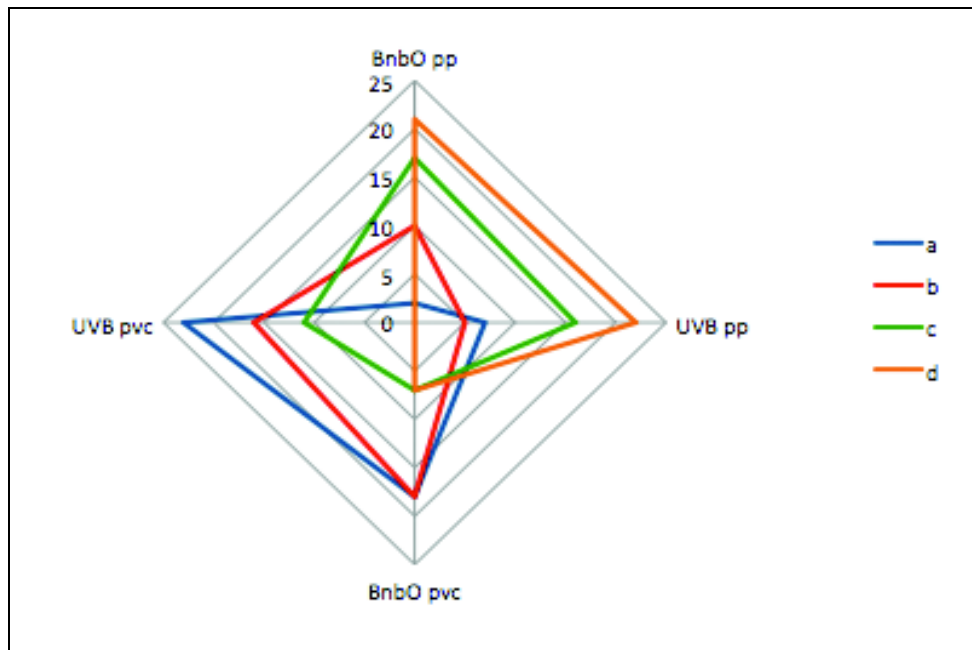
Definiranje najbolje imitacije metalnog efekta, odnosno reprodukcija zlatne boje, izvedeno je na uzorcima koji su ocijenjeni unutar svake naklade kao uzorci s najboljom ukupnom kvalitetom reprodukcije. Vrednovanje reprodukcije imitacije metalnog efekta provedeno je na kontrolnom stripu (slika 87) pomoću 50 ispitanika, dobne granice od 20 do 30 godina. Ispitivanje je rađeno prema uvjetima propisanim po standardu ISO 3664 [116]. Rezultati definiranja reprodukcije imitacije metalnog efekta prikazani na slici 88. Način vrednovanja reprodukcije imitacije metalnog efekta opisan je tablicom 17.



Slika 87. Kontrolni strip za ispitivanje reprodukcije imitacije metalnog efekta

Tablica 17. Opisuje način vrednovanja reprodukcije imitacije metalnog efekta

	<b>OPIS</b>
<b>a</b>	najbolja ili izvrsna reprodukcije imitacije metalnog efekta
<b>b</b>	dobra reprodukcije imitacije metalnog efekta
<b>c</b>	loša reprodukcije imitacije metalnog efekta
<b>d</b>	najlošija reprodukcije imitacije metalnog efekta



Slika 88. Vizualna ocjena najbolje reprodukcija zlatne boje

Vizualnom procjenom kvalitete doživljaja reprodukcije definirana je kvaliteta doživljaja standardnog promatrača. Međutim, vizualna procjena kvalitete reprodukcije može biti prihvatljiva kada je proces standardiziran. Standardizaciju procesa je moguće provesti kada su kvalitativni parametri proizvodnje takvi daje cjelokupni proces reprodukcije kroz cijelu nakladu moguće provesti bez pada kvalitete u bilo kojem dijelu proizvodnje. Zbog toga je od neupitne važnosti provesti mjerno ispitivanje parametara kvalitete reprodukcije, koje treba dovesti u korelaciju s vizualnim ispitivanjima. Kada su mjerni rezultati parametara proizvodnje takvi da je moguće kvalitetno reproducirati proizvod i kada se navedene vrijednosti mjerenja dovedu u korelaciju s vizualnim mjerenjima tada je moguće znanstveno definirati odnose među navedenim parametrima.

## ***5. Statistička obrada kvalitativnih parametara***



## ***5.1. Logistički regresijski model procjene utjecaja kvalitativnih parametara na vizualni doživljaj visoke kvalitete reprodukcije***

### ***5.1.1. Osnovna statistička obilježja uzorka***

Statistički uzorak na temelju kojeg procjenjujemo vizualnu kvalitetu reprodukcije, sastoji se od procjene kvalitete za  $n=200$  ocjena dobivenih u četiri različite naklade, koje je procjenjivalo 50 ispitanika. Svakom uzorku pridružene su ocjene  $a$ ,  $b$ ,  $c$  i  $d$  (slika 86), pri čemu su ocjenama  $a$  i  $b$  ocjenjeni vizualno vrlo kvalitetni uzorci, dok su ocjene  $c$  i  $d$  pridružene manje kvalitetnim uzorcima. Vizualno kvalitetnim reprodukcijama pridodana je oznaka VK (visoka kvaliteta), dok je vizualno manje kvalitetnim reprodukcijama pridodana oznaka PK (prosječna kvaliteta). Zbog potreba programa u kojem je izvršena obrada podataka, VK je označen s brojem 1, dok je PK označen kao 0.

Svaki uzorak opisan je sa 17 kvalitativnih parametara, koji su imenovani s oznakama:  $dgC$ ,  $dgM$ ,  $dgY$ ,  $dgK$  za prirast rastertonske vrijednosti na 50% (slika 81);  $Tym$ ,  $Tyc$ ,  $Tmc$ ,  $Tymc$  za prihvaćanje bojila na bojilo (slika 61);  $mC$ ,  $mM$ ,  $mY$ ,  $mK$  za nejednolična reprodukcija punog tona (slika 70);  $Dc$ ,  $Dm$ ,  $Dy$ ,  $Dk$  za integralnu gustoću obojenja (slika 28) i  $G$  za volumen gamuta (tablica 14). Za opisivanje svakog kvalitativnog parametra korištena je aritmetička sredina od cijele naklade.

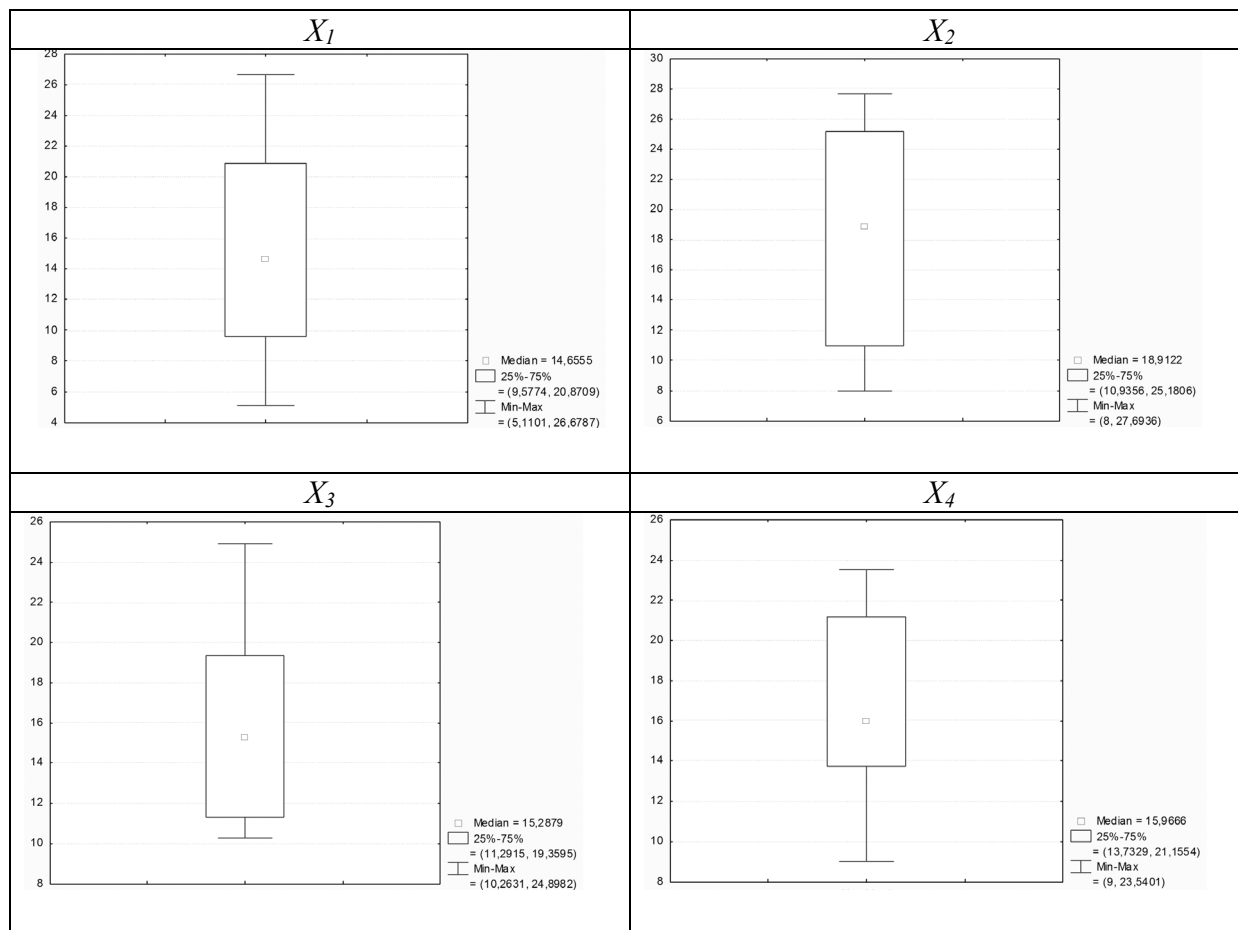
Ispitivanje jačine utjecaja svakog kvalitativnog parametara na ukupni vizualni doživljaj kvalitete reprodukcije provedeno je na osnovu višestruke logističke regresijske analize, s ciljem procjene parametara logističke funkcije. U modelu se ispituje statistička povezanost svih različitih kvalitativnih parametara, s binarnom varijablom procijenjene kvalitete od ispitivanog standardnog promatrača.

U tablici 18. prikazana su osnovna obilježja deskriptivne statističke analize promatranih varijabli, koja uključuju srednju vrijednost, minimum, maksimum, gornja kvartila, donja kvartila i standardnu devijaciju svake od promatranih varijabli.

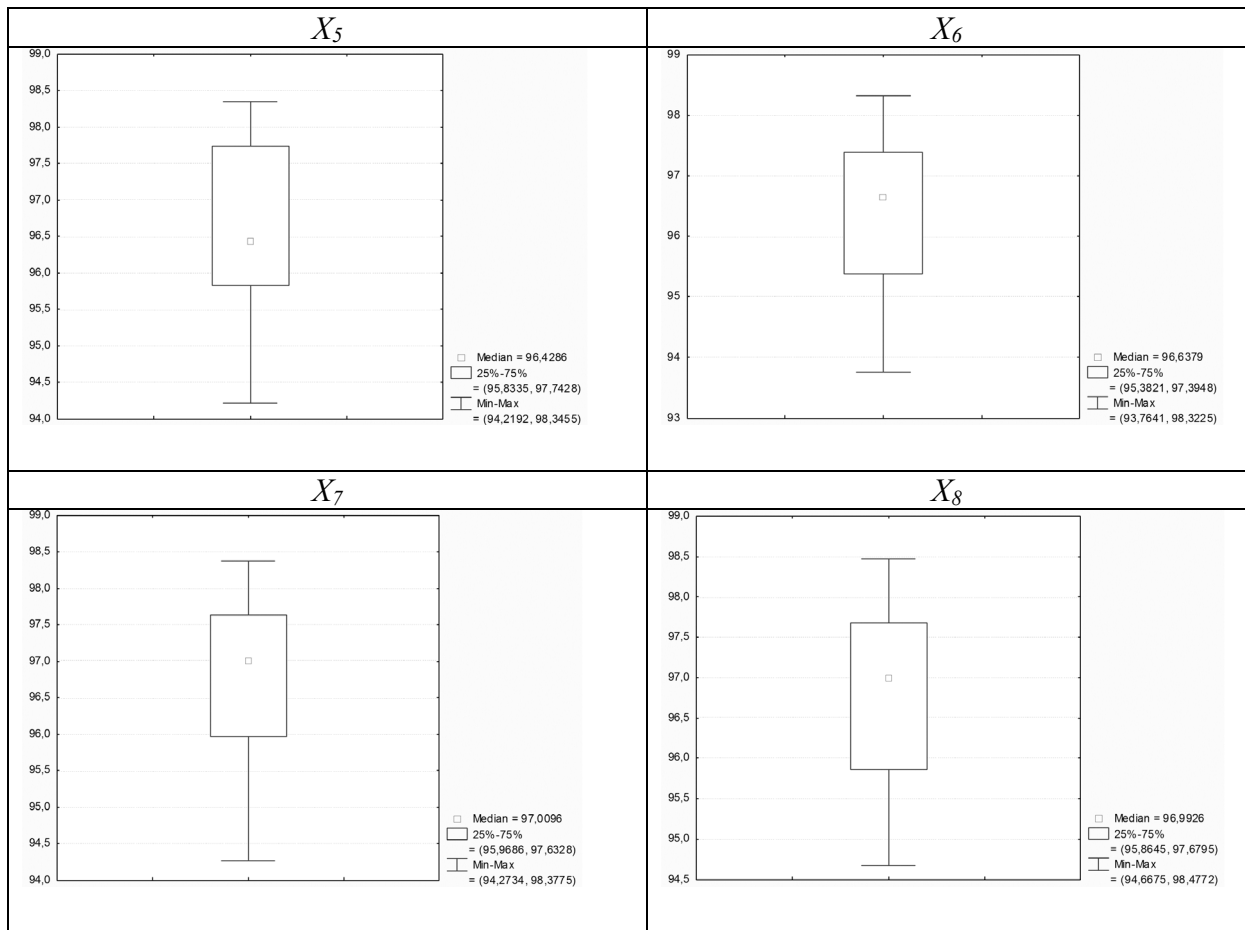
Tablica 18. Deskriptivna statistika varijabli  $X_i, i=1, \dots, 17$

<b>Varijable</b>	<b>Sred. vrijednost</b>	<b>Min.</b>	<b>Maks.</b>	<b>Donja kvartila</b>	<b>Gornja kvartila</b>	<b>Std. dev</b>
$X_1 = dgC$	15,3	5,1	26,7	9,6	20,9	7,30
$X_2 = dgM$	18,2	8,0	27,7	10,9	25,2	7,59
$X_3 = dgY$	15,9	10,3	24,9	11,3	19,4	4,79
$X_4 = dgK$	16,7	9,0	23,5	13,7	21,2	4,61
$X_5 = Tym$	96,6	94,2	98,3	95,8	97,7	1,30
$X_6 = Tyc$	96,4	93,8	98,3	95,4	97,4	1,35
$X_7 = Tmc$	96,8	94,3	98,4	96,0	97,6	1,16
$X_8 = Tymc$	96,8	94,7	98,5	95,9	97,7	1,16
$X_9 = mC$	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,02
$X_{10} = mM$	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,03
$X_{11} = mY$	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,02
$X_{12} = mK$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,02
$X_{13} = Dc$	1,5	1,9	1,9	1,3	1,7	0,20
$X_{14} = Dm$	1,5	1,9	1,9	1,4	1,8	0,24
$X_{15} = Dy$	1,4	1,6	1,6	1,3	1,5	0,12
$X_{16} = Dk$	1,4	1,7	1,7	1,2	1,7	0,26
$X_{17} = G$	777011,6	613560,0	927766,0	731675,0	833696,0	82544,35

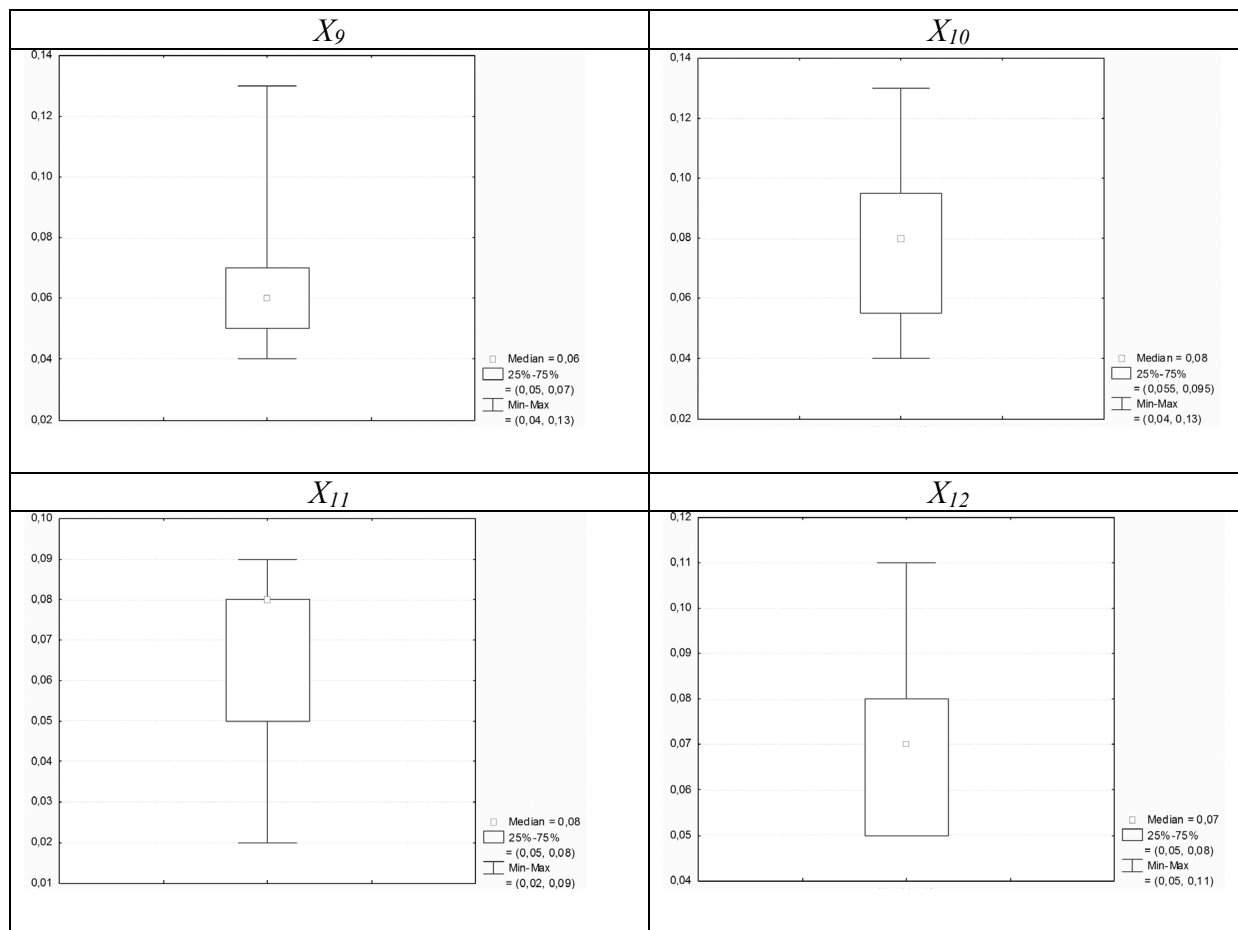
Osnovna statistička obilježja varijabli  $X_i, i=1, \dots, 17$  iz tablice 18., zbog njihove bolje preglednosti, grafički su prikazani na slikama 75 - 79 pomoću grafikona Box and Wisner Plot.



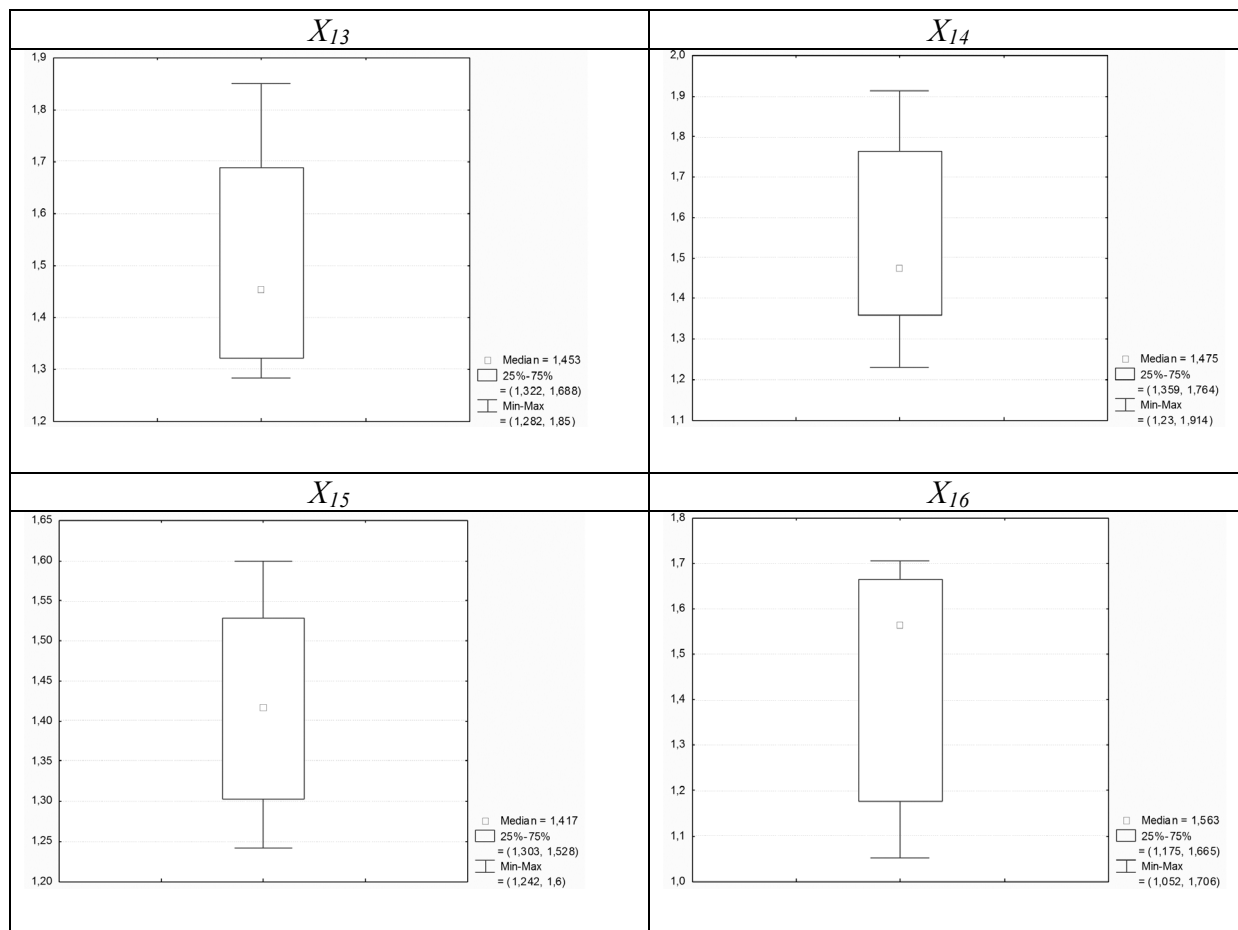
Slika 89. Box and Wisheov prikaz vrijednosti varijable  $X_1$ - $X_4$  s podacima o medijanu, kvartilima, minimumu i maksimumu



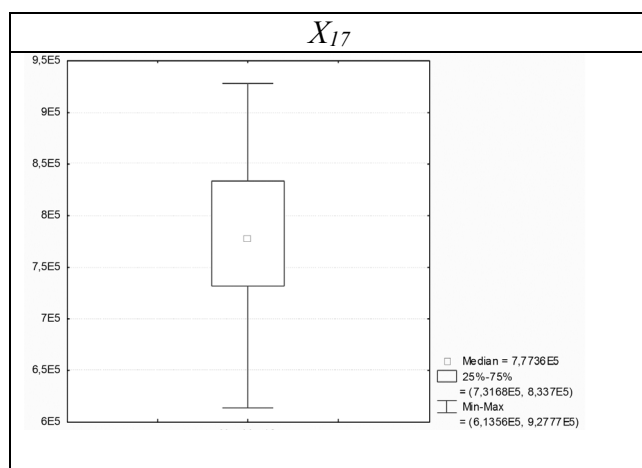
Slika 90. Box and Wisherov prikaz vrijednosti varijable  $X_5$ - $X_8$  s podacima o medijanu, kvartilima, minimumu i maksimumu



Slika 91. Box and Wisherov prikaz vrijednosti varijable  $X_9$ - $X_{12}$  s podatcima o medijanu, kvartilima, minimumu i maksimumu



Slika 92. Box and Wisherov prikaz vrijednosti varijable  $X_{13}$ - $X_{16}$  s podacima o medijanu, kvartilima, minimumu i maksimumu



Slika 93. Box and Wisherov prikaz vrijednosti varijable  $X_{17}$  s podacima o medijanu, kvartilima, minimumu i maksimumu

Promatrani su također i koeficijenti korelacije među varijablama od unutar skupine jednog kvalitativnog parametra. Matrice koeficijenta korelacije među varijablama uz razinu značajnosti  $\alpha = 0.05$ , prikazani su u tablicama 19 - 22.

Tablica 19. Matrica koeficijenata korelacije među varijabli prirasta rastertonske vrijednosti

<i>Variable</i>	$X_1 = dgC$	$X_2 = dgM$	$X_3 = dgY$	$X_4 = dgK$
$X_1 = dgC$	1	0,83	0,58	0,97
$X_2 = dgM$	0,83	1	0,89	0,89
$X_3 = dgY$	0,58	0,89	1	0,70
$X_4 = dgK$	0,97	0,89	0,70	1

Tablica 20. Matrica koeficijenata korelacije među varijabli prihvatanja bojila na bojilo

<i>Variable</i>	$X_5 = Tym$	$X_6 = Tyc$	$X_7 = Tmc$	$X_8 = Tymc$
$X_5 = Tym$	1	0,94	0,93	0,93
$X_6 = Tyc$	0,94	1	0,99	0,98
$X_7 = Tmc$	0,93	0,99	1	0,99
$X_8 = Tymc$	0,93	0,98	0,99	1

Tablica 21. Matrica koeficijenata korelacije među varijabli nejednolične reprodukcije punog tona

<i>Variable</i>	$X_9 = mC$	$X_{10} = mM$	$X_{11} = mY$	$X_{12} = mK$
$X_9 = mC$	1	0,79	-0,01	0,76
$X_{10} = mM$	0,79	1	0,36	0,51
$X_{11} = mY$	-0,01	0,36	1	-0,09
$X_{12} = mK$	0,76	0,51	-0,09	1

Tablica 22. Matrica koeficijenata korelacije među varijabli integralne gustoće obojenja

<i>Variable</i>	$X_{13} = Dc$	$X_{14} = Dm$	$X_{15} = Dy$	$X_{16} = Dk$
$X_{13} = Dc$	1	0,38	-0,33	0,43
$X_{14} = Dm$	0,38	1	0,69	0,97
$X_{15} = Dy$	-0,33	0,69	1	0,63
$X_{16} = Dk$	0,43	0,97	0,63	1

### ***5.2. Model logističke regresijske analize za određivanje utjecaja kvalitativnih parametara***

Utjecaj kvalitativnih parametara definirat će se na osnovu višestruke logističke regresijske analize. Zavisnu varijablu nastoji se protumačiti pomoću slučajnog vektora, koji sadrži vrijednosti sedamnaest odabranih parametara koji objektivno opisuju uzorak. U modelu višestruke logističke regresije određuje se veza između slučajnog vektora, pri čemu je definiran kao prirodni logaritam ( $\ln$ ) oddsa varijable. Odds varijable je omjer ili šansa, definiran je kao kvocijent vjerojatnosti ( $\pi$ ) da je varijabla poprimila vrijednost 1 ( $P(Y=1) = \pi$ ) i vjerojatnosti da je varijabla poprimila vrijednost 0, odnosno:

$$\text{odds } Y = \frac{P(Y = 1)}{P(Y = 0)} = \frac{P(Y = 1)}{1 - P(Y = 1)} = \frac{\pi}{1 - \pi} \quad (28)$$

Vjerojatnost  $\pi$  u modelu ovisi o izmjerenim vrijednostima sedamnaest kvalitativnih parametara vektora :

$$\pi = P(Y = 1 | X = (x_i, \mathbf{K}, x_{17}), x_i \text{ su izmjerene vrijednosti}) \quad (29)$$



Zato vjerojatnost  $\pi$  interpretiramo kao funkciju vektora  $X=(x_1, \dots, x_{17})$ :

$$\pi = P(X) = P(x_1, \dots, x_{17}) \quad (30)$$

Višestruka logistička regresijska jednadžba linearno prikazuje veze između *logit*  $Y$  i slučajnog vektora kvalitativnih parametara uzorka prema jednadžbi:

$$\log it Y = \text{natural log odds} Y = \ln \frac{P(X)}{1 - P(X)} = \alpha + \beta^T * X \quad (31)$$

pri čemu vektor  $X=[X_1, \dots, X_{17}]^T$  sadrži vrijednosti parametara reprodukcije:

$$X = \begin{bmatrix} X_1 = dgC \\ X_2 = dgM \\ X_3 = dgY \\ X_4 = dgK \\ X_5 = Tym \\ X_6 = Tyc \\ X_7 = Tmc \\ X_8 = Tymc \\ X_9 = mC \\ X_{10} = mM \\ X_{11} = mY \\ X_{12} = mK \\ X_{13} = Dc \\ X_{14} = Dm \\ X_{15} = Dy \\ X_{16} = Dk \\ X_{17} = G \end{bmatrix}, \text{ dok su vrijednosti parametara } \beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_{17} \end{bmatrix} \quad (32)$$

i određuju logističkom regresijskom analizom na temelju samog uzorka. U modelu se zavisna varijabla oblika  $\ln(P(X)/(1-P(X)))$  nastoji protumačiti linearnom vezom nezavisnih varijabli sadržanim u vektoru  $X$ .

Jednadžbom množenja matrica:

$$\alpha + \beta^T * X = \alpha + \beta_i X_i + \dots + \beta_{17} X_{17}$$

te jednadžbom:

$$\ln \frac{P(X)}{1 - P(X)} = \alpha + \beta_i X_i + \dots + \beta_{17} X_{17} \quad (33)$$

dobiva se funkciju oddsa:

$$\frac{P(X)}{1 - P(X)} = e^{\alpha + \beta^T * X}, \quad (34)$$

ili

$$\frac{P(X)}{1 - P(X)} = e^{\alpha + \beta_i X_i + \dots + \beta_{17} X_{17}}$$

Ova relacija prikazuje direktnu funkciju vjerojatnosti kada je uzorak, s odgovarajućim varijabli  $X_i$ , ocijenjen kao VK:

$$P(X) = \frac{e^{\alpha + \beta_i X_i + \dots + \beta_{17} X_{17}}}{1 + e^{\alpha + \beta_i X_i + \dots + \beta_{17} X_{17}}} \quad (35)$$

Vrijednosti koeficijenata logističkog modela  $\beta_i$ ,  $i = 1, \dots, 17$  određuju smjer odnosa između varijabli  $X_i$  i binarne varijable  $Y$ , odnosno mjeru za asocijaciju između varijable  $X_i$  i  $\log$  oddsa kada je uzorak otisak procijenjen kao VK.

Pritom postoje tri slučaja:

- 1) ako je  $\beta_i > 0$  radi se o pozitivnoj asocijaciji,
- 2) ako je  $\beta_i = 0$  nema asocijacije,
- 3) i ako je  $\beta_i < 0$  asocijacija je negativna.

Povećanje ili smanjenje oddsa pri povećanju vrijednosti svake pojedine varijable  $X_i$  za jednu jedinicu predstavlja  $e^{\beta_i}$ :

$$OR_i = e^{\beta_i} \quad (36)$$

Analogno prethodnom, i ovdje postoje tri slučaja:

1) Ako je  $OR_i > 1$

pri povećanju varijable  $X_i$  za jednu jedinicu, povećava se vjerojatnost da je procijenjeni uzorak ocijenjen kao VK.

2) Ako je  $OR_i = 1$

vjerojatnost da je procijenjeni uzorak ocijenjen kao VK je jednaka za sve vrijednosti varijable  $X_i$ .

3) Ako je  $OR_i < 1$

pri promjeni varijable  $X_i$  za jednu jedinicu, smanjuje se vjerojatnost da je uzorak ocijenjen kao VK. Parametri logističke krivulje u *logit* modelima određuju se metodom maksimalne vjerodostojnosti (ML metodom), gdje se dobivaju nepristrani parametri  $\alpha, \beta_1, \dots, \beta_{17}$  koji imaju najmanju varijancu u klasi svih nepristranih parametara. Metoda se sastoji od niza sukcesivnih iteracija, dok se ne postigne model s najmanjom mogućom devijacijom.

Pomoću parametara logističke regresije, procijenjene su asocijacije između varijabli  $X_i$  i *log* oddsa te između varijabli  $X_i$  i oddsa, kada je uzorak ocijenjen kao VK. Na taj način je napravljena selekcija varijabli  $X_i$ , čije povećanje pozitivno utječe na vizualni doživljaj kvalitete reprodukcije na one varijable koje ne utječu na vizualni doživljaj kvalitete reprodukcije te na varijable čije povećanje vrijednosti negativno utječe na vizualni doživljaj kvalitete reprodukcije. Također, pomoću dobivenih oddsa procijenjeno je u kojoj mjeri pojedina varijabla  $X_i$  utječe na vizualnu percepciju uzorka. Na temelju ovih rezultata dana je procjena težine pojedinih parametara, koji utječu na kvalitetu reprodukcije - čime je definirana nova funkcija kvalitete reprodukcije [119-121].

### 5.3. Logistički regresijski model

Za obrada podataka logističkim regresijskim modelom korišten je program STATISTICA 7.

Waldovom statistikom ispitivana je značajnost utjecaja pojedinih kvalitativnih parametara na procjenu kvalitete u logističkom regresijskom modelu.

Statistička značajnost kvalitativnih parametara ( $p$ ) za logistički regresijski model prikazana je u tablici 23.

Tablica 23. Statistička značajnost kvalitativnih parametara za logistički regresijski model

<i>Variable</i>	<b>Wald</b>	<b>p</b>
$\alpha$	1,800658	0,179633
$X_1 = dgC$	0,572458	0,449284
$X_2 = dgM$	0,046830	0,828674
$X_3 = dgY$	0,830532	0,362119
$X_4 = dgK$	1,789626	0,180972
$X_5 = Tym$	2,656327	0,103139
$X_6 = Tyc$	0,256696	0,612399
$X_7 = Tmc$	2,995072	0,083518
$X_8 = Tymc$	2,722243	0,098959
$X_9 = mC$	0,005923	0,938653
$X_{10} = mM$	0,334269	0,563156
$X_{11} = mY$	1,405282	0,235841
$X_{12} = mK$	0,032771	0,856347
$X_{13} = Dc$	1,204633	0,272398
$X_{14} = Dm$	0,370714	0,542615
$X_{15} = Dy$	1,654814	0,198305
$X_{16} = Dk$	2,405030	0,120946
$X_{17} = G$	0,185739	0,666487

Tablica 24. Vrijednosti procijenjenih  $\beta_i$  i standardne pogreške od  $\beta_i$

<i>Variable</i>	$\beta_i$	stand. pogreška
$\alpha$	-538,375	401,2077
$X_1 = dgC$	1,097	1,4500
$X_2 = dgM$	0,133	0,6168
$X_3 = dgY$	-0,308	0,3377
$X_4 = dgK$	-2,296	1,7166
$X_5 = Tym$	-6,092	3,7381
$X_6 = Tyc$	1,234	2,4364
$X_7 = Tmc$	-11,874	6,8611
$X_8 = Tymc$	23,590	14,2974
$X_9 = mC$	-2,807	36,4729
$X_{10} = mM$	-20,302	35,1147
$X_{11} = mY$	-31,598	26,6547
$X_{12} = mK$	11,765	64,9896
$X_{13} = Dc$	0	0
$X_{14} = Dm$	-13,838	22,7276
$X_{15} = Dy$	18,728	14,5587
$X_{16} = Dk$	-66,161	42,6621
$X_{17} = G$	-2,137	4,9576

Iz tablica 23 i 24 vidljivo je kako su samo tri varijable statistički značajne za ovaj model, uz razinu značajnosti od  $\alpha=0.1$ .

Visoka koreliranost među promatranim varijablama  $X_i$  stvaraju multikolinearnost među varijablama koje negativno utječu na logistički regresijski model, što prikazuje Waldova statistika - kako znatan broj varijabli nisu prediktivni za model. Stoga je provedena metoda selekcije preko algoritma selekcije varijabli (BSM metoda). Ovom metodom dobiva se devet varijabli, koje značajno utječu na vizualnu percepciju kvalitete reprodukcije.

Nakon ponovnog izračuna Waldove statistike (Tablica 25.) razina značajnosti za čak sedam varijabli manja je od  $p=0.05$ , što ukazuje na njihovu visoku prediktivnost unutar modela. Ostala dva parametra također su značajna za model, uz razinu značajnosti od  $p=0.1$ .

Tablica 25. Rezultati Waldove statistike od varijabli s najvećim statističkim značajem za logistički regresijski model

<i>Varijable</i>	Wald	p
$\alpha$	3,251840	0,071343
$X_1 = dgC$	4,215727	0,040051
$X_4 = dgK$	4,411556	0,035696
$X_5 = Tym$	4,196739	0,040502
$X_7 = Tmc$	5,998461	0,014318
$X_8 = Tymc$	5,245351	0,022005
$X_{11} = mY$	3,035896	0,081442
$X_{14} = Dm$	5,342609	0,020810
$X_{15} = Dy$	6,437040	0,011166
$X_{16} = Dk$	2,716843	0,099294

Potvrda i analiza kvalitete čitavog logističkog regresijskom modela prikazana je tablicom 26.

Tablica 26. Kvaliteta čitavog logističkog regresijskog modela

	<b>Statistika/Stupnjevi slobode</b>
<b>Devijacija</b>	1,330751
<b>Skalirana Devijacija</b>	1,330751
<b>Pearsonov Chi<sup>2</sup></b>	1,050394
<b>Skalirani P. Chi<sup>2</sup></b>	1,050394

Temeljem tablice 26. vidljivo je kako je logistički model veoma dobro usklađen s varijablama, jer nije moguće ustanoviti disproporciju kako su omjeri Statistika/Stupnjevi slobode blizu vrijednosti 1.

Tablica 27. Vrijednosti procijenjenih koeficijenti  $\beta_i$  i standardne pogreške od  $\beta_i$

<i>Varijable</i>	$\beta_i$	<b>stand. pogreška</b>
$\alpha$	-413,473	229,2888
$X_1 = dgC$	0,700	0,3409
$X_4 = dgK$	-1,768	0,8419
$X_5 = Tym$	-2,909	1,4199
$X_7 = Tmc$	-8,238	3,3635
$X_8 = Tymc$	16,167	7,0589
$X_{11} = mY$	-28,401	16,3000
$X_{14} = Dm$	-17,904	7,7458
$X_{15} = Dy$	16,883	6,6544
$X_{16} = Dk$	-36,043	21,8673

Vrijednosti parametara  $\beta_i$  predstavljaju mjeru povećanja *log* oddsa pri promjeni odabrane varijable  $X_i$  za jednu jedinicu. S obzirom na to da su izmjerene vrijednosti varijabli u pripadnim mjernim skalama u relativno uskom rasponu, u tablici 28 prikazane su njihove modificirane vrijednosti oddsa. Modificirane vrijednosti oddsa predstavljaju povećanje vrijednosti pojedine varijable  $X_i$ ,  $i= 1,4,5,7,8,11,14,15,16$  za 5 posto raspona između minimuma i maksimuma izmjerenih vrijednosti tih varijabli.

Tablica 28. Vrijednosti modificiranog oddsa za 5 postotno povećanje vrijednosti u odnosu na raspon vrijednosti između minimuma i maksimuma izabranih varijabli  $X_i$ ,  $i=1,4,5,7,8,11,14,15,16$ .

<b><i>Variable</i></b>	<b>MOR</b>
$X_1 = dgC$	2.12974
$X_4 = dgK$	0.27754
$X_5 = Tym$	0.55082
$X_7 = Tmc$	0.18474
$X_8 = Tymc$	21.5792
$X_{11} = mY$	0.86762
$X_{14} = Dm$	0.58443
$X_{15} = Dy$	1.80562
$X_{16} = Dk$	0.48633

U tablicama 29 i 30 izdvojene su varijable kod kojih povećanje vrijednosti od 5 posto daje povećanje šanse da je reprodukcija ocjenjena kao VK, i od onih varijabli kod kojih povećanje vrijednosti od 5 posto smanjuje šanse da je reprodukcija ocjenjena VK.

Tablica 29. Varijable kod kojih povećanje vrijednosti od 5 posto daje povećanje šanse da je otisak VK. To su one varijable za koje je  $MOR > 1$ .

<b><i>Variable</i></b>	<b>MOR</b>
$X_1 = dgC$	2.12974
$X_8 = Tymc$	21.5792
$X_{15} = Dy$	1.80562



Tablica 30. Varijable kod kojih povećanje vrijednosti od 5 posto daje smanjenje šanse da je otisak VK. To su one varijable za koje je  $MOR < 1$ .

<b><i>Varijable</i></b>	<b>MOR</b>	<b>1/MOR</b>
$X_4 = dgK$	0.27754	3.60308
$X_5 = Tym$	0.55082	1.81547
$X_7 = Tmc$	0.18474	5.41301
$X_{11} = mY$	0.86762	1.15258
$X_{14} = Dm$	0.58443	1.71107
$X_{16} = Dk$	0.48633	2.05621

Tablica 31. Vrijednosti vjerojatnosti koje odgovaraju modificiranim oddsovima koje računamo prema formuli  $p = MOR / (1 + MOR)$ .

<b><i>Varijable</i></b>	<b>p</b>
$X_1 = dgC$	0.68048
$X_4 = dgK$	0.21725
$X_5 = Tym$	0.35518
$X_7 = Tmc$	0.15593
$X_8 = Tymc$	0.95571
$X_{11} = mY$	0.46456
$X_{14} = Dm$	0.36886
$X_{15} = Dy$	0.64357
$X_{16} = Dk$	0.32721

Kao rezultat logističke regresijske analize dobivena je logistička jednadžba s utjecajem izabranih parametara  $X_i, i= 1,4,5,7,8,11,14,15,16$ .

Rezultat logističke regresijske analize je tražena logistička jednadžba kao funkcija odabranih selekcijom izabranih parametara  $X_i, i= 1,4,5,7,8,11,14,15,16$  oblika (tablica 27):

$$\log it Y = -413.473 + 0.7X_1 - 1.768X_4 - 2.909X_5 - 8.238X_7 + 16.167X_8 - 28.401X_{11} - 17.904X_{14} + 16.883X_{15} - 36.043X_{16} \quad (37)$$

ili u obliku funkcije vjerojatnosti

$$P = \frac{e^{-413.473 + 0.7X_1 - 1.768X_4 - 2.909X_5 - 8.238X_7 + 16.167X_8 - 28.401X_{11} - 17.904X_{14} + 16.883X_{15} - 36.043X_{16}}}{1 + e^{-413.473 + 0.7X_1 - 1.768X_4 - 2.909X_5 - 8.238X_7 + 16.167X_8 - 28.401X_{11} - 17.904X_{14} + 16.883X_{15} - 36.043X_{16}}} \quad (38)$$

Funkcija  $P(Y = 1 | X_i, i = 1,4,5,7,8,11,14,15,16)$  daje vjerojatnost da uzorak s selekcijski izabranim parametrima s vrijednostima  $X_i, i= 1,4,5,7,8,11,14,15,16$  bude ocijenjen kao VK ( $Y=1$ ).

## ***6. Diskusija rezultata istraživanja***

U ovom radu istraživanje je bazirano na povezivanju mjerenih i vizualnih analiza kvalitete reprodukcije.

Rezultati dobiveni mjernim analizama temeljeni su na određivanju vrijednosti: volumena gamuta, kvalitete reprodukcije linija, optimalnog sivog balansa, parametara prihvatanja bojila na bojilo, linearnosti rastertonske vrijednosti, parametara zrnatosti i nejednoličnosti reprodukcije te deformacije rasterskog elementa i vrijednosti geometrijskog i optičkog prirasta rastertonske vrijednosti. Vizualno istraživanje kvalitete reprodukcije podijeljeno je na dvije kategorije. Određivanje optimalne vrijednosti ukupne količine bojila i određivanje reprodukcije imitacije metalnog efekta provedeno je na separiranim dijelovima uzorka, dok je analiziranje ukupne kvalitete reprodukcije izvedeno na osnovu cijelom uzorku.

Definiranje ukupne kvalitete reprodukcije, odnosno vizualna ocjena ukupnog doživljaja kvalitete, izvedena je s ispitanicima iz područja grafičke tehnologije, starosne dobi od 20 do 30 godina. Kriteriji za ocjenu ukupnog doživljaja kvalitete bili su ukupni prikaz boja, prikaz svijetlih tonova, prikaz tamnih tonova, kvaliteta tonova (ravnomjeran prijelaz tonaliteta), te kvaliteta reprodukcije linija.

### ***6.1. Konstantnost kvalitete naklade***

U skladu s ciljem definiranja ukupne kvalitete reprodukcija najprije je određena konstantnost kvalitete reprodukcija tokom tiskanja naklade. Zadatak svake grafičke proizvodnje jest održati nakladu konstantnom s definiranom i prihvaćenom kvalitetom reprodukcije. Ujednačenost reprodukcija promatrana je analizom tristimulusnih vrijednosti i denzitometrijskih vrijednosti. Ispitivanje je rađeno na svakom 20 metru te je na taj način naklada podijeljena na 10 dijelova.

Iz slika 24 - 26, prikazom razlika tristimulusnih vrijednosti pojedinog uzorka vidi se da su vrijednosti male i međusobno vrlo slične kod svih pozadina (bijelog bojila na PVC podlozi i PP podlozi). Također, kolorimetrijske razlike bojila cijana, magente, žute i crne istog su reda veličine. Veća odstupanja vidljiva su kod svih bojila u zadnjem dijelu naklada na tiskovnoj podlozi polipropilen. Crno bojilo na bazi otapala, otisnuto na tiskovnoj podlozi polipropilen, najviše varira tokom procesa otiskivanja (slika 27).

Vrijednosti integralnih gustoća obojenja bojila tijekom procesa otiskivanja međusobno su usklađene (slike 28). Na svim nakladama vrlo su male razlike između dijelova naklade. Promatranjem svih naklada uočava se da vrijednosti međusobno nisu izjednačene. Najveće vrijednosti sadrže naklade otisnute na PVC tiskovnoj podlozi. Prikazana konstantnost, odnosno vrlo male promjene u kolorimetrijskim vrijednostima i integralnoj gustoći obojenja karakteristično je svojstvo fleksografske tehnike tiska. Degradacija kvalitete reprodukcije u zadnjem dijelu naklade, kod uzoraka otisnutih na PP materijal, najvjerojatnije je uzrokovana toplinom koja se javlja zbog zagrijavanja tiskovnog stroja. Konstantnost kvalitete svih naklada vrlo je visoka, stoga su za daljnje istraživanja naklade podijeljene na pet dijelova.

## ***6.2. Volumen gamuta***

Dobiveni trodimenzionalni prikaz volumena gamuta (slika 30) prikazuje razliku slabijeg intenziteta između dijelova naklade s obzirom na veličinu zasićenosti boja. Spomenute razlike bolje se uočavaju promatranjem dvodimenzionalnih prikaza. Razlike su uočene kod uzoraka otisnutih na PP podlogu s bojilima na bazi otapala i to u crvenim i plavim tonovima. Prvi i zadnji dio naklade sadrži povećani volumen gamuta u odnosu na druge dijelove naklade. Izrazito slaba promjena izdvaja se kod tamnih tonova na nivoima svjetline  $L^*=15$  i  $L^*=20$ , dok je kod svjetlijih tonova ( $L^*=80$ ,  $L^*=85$ ) promjena među dijelovima naklada značajnija i to u žutom području (slika 31).

Promatranjem nivoima svjetline  $L^*=50$ , uzorci iz naklade otisnute na PP podlogu s 'UV bojilima' sadrže različite vrijednosti volumena gamuta. S najvećim intenzitetom volumena gamuta izdvaja se četvrti dio naklade (slika 32). Iz slike 33 uočava se u tamnim tonovima sličnost kod svih dijelova naklade, osim kod četvrtog dijela, gdje je povećani raspon tonaliteta u zelenom i plavom području. Kod svjetlijih tonova volumeni gamuta osciliraju tokom naklade.

Iz slike 34 uočava se da uzorci otisnuti na PVC podlozi, s bojilima na bazi otapala, sadrže skoro identične volumene gamuta tijekom procesa tiska, na nivou svjetline  $L^*=50$ . Promjene

između dijelova naklade vrlo su male u svjetlijim tonovima, dok kod tamnijih tonova odstupanja su izraženija. Zadnji dio naklade kod tamnih tonova na nivoima svjetline  $L^*=15$  i  $L^*=20$  sadrži povećanje raspona tonaliteta, dok je jednak raspon tonaliteta na nivoima svjetlina  $L^*=80$  i  $L^*=85$  (slika 35).

Uzorci dobiveni s 'UV bojilima' na PVC podlozi, tijekom tiskanja naklade, vrlo malo variraju s obzirom na veličinu gamuta (slika 36). Na nivoima  $L^*=80$  i  $L^*=85$  odstupanja su male, dok na nivoima  $L^*=15$  i  $L^*=20$  najveće promjene vidljive su u zadnjem dijelu naklade.

U tablici 14 prikazane su aritmetičke sredine veličina volumena gamuta, iz kojeg se vidi kako najveći volumen gamuta tvore uzorci otisnuti s 'UV bojilima'. Promatraju li se tiskovne podloge, veći raspon tonaliteta reproduciran je na uzorcima otisnutim na PVC podlogama. Promjene volumena gamuta, tokom tiskanja naklade, najveće su kod uzoraka tiskanih na PP s bojilima na bazi otapala i iznose  $r_p = 0.05836$ .

Na slici 38 prikazana je usporedba dijelova naklada koje sadrže maksimalne vrijednosti gamuta. Uzorak otisnut na PVC podlozi s 'UV bojilima' ima veću zasićenost tonova u zelenom i manji udio u žutom području. Smanjeno zasićenje tonova vidljivo je kod zeleno-plavih tonova. Najveći raspon zasićenosti boje u crvenom području sadrži uzorak otisnut na PP s 'UV bojilima'. U zeleno-žutim te vrlo malo u plavim tonovima, najveću zasićenost boje ima uzorak otisnut na PVC podlozi s bojilima na bazi otapala.

Promatraju li se tamniji tonovi uzoraka s maksimalnim vrijednostima volumena gamuta (slika 39), osjetno najmanju reprodukciju ima uzorak otisnut na PP podlozi s bojilima na bazi otapala, dok najveću zasićenost boja sadrži uzorak otisnut na PVC podlozi s bojilima na bazi otapala. Povećani intenzitet zasićenosti boja naglašen je u zelenom, zeleno-plavom, plavom i ljubičasto-plavom području. Uzorak otisnut na PVC podlozi s 'UV bojilima' ima povećanu zasićenost boja u crvenim tonovima. Kod svjetlijih tonova sve naklade sadrže jednaku reprodukciju volumena gamuta u plavim tonovima, dok je žutim tonovima vidljiva razlika. Veću zasićenost boja imaju uzorci otisnuti na PVC podlogu, u odnosu na uzorke otisnute na PP podlogu.

Na slici 40 prikazana je usporedba volumena gamuta srednjih dijelova naklade. Vidljivi su isti omjeri volumena gamuta kao promatranja maksimalnih vrijednosti gamuta, razlika je jedino uočena u žutom području (veća zasićenost uzorka otisnutih na PVC podlozi, s bojilima na bazi otapala).

Na slici 41 vidljiva su poklapanje svih uzoraka u reprodukciji plavih tonova. Kod žutih tonova poklapanje reprodukcije tonova može se grupirati s obzirom na tiskovni materijal. Na nivou svjetline  $L^*=85$ , odnosno u svjetlijim tonovima i poklapanja u zasićenosti tonova s obzirom na tiskovnu podlogu također su vidljiva. Najveći intenzitet zasićenosti žutih tonova sadrži uzorak otisnut na PVC podlozi s bojilima na bazi otapala. U crvenom i zelenom području veću zasićenost tonova sadrže uzorci otisnuti s 'UV bojilima'.

### ***6.3. Kvaliteta reprodukcije linija***

#### ***Odstupanja od definirane širine linije***

Najmanja reproducirana linija otisnuta je s definiranom širinom od 0.09 mm. Kod ove linije odstupanja su praćena tijekom procesa tiska. Rezultati odstupanja u širini ( $\Delta$  širine) prikazani su na slici 42. Najveća odstupanja izdvajaju se kod uzoraka otisnutih na PP podlozi, s bojilom na bazi otapala i dižu se do 0.058 mm. Najmanje vrijednosti odstupanja sadrže uzorci otisnuti s 'UV bojilom' na PVC podlozi i iznose od 0.013 do 0.016 mm.

Na slici 43 prikazane su aritmetičke sredine odstupanja u širini za linije s definiranim širinama od 0.1, 0.12, 0.14, 0.16, 0.18, 0.2, 0.22, 0.24, 0.26, 0.28, 0.3 mm. Promatraju li se sve linije, najmanji raspon odstupanja u širini (od 0.0145 do 0.023 mm) sadrže uzorci otisnuti s 'UV bojilom' na PVC podlozi. Uzorci otisnuti s 'UV bojilom' na PP podlozi imaju povećano odstupanje i kreću se u rasponu od 0.043 do 0.062 mm. Uzorci koji više odstupaju u širine jesu uzorci otisnuti na PVC podlozi, s bojilima na bazi otapala i to u rasponu od 0.031 do 0.052 mm. Najveće odstupanje primijećeno je kod uzoraka otisnutih na PP podlozi, s bojilima na bazi otapala, u rasponu od 0.057 do 0.080 mm.

### ***Mutnost ruba linije***

Mutnost ruba linije promatrana je kod linija definirane širine od 0.09 mm; 0.1 mm; 0.2 mm; 0.3 mm tijekom procesa tiska (slika 44). Najveće varijacije mutnosti ruba, tijekom procesa tiskanja, sadrže linije kod uzoraka otisnutih na PVC podlozi, s bojilom na bazi otapala. Varijacije su najizraženije kod linije definirane širine od 0.1 mm, s maksimalnom promjenom od  $\Delta_{\max}=0.119$ . Najmanje promjene u mutnosti ruba, kod svih linija, imaju uzorci otisnuti na PP podlozi, s bojilom na bazi otapala, maksimalne promjene od  $\Delta_{\max}=0.0045$ . Ovi uzorci, zajedno s uzorcima koji su otisnuti s 'UV bojilom' na PP podlozi, imaju manje vrijednosti mutnosti ruba kod svih linija u odnosu na druge uzorke. Promjene kod ovih uzoraka uočene su kod linije sa širinom od 0.1 mm, gdje najmanju vrijednost mutnosti ruba sadrže uzorci otisnuti s 'UV bojilom' na PVC podlozi.

Na slici 45 uspoređene su aritmetičke sredine mutnosti ruba linija od svih naklada. S obzirom na definiranu širinu linije, mutnost ruba linije najviše se mijenja kod uzoraka otisnutih na PVC podlozi s 'UV bojilom'. Najstabilnija mutnost ruba linije jest kod uzoraka otisnutih na PP podlozi s 'UV bojilom', dok je također jako stabilna mutnost linije ruba kod uzoraka otisnutih na PP podlozi s bojilom na bazi otapala. Najmanje vrijednosti mutnosti ruba linija sadrže uzorci otisnuti na PP podlozi.

### ***Nazubljenost ruba linije***

Promjena nazubljenosti ruba linije, tijekom procesa tiskanja, prikazana je na slici 46. Najmanje varijacije tijekom otiskivanja naklade vidljive su kod linije širine od 0.09 mm. Vrlo niske vrijednosti nazubljenosti ruba linije uočene su kod uzoraka otisnutih s UV bojilom na PVC podlozi (od 0.002 do 0.003 mm). Kod linija širine 0.1 i 0.2 mm uočavaju se male razlike između dijelova naklade, dok su kod linije od širine 0.3 mm odstupanja u veličini nazubljenosti ruba linije jako izražena. Najizraženije je odstupanje u nazubljenosti ruba linija tijekom procesa tiskanja kod uzoraka otisnutih na PP podlozi, s bojilom na bazi otapala i



kreću se do 0.0135. Kod ove širine linije, najmanje vrijednosti nazubljenosti ruba linije imaju uzorci otisnuti s 'UV bojilom' na PVC podlozi.

Iz slike 47 vidljivo je da manje vrijednosti nazubljenosti ruba linije sadrže uzorci otisnuti s 'UV bojilom', u odnosu na uzorke otisnute s bojilom na bazi otapala. Također se uočava kako se nazubljenost ruba linije ne povećava linearno s povećanjem širine linije.

### ***Zapunjenost linije***

Na slici 48 prikazani su rezultati zapunjenosti četiri linija različitih po širini tijekom procesa otiskivanja. Linije širine 0.09 i 0.1 mm sadrže i jednake rezultate, a najveća zapunjenost linija vidljiva je kod uzoraka otisnutih s 'UV bojilom'. Nešto manju veličinu zapunjenosti linije imaju uzorci otisnuti s bojilom na bazi otapala na PVC podlozi (oko  $\Delta$  0.05). Vrlo smanjenu zapunjenost linije te s velikim oscilacijama između dijelova naklade sadrže uzorci otisnuti na PP podlogu, s bojilom na bazi otapala. Kod linije širine 0.2 mm, u odnosu na manje linije, razlike su jedino vidljive kod uzoraka otisnuti s 'UV bojilom' na PVC podlogu (oko  $\Delta$  0.15), dok je kod linije širine 0.3 mm zapunjenost linije poboljšana za oko  $\Delta$  0.06.

Iz vrijednosti sa slike 49 uočava se da najbolju zapunjenost linije sadrži naklada otisnuta na PP podlozi s 'UV bojilom'. S malo odstupanja vrijednosti zapunjenosti linije nalaze se naklade otisnute na PVC podlogu, s bojilom na bazi otapala (oko  $\Delta$  0.03). Najmanje vrijednosti zapunjenosti linije imaju uzorci otisnuti na PP podlozi, s bojilom na bazi otapala. Kod ovih uzoraka, zapunjenost linije raste linearno s povećanjem širine linije. Uzorci otisnuti s 'UV bojilom' na PVC podlogu sadrže vrlo varirajuću zapunjenost linije s obzirom na širinu linije. Zapunjenost linije visoka im je kod malih širina linije, a najmanja kod srednjih širina linije.

Slika 50 prikazuje trodimenzionalne prikaze presjeka linija širine 0.09 dobivenih iz snimaka optičkog mikroskopa. Iz prikaza se uočava izražena zapunjenost linija kod uzorka otisnutog s 'UV bojilom' na PP podlozi, dok je kod drugih uzoraka smanjena. Ova zapažanja podudaraju se s izmjerenim rezultatima, iako je iz snimaka vrlo teško utvrditi koji uzorak sadrži najmanju zapunjenost linije.

#### ***6.4. Optimalni sivi balans***

Kontrolni strip za definiranje najprikladnijih polja za određivanje optimalnog sivog balansa izrađen je od preporučenih parova polja M, N i O, koji su definirani prema ISO standardu 12647-6 [54]. Kod drugih parova polja rađena su namjerna odstupanja od rastertonskih vrijednosti.

Na slici 52 prikazani su rezultati kolorimetrijskih razlika boja ( $\Delta E_{00}$ ) između dvaju polja unutar jednog para. Iz rezultata od uzoraka otisnutih na PP podlozi, s bojilima na bazi otapala, vidljivo je da parovi M, N, O; J, K, L; te G, H, I daju iste ili vrlo slične rezultate. Ostali parovi dosta odstupaju po veličini, iako postoji korelacija u omjeru između para s malim, srednjim i velikim rastertonskim vrijednostima. Kod uzoraka otisnutih s 'UV bojilima' na PP podlozi ponovno je vidljivo podudaranje parova M, N, O; J, K, L; te G, H, I. Drugi parovi nemaju velika odstupaju po veličini u odnosu na preporučene parove prema standardu te također nemaju jednaki odnos između para s malim, srednjim i velikim rastertonskim vrijednostima. Kod uzoraka otisnutih na PVC podlozi također je vidljivo podudaranje kod parova M, N, O i J, K, L. Na uzorcima otisnutim s bojilima na bazi otapala uočavaju se puno veće kolorimetrijske razlike boja kod parova A, B, C i D, E, F te G, H, I. Spomenuti parovi također nemaju jednaki omjer između para s malim i srednjim te para s velikim rastertonskim vrijednostima. Dok uzorci otisnuti s 'UV bojilima', kod ovih parova, nemaju uvećane kolorimetrijske razlike boja, ali imaju neusklađene omjere između para s malim, srednjim i velikim rastertonskim vrijednostima. Tijekom procesa otiskivanja najmanje oscilacije u kolorimetrijskim razlikama boja, odnosno vrijednosti sivog balansa, imaju uzorci otisnuti na PP podlozi, s bojilima na bazi otapala.

Vizualno ispitivanje bazirano je na analizi koja polja CMY i K najmanje odstupaju u obojenju. Prema slici 53 uočava se da kod uzoraka otisnutih na PP podlozi, s bojilima na bazi otapala, najviše glasova dobilo je polje L. Kod ovih uzoraka, glasove su također dobila polja I, K i O, ali u manjoj mjeri. Kod uzoraka otisnutih na PP podlogu s 'UV bojilima' i uzoraka otisnutih na PVC podlogu s bojilima na bazi otapala, najviše glasova dobio je par O te malo manje par L. Vrlo mali broj glasova dobio je par J, kod uzoraka otisnutih na PP podlogu s 'UV bojilima'. Također, neznačajan broj glasova dobio je par I, kod uzoraka otisnutih na PVC podlogu, s bojilima na bazi otapala. Kod naklade otisnute s UV bojilom na PVC podlozi, s

najvišim brojem glasova ocijenjen je par L, dok su veliki broj glasova također dobili parovi O, K, I G.

Vizualne procjene odstupanje u obojenju koreliraju s izmjerenim kolorimetrijskim razlikama boja (slike 54). Iz prikazane korelacije može se utvrditi kako je par L ukupno bolji za definiranje optimalnog sivog balansa, u odnosu na preporučeni par prema standardu (par O). Iako je par O vizualno bolje ocijenjen kod uzoraka otisnutih na PP podlogu s 'UV bojilima' i kod uzoraka otisnutih na PVC podlogu s bojilima na bazi otapala.

Promatranjem para J (slike 55) vidi se kako kolorimetrijske razlike boja između polja izražajno variraju tokom procesa tiska. S obzirom na konstantnost tijekom procesa tiskanja uzorci otisnuti na PVC podlozi su najbolji. Dok kod para M kolorimetrijske razlike boja između polja značajno ne variraju. Uzorci otisnuti na PVC podlozi, s bojilima na bazi otapala, sadrže najmanje kolorimetrijske razlike boja. Usporedbom ova dva para vidljivo je da se rezultati podudaraju jedino kod uzoraka otisnutih na PVC podlogu.

Promatranjem parova K i N (slike 56) uočava se podudarnost rezultata, s manjim vrijednostima kod para K. Najmanje kolorimetrijske razlike boja između polja sadrže uzorci otisnuti s 'UV bojilima' (par K do  $\Delta E_{00}= 3.59$  i par N do  $\Delta E_{00}= 3.65$ ), iz čega se utvrđuje da najbolju ravnotežu između cijan, magenta i žutog bojila imaju spomenuti uzorci. Kod para K jednake kolorimetrijske razlike boja između polja imaju uzorci otisnuti s bojilima na bazi otapala, dok kod para N izraženije kolorimetrijske razlike boja imaju uzorci otisnuti na PP podlozi s bojilima na bazi otapala.

Kod parova L i O (slika 57) nije vidljiva podudarnost kolorimetrijskih razlika boja. Kod para L u zadnjem dijelu naklade rezultati dosta variraju za uzorke otisnute na PVC podlozi. Uzorci otisnuti s bojilima na otapala na PP podlozi u većem dijelu naklade sadrže najmanje vrijednosti razlike boja do  $\Delta E_{00}=1.87$ . Dok najveće vrijednosti kolorimetrijske razlike boja imaju uzorci otisnuti s bojilima na bazi otapala na PVC podlozi. Kod para O kolorimetrijske razlike boja od svih naklada kreću se u vrlo uskom rasponu (od  $\Delta E_{00}= 2.01$  za UVB pvc do  $\Delta E_{00}=4.21$  za BnbO pp) s obzirom na druge promatrane parove. Jedino kod uzoraka otisnutih s 'UV bojilima' na PP podlozi, kod prvog dijela, kolorimetrijska razlika boja odskakače do  $\Delta E_{00}= 6.17$ .

## ***6.5. Prihvaćanje bojila na bojilo***

Kod primanja magenta bojila na žuto bojilo (slika 59) uočavaju se najmanje vrijednosti prihvaćanja bojila na bojilo kod uzoraka otisnutih s bojilima na bazi otapala prema Preucilovoj metodi ( $T_{\text{mean}} = 89.63\%$ ). Najveće vrijednosti prihvaćanja bojila na bojilo imaju uzorci otisnuti s 'UV bojilima', također prema Preucilovoj metodi (do  $T_{\text{max}} = 104.63\%$ ). Kod primanja cijan bojila na žuto bojilo najizraženije vrijednostima prihvaćanja bojila na bojilo sadrže uzorci otisnuti na PP podlozi s bojilima na bazi otapala po Preucilovoj metodi (do  $T_{\text{max}} = 114.328\%$ ). Male vrijednosti prihvaćanja bojila na bojilo sadrže isti uzorci prema Ritzovoj metodi (do  $T_{\text{max}} = 101.756\%$ ). Najmanje vrijednosti prihvaćanja bojila na bojilo sadrže svi drugi uzorci računati prema Preucilovoj metodi. Na polju gdje su otisnuta magenta i cijan bojilo, najveće vrijednosti prihvaćanja bojila na bojilo također imaju uzorci otisnuti na PP podlozi s bojilima na bazi otapala prema Preucilovoj metodi (do  $T_{\text{max}} = 105.732\%$ ), dok drugi uzorci računani po istoj metodi sadrže najmanje vrijednosti. Slični rezultati dobiveni su kod primanja cijan bojila na magentu i žuto bojilo. Kod ovog polja najveće vrijednosti prihvaćanja bojila na bojilo sadrže uzorci otisnuti na PVC podlozi, s bojilom na bazi otapala, dobiveni prema Preucilovoj metodi.

Vrijednosti prihvaćanja bojila na bojilo prema Brunnerovoj i Ritzovoj metodi ne sadrže velike varijacije tijekom procesa tiska u odnosu na vrijednosti dobivene prema Preucilovoj metodi, koje su izrazito značajne.

Slikovnom analizom izdvojene su površine koje nisu pokrivene s zadnjim bojilom (uncovered area, eng.) (slika 60).

Aritmetičke sredine vrijednosti prihvaćanja bojila na bojilo dobivene s tri metode te vrijednosti površine dobivene iz slikovne analize uspoređene su na slici 61. Promatraju li se sve naklade zajedno vidljivo je da kod svih ispitivanih polja, prema Ritzovoj metodi vrijednosti prihvaćanja bojila na bojilo, blizu su ili jednake 100% te kod nekih prelazi i do 101.75%, dok su vrijednosti izračunate prema Brunnerovoj metodi kod svih naklada i polja ispod vrijednosti od 100%. Prema Preucilovoj metodi, pojedina polja sadrže značajno visoke vrijednosti (do  $T_{\text{mean}} = 112.254\%$ ), dok neka polja sadrže niske vrijednosti prihvaćanja bojila na bojilo. Prema slikovnoj analizi, uzorci otisnuti na PP podlozi s konvencionalnim bojilima imaju vrijednost prihvaćanja bojila na bojilo od 95.22% za Y+C do 97.86% za M+C. Dobivene vrijednosti najviše se podudaraju s rezultatima dobivenim prema Brunnerovoj

metodi. Kod uzoraka otisnutih na PP podlogu s 'UV bojilima' parametri iz slikovne analize i parametri prema Ritzovoj metodi djelomično se poklapaju za polja Y+C i M+C, dok su za ostala polja slični ili jednaki rezultatima dobivenim Brunnerovom metodom. Kod uzoraka otisnutih na PVC podlozi, s bojilima na bazi otapala, dobiveni rezultati prema Brunnerovoj metodi za sva polja gotovo su isti ili vrlo slični s rezultatima po Ritzovoj metodi ( $\Delta 0.84\%$ ). Rezultati prema Brunnerovoj metodi kreću se od 97.957 do 98.28%, a parametri slikovne analize od 93.4% za Y+M+C do 99.02% za Y+M. Za polja Y+C te M+C parametri slikovne analize podudaraju se s parametrima dobivenim prema Brunnerovoj i Ritzovoj metodi, dok se za Y+M polje malo razlikuju ( $\Delta -0.72\%$  za rezultate prema Brunnerovoj metodi i  $\Delta -0.15\%$  za rezultate prema Ritzovoj metodi). Polje Y+M+C sadrži veća odstupanja i to od  $\Delta 4.22\%$  za vrijednosti prema Brunnerovoj metodi i  $\Delta 5.51\%$  za vrijednosti prema Ritzovoj metodi. Kod uzoraka otisnutih s 'UV bojilima' na PVC podlogu parametri slikovne analize podudaraju se gotovo za sva polja s vrijednostima dobivenim prema Brunnerovoj metodi (s maksimalnom razlikom od 1.05% kod polja M+C). Prema Preucilovoj metodi, izračunate vrijednosti primanja bojila na bojilo bitno se razlikuju od parametara dobivenih pomoću slikovne analize, dok parametri Ritzove metode sadrže manje razlike.

Iz slike 62 vidljivo je da uzorci otisnuti na PVC podlozi, s bojilima na bazi otapala, imaju najbolje prihvaćanje bojila na bojilo kod svih polja. Uzorci otisnuti na PP podlozi s konvencionalnim bojilima i uzorci otisnuti na PVC podlozi s 'UV bojilima' sadrže gotovo jednake vrijednosti s najvećom razlikom od 0.64 kod Y+M+C polja. Najmanje vrijednosti prihvaćanja bojila na bojilo imaju uzorci otisnuti na PP podlozi i to s najmanjom vrijednosti  $T = 93.76\%$  kod polja Y+C.

## ***6.6. Linearnosti gradacije rastertonskih vrijednosti***

Gradacija rastertonske vrijednosti od 0 do 25% tijekom procesa tiskanja prikazana je na slici 64. Kod uzoraka otisnutih s bojilima na bazi otapala na PP podlozi vidljivo je da kod prvih tri dijelova naklade nema reprodukcije za prvih 25 mm, dok za ostale dijelove reprodukcija postoji, ali nemaju linearno povećanje. Četvrti i peti dio naklade kod ovih uzoraka imaju linearniju reprodukciju rastertonskih vrijednosti u odnosu na prve dijelove naklade. Kod cijele naklade, na malim rastertonskim vrijednostima uočava se brzo povećanje rastertonskih vrijednosti, nakon čega slijedi smanjene rastertonskih vrijednosti. Uzorci otisnuti na PP podlozi s 'UV bojilima' tijekom cijele naklade imaju konstantnu reprodukciju rastertonskih vrijednosti, osim za drugi dio naklade, gdje rastertonske vrijednosti malo osciliraju. Kod uzoraka otisnutih na PVC podlogu, s bojilima na bazi otapala, smanjena je reprodukcija malih rastertonskih vrijednosti do 24 mm, gdje kod prvog i trećeg dijela naklade na tom dijelu reprodukcija vrlo mala, iznosi samo 1%. Kod 24 mm u cijelom dijelu naklade slijedi vrlo brzo povećanje rastertonskih vrijednosti, nakon čega dolazi do linearnog povećanja rastertonskih vrijednosti. Kod uzoraka otisnutih s 'UV bojilima' na PVC podlozi prvi i zadnji dio naklade odstupa sa smanjenim rastertonskim vrijednostima, dok ostali dijelovi naklade imaju izrazito dobru linearnu gradaciju rastertonskih vrijednosti.

Na slici 65 prikazane su gradacije rastertonskih vrijednosti od 0 do 100% te se može uočiti kako kod uzoraka otisnutih na PP podlogu s konvencionalnim bojilima nije usklađena reprodukcija rastertonskih vrijednosti kod svih dijelova naklade. Naklada otisnuta s 'UV bojilima' na PP podlozi sadrži izrazito pravilnu gradaciju rastertonskih vrijednosti, bez brzog povećanja rastertonskih vrijednosti kod malih rastertonskih vrijednosti. Brzo povećanje malih rastertonskih vrijednosti imaju sve ostale naklade, a najizraženije je kod naklade otisnute na PVC podlozi s konvencionalnim bojilima.

Promatranjem slike 66 moguće je vidjeti velike razlike između naklada s obzirom na reprodukciju gradacije rastertonskih vrijednosti od 0 do 25%. Usporedbom faktora linearnosti iz slike 64 moguće je konstatirati da je razlika između najbolje linearne gradacije rastertonskih vrijednosti od uzoraka otisnuti s 'UV bojilima' na PP podlozi i najlošije od uzoraka otisnutih s konvencionalnim bojilom na istoj podlozi izrazito velika i iznosi  $\Delta a = 0.139$ .

Kod gradacija rastertonskih vrijednosti od 0 do 100% iz slike 66 moguće je utvrditi veliku linearnost gradacije rastertonskih vrijednosti kod svih naklada. Analizom faktora linearnosti iz slike 65 uočava se kako najveću vrijednost linearnosti ima naklada otisnuta s ‘UV bojilima’ na PVC podlozi, a najmanju naklada otisnuta s konvencionalnim bojilima na PP podlozi s razlikom od  $\Delta a = 0.0077$ .

### ***6.7. Zrnatosti i nejednolične reprodukcije punih tonova***

Zrnatost reprodukcije punih tonova prikazana je na slici 67, gdje se za cijan bojilo uočava najmanja vrijednost zrnatosti, koja je jednolična tijekom cijelog procesa tiska, kod uzoraka otisnutih s ‘UV bojilom’ na PVC podlozi. Odstupanja u veličini vrijednosti zrnatosti imaju uzorci otisnuti na PVC podlozi s bojilom na bazi otapala ( $\Delta 0.02$ ) i uzorci otisnuti s ‘UV bojilom’ na PP podlozi ( $\Delta 0.03$ ). Dok najveće vrijednosti zrnatosti imaju uzorci otisnuti na PP podlozi s bojilom na bazi otapala. Kod magenta bojila vrijednosti zrnatosti kod uzoraka otisnutih na PVC podlozi gotovo su jednake. Ove su vrijednosti niske, ali povećane u odnosu na cijan bojilo. Uzorci otisnuti na PP podlozi s ‘UV bojilima’ sadrže, također, povećane vrijednosti ( $\Delta 0.05$ ), dok uzorci otisnuti s bojilom na bazi otapala na istoj podlozi sadrže značajno veće vrijednosti zrnatosti i iznose oko 0.23. Kod punog tona, od žutog bojila najveće promjene u odnosu na druga bojila vidljive su kod uzoraka otisnutih na PVC podlozi s ‘UV bojilom’, kod kojih vrijednosti zrnatosti variraju od 0.05 do 0.11. Puni tonovi otisnuti s crnim bojilom sadrže vrlo slične vrijednosti zrnatosti za naklade otisnute na PVC podlozi i naklade otisnute na PP podlozi s konvencionalnim bojilom, dok najveće vrijednosti zrnatosti imaju uzorci otisnuti na PP podlozi s ‘UV bojilima’.

Usporedbom SEM snimaka moguće je primijetiti izražajnu razliku u topografiji površine punog tona kod povećanja od 2500x. ‘UV bojila’ zbog drukčijeg načina sušenja sadrže gotovo jednakomjeran nanos sloja bojila po cijeloj površini (slike 68 i 69) [122].

Iz vrijednosti nejednolične reprodukcije punih tonova (slika 70) vidljive su varijacije u veličini tijekom procesa tiskanja kod magenta i crnog bojila, dok su kod cijan i žutog bojila varijacije izražene samo kod uzoraka otisnutih na PVC podlogu, s bojilima na bazi otapala. Žuto bojilo također varira i kod uzoraka otisnutih na PVC podlogu s ‘UV bojilima’. Kod svih

bojila najveće vrijednosti nejednolične reprodukcije nanosa bojila imaju uzorci otisnuti na PVC podlogu, s bojilima na bazi otapala, osim kod žutog bojila. Kod cijan bojila najmanje vrijednosti sadrže uzorci otisnuti s ‘UV bojilima’ na PVC podlozi (0.05), dok najveće vrijednosti imaju uzorci otisnuti na istoj podlozi, s bojilima na bazi otapala (0.13). Kod magenta bojila vrijednosti nejednolične reprodukcije nanosa bojila razlikuju se za svaku nakladu. Najmanje veličine sadrži naklada otisnuta na PVC podlozi s ‘UV bojilima’, dok najveće sadrže uzorci otisnuti na PP podlozi, s bojilima na bazi otapala. Kod žutog bojila uočava se grupiranje s obzirom na tiskovnu podlogu. Najmanje vrijednosti sadrže naklade otisnute na PVC podlozi, dok veće vrijednosti sadrže otisci dobiveni na PP podlozi. Uzorci otisnuti s crnim bojilom imaju najmanju nejednoličnu reprodukciju kod uzoraka otisnutih na PP podlozi, s konvencionalnim bojilima, dok najveću imaju uzorci otisnuti na PVC podlozi s istim bojilima.

Iz SEM snimaka uzoraka moguće je dobiti stvarni uvid u topografiju površine sloja bojila. Usporedbom uzoraka s konvencionalnim bojilima i uzoraka otisnutih s ‘UV bojilom’, moguće je utvrditi da je, kao i na mikro, tako i na makro-razini bitna razlika u topografiji površine sloja bojila (slike 71 i 72). Kod uzoraka otisnutih s ‘UV bojilima’ vidljiva je, kod svih bojila, daleko manja nejednolična reprodukcija punog tona.

### ***6.8. Deformacije rasterskog elementa i prirasta rastertonske vrijednosti***

Uzorci otisnuti na PVC podlozi s ‘UV bojilima’ sadrže idealnu cirkularnost rasterskog elementa kod rastertonske vrijednosti od 5% kod svih osnovnih bojila (CMYK) (slika 74). Idealna cirkularnost rasterskog elementa još je vidljiva kod uzoraka otisnutih na PP podlozi s ‘UV bojilima’ i to samo kod cijan i crnog bojila. Najveće povećanje cirkularnosti rasterskog elementa imaju uzorci otisnuti na PP podlozi, s konvencionalnim bojilima, što je najizraženije kod magenta bojila i iznosi 1.45.

Promatranjem cirkularnosti rasterskog elementa na rastertonskoj vrijednosti od 30% vidljivo je da se kod većine naklada cirkularnost kreće oko 1.1 i to kod svih osnovnih bojila (CMYK) (slika 75). Veće odstupanje jedino je vidljivo kod cijan bojila za uzorke otisnute na PVC podlozi, s konvencionalnim bojilima. Odstupanje je, također, kod uzoraka otisnutih na PP



podlozi s ‘UV bojilima’ kod žutog i crnog bojila. Naklada otisnuta s ‘UV bojilima’ na PVC podlozi bilježi idealne cirkularnosti rasterskog elementa kod magenta, žutog i crnog bojila.

SEM snimke uzoraka otisnutih s 50% rastertonske vrijednosti potvrđuju izmjerene rezultate cirkularnosti (slika 76). Pravilna kružnost rasterskog elementa izraženija je kod uzoraka otisnutih s ‘UV bojilima’ na PP podlozi, dok je vidno promjenjiva kružnost kod uzoraka otisnutih s bojilima na bazi otapala.

Iz krivulja prirasta rastertonske vrijednosti od naklade otisnute na PP podlozi, s konvencionalnim bojilima, vidljivo je da tijekom procesa tiskanja vrijednosti prirasta rastertonskih vrijednosti malo variraju (slika 77). Sva osnovna bojila (CMYK) kod malih rastertonskih vrijednosti (oko 5%) sadrže brzo povećanje, nakon čega slijedi smanjenje rastertonske vrijednosti. Ovo je najizraženije kod magente, gdje je također najveći prirast rastertonske vrijednosti na 50%. Magenta bojilo i žuto bojilo jedina su dva bojila koja sadrže ravnotežu između svih rastertonskih vrijednosti, ako se zanemare male rastertonske vrijednosti do 10%. Ravnoteža prirasta između svih rastertonskih vrijednosti vrlo je poželjna za postizanje kvalitetne reprodukcije.

Krivulje prirasta rastertonske vrijednosti od naklade otisnute s ‘UV bojilima’ na PP podlozi također malo variraju tijekom procesa tiska (slika 78). Ravnoteža između rastertonskih vrijednosti nije vidljiva niti kod jednog osnovnog bojila (CMYK). Kod svih bojila dolazi do smanjenja prirasta rastertonskih vrijednosti kod srednjim rastertonskih vrijednosti. Cijan bojilo sadrži najveću varijaciju vrijednosti prirasta kod srednjih i velikih rastertonskih vrijednosti.

Kod prirasta rastertonske vrijednosti od naklade otisnute na PVC podlozi, s bojilima na bazi otapala, uočava se ravnoteža između svih rastertonskih vrijednosti i to kod svih osnovnih bojila (CMYK) (slika 79). Kod malih rastertonskih vrijednosti, oko vrijednosti 5%, vidljivo je rapidno povećanje rastertonske vrijednosti s naglim smanjenjem. Krivulje prirasta rastertonske vrijednosti tijekom procesa tiskanja vrlo malo variraju.

Iz krivulja prirasta rastertonske vrijednosti od naklade otisnute s ‘UV bojilima’ na PVC podlozi, vidljivo je smanjenje rastertonske vrijednosti kod malih rastertonskih vrijednosti do 10%, nakon čega slijedi djelomična ravnoteža između rastertonskih vrijednosti (slika 80). Ta ravnoteža narušena je smanjenjem rastertonske vrijednosti kod 60% i koje se pojavljuje kod svih osnovnih bojila (CMYK).

Iz usporedbe krivulja prirasta rastertonske vrijednosti svih naklada uočava se da najveći prirast rastertonske vrijednosti sadrži naklada otisnuta na PVC podlozi, s bojilima na bazi otapala i to kod svih osnovnih bojila, osim kod žutog bojila (slika 81). Uzorci otisnuti na PP podlozi, s bojilima na bazi otapala, imaju najveći prirast RTV kod žutog bojila, dok im je kod cijan i crnog bojila vrlo sličan prirastu RTV od uzoraka otisnutih na PVC podlogu s 'UV bojilom'. Kod cijan, magenta i crnog bojila najmanje veličine prirasta rastertonske vrijednosti sadrže uzorci otisnuti s 'UV bojilima' na PP podlozi. Kod žutog bojila najmanje vrijednosti prirasta rastertonske vrijednosti imaju uzorci otisnuti s 'UV bojilima' na PVC podlozi.

Krivulja prirasta rastertonske vrijednosti, koja je predložena od ISO 12647-6 standarda [54], određena je samo na osnovi tiskovne podloge (film ili folija), odnosno nevezano tiskovno bojilo te na način izrade tiskovne forme.

Preporučena krivulja prirasta rastertonske vrijednosti od ISO standarda sadrži izrazito povećan prirast RTV u odnosu na analizirane naklade (slika 82). Oblik preporučene krivulje jako dobro prate krivulje naklada otisnutih s bojilima na bazi otapala, ali sa smanjenim veličinama prirasta rastertonske vrijednosti.

### ***6.9. Vizualno definiranje kvalitete ukupne količine bojila na tiskovnoj podlozi***

Rezultati vizualne procjene ukupne količine bojila na reprodukciji prikazani su na slici 84. Višebojna reprodukcija s ukupnom količinom bojila od 290% definirana je kao najbolja kod svih naklada. Drugačije vrednovanje prikazano je kod naklade otisnute na PP podlozi s konvencionalnim bojilima. Kod ove naklade višebojna reprodukcija s ukupnom količinom bojila na tiskovnoj podlozi od 280% definirana je kao najbolja. Kod svih naklada višebojna reprodukcija s prirastom RTV od 34% i ukupnom količinom bojila od 300% najlošije je ocijenjena.

### **6.10. Vizualno definiranje ukupne kvalitete reprodukcije**

Promatranjem rezultata vizualne procjene (slika 85) uočava se da je kod naklade otisnute na PP podlogu s bojilima na bazi otapala uzorak s trećeg dijela naklade ocijenjen s najboljom ukupnom kvalitetom reprodukcije. Zadnji dio naklade ocijenjen je kao uzorci s najlošijom ukupnom kvalitetom. Kod naklade dobivene na PP podlozi s 'UV bojilima' najbolje je ocijenjen uzorak s drugog dijela naklade, dok je najlošije ocijenjen uzorak s petog dijela naklade. Uzorak s drugog dijela naklade također je kod naklade otisnute na PVC podlozi, s bojilima na bazi otapala, ocijenjen kao uzorak s najboljom ukupnom kvalitetom reprodukcije. Ocjenu najlošije ukupne kvalitete reprodukcije dobio je uzorak s četvrtog dijela naklade. Kod naklade otisnute s 'UV bojilima' na PVC podlozi, uzorak s četvrtog dijela naklade vrednovan je kao uzorak s najboljom ukupnom kvalitetom reprodukcije. Također i kod ove naklade zadnji dio naklade procijenjen je kao najlošija ukupna kvaliteta reprodukcije.

Vizualno vrednovanje ukupne kvalitete reprodukcije naklade prikazano je na slici 86. Naklada otisnuta na PVC podlozi s 'UV bojilima' ocijenjena je kao naklada s najboljom ukupnom kvalitetom reprodukcije. S vrlo dobrom ukupnom kvalitetom reprodukcije ocijenjena je naklada otisnuta s 'UV bojilima' na PP podlozi, a s lošom/najlošijom ukupnom kvalitetom reprodukcije ocijenjena je naklada otisnuta na PP podlozi, s bojilima na bazi otapala.

### **6.11. Vizualno definiranje reprodukcije imitacije metalnog efekta**

Iz rezultata vizualne analize moguće je utvrditi da su uzorci otisnuti s 'UV bojilima' na PVC podlozi ocijenjeni kao uzorci s izvrsnom reprodukcijom metalnog efekta (zlatne boje) (slika 88). Uzorci otisnuti na PVC podlozi, s bojilima na bazi otapala, definirani su kao uzorci s dobrom reprodukcijom metalnog efekta. Dok su ostali uzroci kao loša reprodukcija metalnog efekta.

Povezivanje mjernih analiza i vizualne analize rađeno je na osnovi logističkog regresijskog modela. Ispitivanje jačine utjecaja svakog kvalitativnog parametara na ukupni vizualni doživljaj kvalitete reprodukcije provedeno je na osnovi višestruke logističke regresijske analize. U modelu se ispituje statistička povezanost svih različitih kvalitativnih parametara s binarnom varijablom procijenjene kvalitete od ispitivanog standardnog promatrača.

Odabrano je nekoliko kvalitativnih parametara (prirast rastertonske vrijednosti na 50%, prihvaćanje bojila na bojilo, nejednolična reprodukcija punog tona, integralna gustoća obojenja i volumen gamuta) koji utječu na vizualni doživljaj kvalitete reprodukcije.

Iz matrica koeficijenata korelacije među varijablama uočena je vrlo visoka pozitivna koreliranost između varijabli unutar skupina parametara prihvaćanja bojila na bojilo te parametra prirasta rastertonske vrijednosti. Kod varijabli unutar skupine parametra nejednolične reprodukcije punog polja, uočena je visoka pozitivna koreliranost među varijablama  $mC$  i  $mM$  te  $mC$  i  $mK$ . Veoma visoka pozitivna koreliranost unutar parametra integralne gustoće obojenja također je vidljiva među varijablama  $D_m$  i  $D_k$ , dok je dobra pozitivna koreliranost uočena među varijablama  $D_m$  i  $D_y$ , te  $D_y$  i  $D_k$ .

Waldovom statistikom ispitivana je značajnost utjecaja pojedinih kvalitativnih parametara na procjenu kvalitete u logističkom regresijskom modelu.

U tablici 23. prikazana je statistička značajnost kvalitativnih parametara ( $p$ ) za logistički regresijski model. Vidljivo je kako su samo tri varijable, odnosno kvalitativni parametri, statistički značajni za ovaj model, uz razinu značajnosti od  $\alpha=0.1$ . To su parametri  $Tym$ ,  $Tmc$ ,  $Tymc$ . Također je moguće je izdvojiti varijable s najvećom razinom značajnosti, koji najjače utječu na vizualnu procjenu kvalitete reprodukcije:  $dgK$ ,  $D_y$ ,  $D_k$ .

Iz tablice 24 utvrđuje se kako pozitivan utjecaj na kakvoću vizualne percepcije kvalitete imaju varijable  $Tymc$  i  $D_y$ , dok na vizualnu percepciju kvalitete reprodukcije negativno utječu varijable  $dgK$ ,  $Tym$ ,  $Tmc$ ,  $D_k$ .

Metodom selekcije, preko algoritma selekcije varijabli, definirano je devet varijabli koje značajno utječu na ukupnu subjektivnu percepciju ukupne kvalitete reprodukcije.

Nakon ponovnog izračuna Waldove statistike (Tablica 25) razina značajnosti za kvalitativne parametre  $dgC$ ,  $dgK$ ,  $Tym$ ,  $Tmc$ ,  $Tymc$ ,  $D_m$ ,  $D_y$  je manji od  $p=0.05$ , dok je za parametre  $mY$ ,  $D_k$  manji od  $p=0.1$ .

Nakon potvrde i analize logističkog regresijskog modela na osnovi Waldove statistike i definiranjem kvalitete modela (tablica 26) na osnovi izmjerenih kvalitativnih parametara, proveden je logistički regresijski model za devet kvalitativnih parametara.

Iz tablica 27 moguće je utvrditi kako varijable  $dgC$ ,  $Tymc$ ,  $D_y$  pozitivno utječu, dok varijable  $dgK$ ,  $Tym$ ,  $Tmc$ ,  $mY$ ,  $D_m$ ,  $D_k$  imaju negativan utjecaj na percepciju ukupne kvalitete reprodukcije.

Prema rezultatima tablice 29 utvrđeno je da pri povećanju vrijednosti varijabli  $dgC$ ,  $Tymc$ ,  $D_y$  za pet posto vrijednosti raspona tih varijabli, vjerojatnost  $P(Y=1)$  da je otisak ocijenjen kao VK povećava se redom 2.12974, 21.5792 te 1.80562 puta.

Utvrđeno je također da pri 5-postotnom povećanju vrijednosti u odnosu na raspon vrijednosti od varijabli  $dgK$ ,  $Tym$ ,  $Tmc$ ,  $mY$ ,  $D_m$ ,  $D_k$  vjerojatnost  $P(Y=1)$  da je otisak ocijenjen kao VK smanjuje redom 0.27754, 0.55082, 0.18474, 0.86762, 0.58443 i 0.48633 puta (tablica 30).

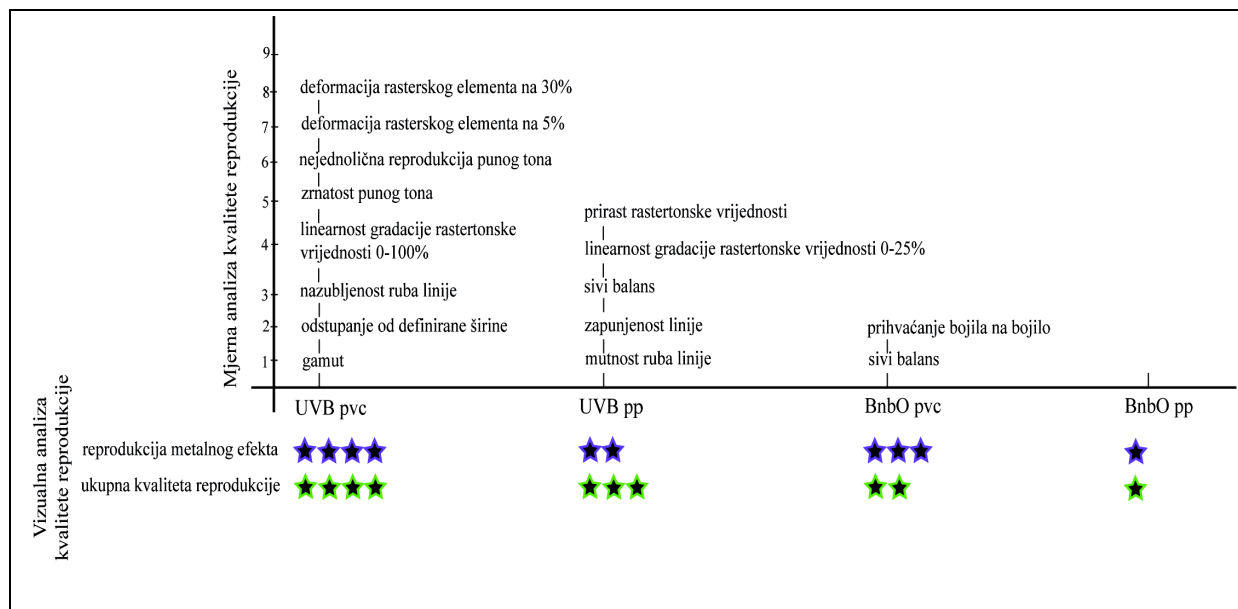
S obzirom na vrijednosti vjerojatnosti  $p$ , koje odgovaraju spomenutim modificiranim oddsovima, možemo konstatirati da najveću vrijednosti pri jednakoj promjeni varijabli sadrži varijabla  $Tymc$  (tablica 31).

## ***7. Zaključci***

Cilj ovoga istraživanja jest definiranje i procjena kvalitete grafičke reprodukcije, koja se temelji na znanstvenoj spoznaji definiranja obojenja reprodukcije te svojstvima reproduciranih površina i linija.

Kvaliteta reprodukcije uvjetovana je vrstom tiskovnog bojila, tiskovnom podlogom te sveukupnim parametrima i uvjetima prilikom otiskivanja. Najčešći problem koji se javlja u grafičkoj industriji jest procjenjivanje i definiranje ukupne kvalitete reprodukcije. Opisivanje ukupne kvalitete reprodukcije vrlo je nepotpuno, s obzirom na jedan ili dva kvalitativna parametra, koji se najčešće kontroliraju u realnoj proizvodnji.

Ovo se potvrđuje prikazom ukupnog pregleda rezultata dobivenih mjernim i vizualnim analizama (slici 94). Na prikazu, najbolji kvantitativni rezultat kvalitativnog parametra pridružuje se nakladi kod koje je ostvaren. Naklada koja ima najveći broj kvantitativnih parametara smatra se visoko kvalitetnom nakladom s obzirom na aparativno istraživanje. Rezultati vizualne analize prikazani su sa zvjezdicama, na način da najbolje ocijenjena reprodukcija sadrži četiri zvjezdice, dobro ocijenjena reprodukcija tri zvjezdice i tako redom. Vizualnim analizama ispitivana je ukupna kvaliteta reprodukcije te kvaliteta reprodukcije na osnovi kvalitetne imitacije metalnog efekta.



Slika 94. Pregled rezultata dobivenih aparativnim i vizualnim analizama

Prema podacima iz slike 94 moguće je utvrditi:

- najlošiji rezultati kod uzoraka otisnutih s bojilom na bazi otapala na polipropilenu ukazuju da je za visoku kvalitetu reprodukcije važan izbor bojila i tiskovne podloge
- dokazuje se vizualnom procjenom najbolje reprodukcije imitacije metalnog efekta kod uzoraka otisnutih na bijelo bojilo na poli(vinil-kloridnoj) podlozi, kvalitetnije kod uzoraka dobivenih s 'UV bojilima' te manje kvalitetnije kod uzoraka dobivenih s bojilima na bazi otapala
- vizualnim procjenama i mjernim analizama dokazuje se visoka ukupna kvaliteta reprodukcije kod uzoraka nastalih s bojilom koje se suši UV energijom, bolja kvaliteta kod uzoraka dobivenih na poli(vinil-kloridnoj) podlozi te manje kvalitetna kod uzoraka dobivenih na polipropilenskoj podlozi

Temeljem rezultata separacijskih analiza svakog kvalitativnog parametra, zaključeno je sljedeće:

- potvrđuje se veća vrijednost integralnih gustoća obojenja bojila ( $D_i$ ) ako je transparenta tiskovne podloge (PVC) prethodno prekrivena bijelim bojilom, što je za primjenu u grafičkoj industriji neophodno važno
- temeljem prethodne konstatacije, potvrđuje se veći volumen gamuta kod uzoraka otisnutih na poli(vinil-klorid), u odnosu na uzorke otisnute na polipropilen
- reprodukcijom većeg volumena gamuta, kod uzoraka otisnutih s bojilom, koje se suši UV energijom ( $UVB_{pvc}=886646$  CCU;  $UVB_{pp}=778862$  CCU), potvrđuje se prednost sušenja UV energijom



- bolja reprodukcija svih karakteristika linije, kod uzoraka otisnutih bojom koje se suši UV energijom, također potvrđuje prednost ovih bojila, budući da se reakcija sušenja odvija isključivo na površini tiskovnog materijala. S obzirom na tiskovnu podlogu od uzoraka otisnutih na poli(vinil-klorid), manja su odstupanja u širini (npr. 0.015 mm za linija od 0.9 mm) i manja nazubljenost ruba linije (npr. 0.0023 mm za linija od 0.9mm), dok kod uzorka otisnutih na polipropilenu veća je zapunjenost linije (npr. 0.9984 za linija od 0.9mm) i mutnost ruba linije (npr. 0.0557 mm za linija od 0.9mm)
- prema analizi uz preporučene rastertonske vrijednosti po standarda ISO 12647-6 i mijenjanih rastertonskih vrijednosti, za definiranje optimalnog sivog balansa u radu, dokazano je da je, ako se smanji rastertonska vrijednost kod žutog bojila za 3%, moguće promatrati sivi balans kod srednjih rastertonskih vrijednosti (par K)
- promatranjem rezultata optimalnog sivog balansa, kod srednjih (50% RTV) i malih rastertonskih vrijednosti (25% RTV), potvrđuje se najbolja ravnoteža između cijan, magenta i žutog bojila kod uzoraka otisnutih s bojilima koja se suše UV energijom. Kod velikih rastertonskih vrijednosti (75% RTV) potvrđuje se najbolja ravnoteža između cijan, magenta i žutog bojila kod svih uzoraka otisnutih s bojom na bazi otapala, iz čega je moguće zaključiti da se visoke rastertonske vrijednosti bolje reproduciraju kod principa otiskivanja mokro na mokro bojilo (princip suptraktivne sinteze boja)
- temeljem slikovne analize uzoraka i ispitivanih metoda (Ritz, Preucil i Brunner) dokazuje se da se parametar prihvaćanja bojila na bojilo najtočnije može definirati Brunnerovm metodom, što je izravni doprinos standardizaciji fleksografskog tiska
- dokazano je, također, bolje prihvaćanje bojila na bojilo kod otiskivanja po principu „mokro bojilo na mokro bojilo“, odnosno kod uzoraka otisnutih s bojilima na bazi otapala (BnbO pvc -  $T_{Y+M}=98,28$ ;  $T_{Y+C}=97,96$ ;  $T_{M+C}=98,15$ ;  $T_{Y+M+C}=98,27$ ), (BnbO pP -  $T_{Y+M}=96,81$ ;  $T_{Y+C}=96,56$ ;  $T_{M+C}=96,53$ ;  $T_{Y+M+C}=96,40$ )

- potvrđuje se, također, prednost sušenja UV energijom temeljem koeficijenta linearnosti gradacije rastertonskih vrijednosti, promatranom u rasponu od 0 do 25% ( $a_{UVBpvc}=0.98481$ ,  $a_{UVBpp}=0.98363$ ) i 0 do 100% ( $a_{UVBpvc}=0.99633$ ,  $a_{UVBpp}=0.99385$ ). Kod ovih uzoraka također je smanjeno brzo povećanje prvih rastertonskih vrijednosti, što je za primjenu u grafičkoj industriji od neophodne važnosti
- temeljem SEM analize i rezultata PIAS uređaja dobiva se najbolja reprodukcija punog tona s obzirom na zrnatost (mikro razina) kod uzoraka koji su otisnuti na bijelo bojilo, kod poli(vinil-kloridne) podloge. Uzorci otisnuti bojom koje se suši UV energijom sadrže zrnatost od  $g_C = 0.070$ ,  $g_M = 0.104$ ,  $g_Y = 0.076$ ,  $g_K = 0.134$ , a uzorci otisnuti s bojom na bazi otapala od  $g_C = 0.086$ ,  $g_M = 0.102$ ,  $g_Y = 0.068$ ,  $g_K = 0.142$
- dokazano je da je nejednolična reprodukcija punih tonova (makro razina) vrlo izražena kod bojila na bazi otapala, što je posljedica specifičnosti sušenja tih bojila, gdje bojila djelomično djeluju na tiskovnu podlogu i dolazi do migriranja u tiskovnu podlogu. Veća vrijednost dobivena je kod podloge poli(vinil-klorid) kod  $m_C = 0.100$ ,  $m_M = 0.114$ ,  $m_K = 0.092$  te manja kod polipropilenske podloge  $m_C = 0.060$ ,  $m_M = 0.088$ . Kod žutog bojila veće su vrijednosti kod polipropilenske podloge, u odnosu na poli(vinil-kloridnu) podlogu  $\Delta m = 0.020$
- prema SEM analizi i rezultatima PIAS uređaja primjenom bojila koje se suši UV energijom, dobivaju se najbolji rezultati cirkularnosti rasterskog elementa, što se potvrđuje literaturnim podacima Duncana [128]
- temeljem dobivenih razlika krivulja prirasta rastertonskih vrijednosti između uzoraka s bojilima koja se suše UV energijom i preporučenih vrijednosti ISO standarda 12647-6 dokazuje se potreba za nadopunom važećih standarda kod uporabe bojila koja se suše UV energijom (zbog dva različita načina sušenja)

- temeljem vizualne procjene dokazuje se da je moguća ukupna količina bojila na tiskovnoj podlozi od samo 280% kod uzoraka otisnutih s bojilima na bazi otapala na polipropilenu, dok je kod ostalih uzoraka povećana te iznosi 290%.

Primjenom statističke obrade temeljene na logističkom regresijskom modelu tražen je utjecaj rezultata, s ciljem vizualne procjene doživljaja visoke kvalitete reprodukcije. Za obradu korišteni su podaci prirasta rastertonske vrijednosti na 50% (označeni s  $dg$ ), prihvatanja bojila na bojilo (označeni s  $T$ ) te podaci nejednolične reprodukcije punog tona (označeni s  $m$ ), integralne gustoće obojenja (označeni s  $D$ ) i gamuta (označen s  $G$ ).

Između 17 ispitivanih kvalitativnih parametara ( $X_1 = dgC$ ,  $X_2 = dgM$ ,  $X_3 = dgY$ ,  $X_4 = dgK$ ,  $X_5 = Tym$ ,  $X_6 = Tyc$ ,  $X_7 = Tmc$ ,  $X_8 = Tymc$ ,  $X_9 = mC$ ,  $X_{10} = mM$ ,  $X_{11} = mY$ ,  $X_{12} = mK$ ,  $X_{13} = Dc$ ,  $X_{14} = Dm$ ,  $X_{15} = Dy$ ,  $X_{16} = Dk$ ,  $X_{17} = G$ ) uočena je vrlo visoka koreliranost. Waldovom statistikom, gdje je ispitivana značajnost utjecaja pojedinih kvalitativnih parametara na procjenu kvalitete u logističkom regresijskom modelu (uz razinu značajnosti od  $\alpha=0.1$ ), uočeno je kako su samo dva parametra značajna za dobiveni model. Dobiveni logistički model nije u potpunosti reprezentativan, zbog međusobne koreliranosti kod varijabli i velikog broja varijabli. Metodom selekcije, preko algoritma selekcije varijabli, definirano je devet varijabli ( $X_1 = dgC$ ,  $X_4 = dgK$ ,  $X_5 = Tym$ ,  $X_7 = Tmc$ ,  $X_8 = Tymc$ ,  $X_{11} = mY$ ,  $X_{14} = Dm$ ,  $X_{15} = Dy$ ,  $X_{16} = Dk$ ) koje značajno utječu na ukupnu subjektivnu percepciju ukupne kvalitete reprodukcije.

Logističkom regresijskom analizom dobiven je kvalitativni kriterij reprodukcije, kao funkcija vjerojatnosti s utjecajem izabranih kvalitativnih parametara  $dgC$ ,  $dgK$ ,  $Tym$ ,  $Tmc$ ,  $Tymc$ ,  $mY$ ,  $Dm$ ,  $Dy$ ,  $Dk$ , kada će otisak biti ocijenjen kao visoko kvalitetna reprodukcija ( $Y=1$ ).

$$P = \frac{e^{-413.473+0.7X_1-1.768X_4-2.909X_5-8.238X_7+16.167X_8-28.401X_{11}-17.904X_{14}+16.883X_{15}-36.043X_{16}}}{1+e^{-413.473+0.7X_1-1.768X_4-2.909X_5-8.238X_7+16.167X_8-28.401X_{11}-17.904X_{14}+16.883X_{15}-36.043X_{16}}} \quad (39)$$

### *Znanstveni doprinos:*

Provedenim istraživanjem pokazalo se da važeći ISO standard teži nadopunama uslijed modernizacije procesa otiskivanja i razvojem modernijih tiskovnih bojila. Na temelju provedenih istraživanja dokazalo se da je vizualni doživljaj kvalitete reprodukcije ovisan o predefiniranim elementima s kojima se opisuje višebojna reprodukcija.

Ovim radom je ustanovljeno da je kvalitetu reprodukcije moguće povećati mijenjanjem ulaznih predefiniranih parametara iz pripremnog dijela proizvodnje. Da bi se ispitivanim parametrima moglo kvalitetno pripremiti proizvod za proces reproduciranja, isti moraju biti povezani sa znanstvenim istraživanjima koji su provedeni u ovome radu. Isto tako, metode ustanovljavanja kvalitete kao i predložene vrijednosti omogućit će bolju standardizaciju unutar fleksografskog procesa tiska.

Znanstveni doprinos ove disertacije se očituje saznanjima vezana za kvalitetu reprodukcije s obzirom na pripremu tiskovne podloge, te procesu sušenja i princip otiskivanja (mokra bojila na mokro bojilo ili mokro bojilo na suho bojilo). Znanstveni doprinos ovoga rada je također temeljen na uvođenju 17 objektivnih analiza s kojima se je definira kvaliteta reprodukcije.

Osim navedenog, na osnovu rezultata istraživanja predlaže se uvođenje logističke jednadžbe za definiranje kvalitete grafičkih fleksografskih reprodukcije. To je funkcija vjerojatnosti

$$P = P(Y = 1 | X_i, i = 1,4,5,7,8,11,14,15,16) \quad (40)$$

Provedenim istraživanjima došlo se do zaključka da je određenim metodama moguće povećati kvalitetu reprodukcije, ali su se i otvorila nova područja vezana uz marketing u koji je uključena ekologija i održivi razvoj.

## **8. *Literatura***

1. Zang, Y.H., Aspler, J.S., (1995), Factors that affect the flexographic printing of linerboards, Tappi Journal 78 (10)
2. Castelli, L., (1998) «End-use Requirements and Ink Formulation.» In Castelli L. (ed.), Flexographic Ink: A Process Approach, Foundation of Flexographic Technical Association, NY
3. Kipphan, H., (2001), Handbook of Print Media, Springer, Berlin
4. Nelson, R.E., (1993) The Place of Packaging on Our Society; Process Color Printing and Flexographic Inks» In Nelson, R.E. (ed.) Package Printing, Jelmar Publishing Co., New York
5. Tehnička enciklopedija (1997), Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb
6. Fairley, M., (2004), Encyclopedia of Label and Label Technology ,Tarsus Publishing Ltd, London
7. Hanlon, J.F., Kelsey, R.J., Forcinio H.E., (1998), Handbook of package engineering, 3th edition, CRC Press LLC, Boca Raton
8. Anyadike, N., (2003), Introduction to Flexible Packaging, Pira International Ltd, Surrey
9. Vujković, I., Galić, K., Vereš, M. (2007), Ambalaža za prehrambene namirnice, Tectus, Zagreb
10. Selke, S.E.M., Culter, J.D., Hernandez, R.J., (2004) Plastics packaging 2nd edition, Hanser-Gardner Publications, Munich
11. Janović, Z., (1997), Polimerizacija i polimeri, Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa, Zagreb
12. Flexography: Principles and Practices, 5<sup>th</sup> Edition, (1999), Foundation of Flexographic Technical Association, Inc., Ronkonkoma, NY
13. ASTM D2578 - Standard Test Method for Wetting Tension of Polyethylene and Polypropylene Films
14. Hamblyn, S.M., (2004), The Role of the Plate in the Ink Transfer Process in Flexographic Printing, Ph.D. thesis, University of Wales Swansea
15. White, A., (1998), High Quality Flexography, 2nd edition, Pira International, Leatherhead
16. PRIMIR, Benchmarking and Worldwide Market Trends for Flexographic Printing (2010), dostupno na: <http://www.packageprinting.com/article/benchmarking->

- worldwide-market-trends-flexographic-printing-25008604/2* (pristupljeno: 24.01.2011)
17. Ecker, B., (2004), Overview Gravure Printing Technology, Market Share, Growth...Few figures, dostupno na:  
*http://www.specialchem4coatings.com/resources/editorials/editorial.aspx?id=1402*, (pristupljeno: 14.06.2012)
  18. Dreher, M., (2006), Flexo vs. Gravure in Packaging Printing, dostupno na:  
*http://www.era.eu.org/02/downloads/ERA\_apc06\_dreher.pdf*, (pristupljeno: 04.07.2012)
  19. Bolanča, S., (1991) *Suvremeni ofsetni tisak*, Školska knjiga, Zagreb
  20. *Flexographic Principles and Practices*, 4<sup>th</sup> edition, (1991) Foundation of Flexographic Technical Association, Inc., Ronkonkoma, NY
  21. *Handbook on Printing technology*, 2<sup>th</sup> edition, (2011), Asia Pacific Business Press Inc., Delhi
  22. Cusdin, G., (1999), *What is Flexography?*, *Flexographic Principles and Practices*, Foundation of Flexographic Technical Association, New York, pp.3-18
  23. Adams, J.M., Dolin, P.A., (2002), *Printing tehnology*, 5<sup>th</sup> edition, Delmar, Clifton Park
  24. Chalmer, I.R., (1997), *Flexographic Printability of Packaging Grade Papers*, Proc. 51<sup>st</sup> Appita Ann. Gen. Conf., Melbourne, p.335
  25. Dowdell, W.C., (2001), *The Flexographic Technical Association Issues: Its Annual Market Perspective and Prospectus*, Industry Forecast, Flexo, (1)
  26. Donahue, M., (2005), *Flexible Packaging Thrives*», Industry Forecast, Flexo, 30 (2) pp. 18-20
  27. Perkowski, F., (2006), *The Graphic Corrugated Market*, Industry Forecast, Flexo 31 (1), pp. 22-24
  28. Teufler, S., (2008), *Metered anilox vs. Unmetered anilox*, Flexo Exchange, dostupno na: *http://www.flexoexchange.com/forum/viewtopic.php?f=4&t=421&p=836*, (pristupljeno: 07.12.2011)
  29. Crouch, J. P., (2005), *Flexography Primer*, Graphic Arts Technical Foundation (GATF), Sewickley
  30. Bould, D.C., (2001), *An Investigation into quality improvements in Flexographic Printing*, PhD thesis, Univerity of Wales Swansea

31. Mesic, B., (2006), Printability of polyethylene-coated paper and paperboard, PhD thesis, Faculty of Technology and Science, Karlstad University, Sweden
32. Flexographic Technical Association, Inc., First, 3<sup>th</sup> edition, (2003), Flexographic Technical Association, Inc. i Foundation of Flexographic Technical Association, Inc., Ronkonkoma
33. Apex, dostupno na: <http://www.apex-groupofcompanies.com>, (pristupljeno: 14.04.2012)
34. Leach, R.H., Pierce, R.J., (1993), The Printing Ink Manual, 5th edition, Springer
35. Mesaroš, F., (1970), Grafička enciklopedija, Tehnička knjiga, Zagreb
36. Bates, I., Miletić, M., Zjakić, I., (2009), Research on the Mechanical and Chemical Resistance of Prints”, DAAAM International Scientific Book 2009, Katalinić, B. (ur.), Vienna, DAAAM International, pp. 561-572
37. Zjakić, I., (2005.), Optimalizacija sustava rastertonske reprodukcije u tisku, Doktorska disertacija, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
38. DFTA and prof. Meyer, K.-H., (2000), Flexo Printing Technology, 4<sup>th</sup> edition,, St. Gallen
39. NN 21/07 članak 87- Uredba o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora
40. Don Duncan P., (1998) Printing with Energy-Curable Inks-High Energy Chemistry, High Energy Business, TAGA Journal
41. Brody, A. L., Marsh, K. S., (1997.), The Wiley Encyclopedia of packaging technology, 2ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto
42. Stowe, R. W., (2004), UV as the Energy Source for Industrial Processing of Coating, Inks, and adhesives, TAGA Conference Proceeding, pp. 89-104
43. Glöckner, P., Jung ,T., Struck, S., Studer, K., (2008), Radiation Curing Coating and Printing Inks, European Coatings Tech Files, Hannover
44. UV Technology, Apractical Guide for all Printing Process, (2007), Berufsgenossenschaft Druck und Papierverarbeitung, Wiesbaden, Germany
45. Berns, R.S, (2000), Principles of color Technology, John Wiley&Sons, USA
46. Zjakić, I., Bolanča, S., Bolanča, Z., (2002), The Colour Characteristics of Modern printing, First Conference on Color in Graphic, Image and Vision, IS&T, Poitiers, France



47. Hunt, R.W.G., (1991), Measuring colour, Ellis Horwood Limited, England
48. Johnson, T., Green, P., (2001.), The CIE2000 colour difference formula and its performance with graphic arts data set, 28<sup>th</sup> Research Conference of IARIGAI, Montreal, Canada
49. Fairchild, M.D., (1998), Colour Appearance Models, Addison-Wesley, Reading, MA
50. McDonald, R., (1987.), Colour physics for industry, Society of Dyes and Colorists, Bradford
51. Milković, M., (2003.), Analogni i računalni modeli boja, KGŠ, Zagreb
52. Lee, B.-K., Shyu, L.-S., Chang, S.-L., Lui, Y.-T., (1996), Estimation of the Neugebauer model of a half-tone printer and its application/OSA/OII, Joint Symposium on Digital Color Printing, Rochester
53. Murray, A., (1936), Monochrome Reproduction in Photoengraving, Journal of the Franklin Institute, 221,6, pp.721-744.
54. ISO 12647-6 - Graphic technology -- Process control for the production of half-tone colour separations, proofs and production prints -- Part 6: Flexographic printing
55. Field, G. G. (1999), Color and its reproduction 2 edition., GAFTPress, Sewickley
56. Mahyand, M., Delabastita, P., (1996), Inversion of the Neugebauer equations, Color Research and Application, 21(6), pp. 401-411
57. Zjakić, I., (2007), Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb
58. Stollnitz, E.J., Ostromoukhov, V., Salesin, D.H., (1998), Reproducing color images using custom inks, In Proceedings of SIGGRAPH 98. ACM, New York
59. Braun, G.J., Fairchild, M.D., (1999), Gamut Mapping for pictorial images, TAGA Proceedings, 9, pp.420-432
60. ISO 13660, 2001 – ISO/IEC 13660 Information Technology - Office Equipment - Measurement of image quality attributes - Binary Monochrome text and graphic images
61. PIAS™-II, Personal Image Analysis System, User's Guide, (2007), Quality Engineering Associates
62. Breede, M.H.; (2006), Testing the validity of measuring gray balance with the GATF Color Circle, Grayness and Hue Error Values, TAGA Proceeding, pp.292-314
63. Luo, M.R, Cui, G., Rigg, B., (2001), The development of the CIE 2000 colour difference formula: CIEDE2000. Color Res Appl; 26: 340 –350.

64. Preucil, F., (1953), Color Hue and Ink Transfer – Their Relations to Perfect Reproduction, TAGA Proceeding, Rochester, NY, pp102-110
65. Preucil, F., (1958), Color and Tone error of Multicolor Presses, TAGA Proceedings, Rochester, NY, pp.175-190
66. Stanton, A., Radencic, G., (2001), Ink Trapping and Colorimetric Variation, TAGA Conference Proceeding, pp. 258-281
67. Ritz, A., (1996), A Halfone Treatment for Obtaining Multi-Color Ink Film Trapping Values, Professional Printer, v.40, n.6, pp.11-17
68. Gustavson, S., (1997) Dot Gain in Colour Halftones, Ph. D. Thesis., Linköping University
69. Wyszecki, G., Stiles, W. S., (1982.), Color Science. Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae. Wiley-Interscience Publications, New York
70. Yule, J.A.C., Nielsen, W.J., (1951), The penetration of light into paper and its effect on halftone reproductions, TAGA proceedings, TAGA, Rochester, pp. 65-76
71. Clapper, F.R., Yule, J.A.C., (1953), The effect of multiple internal reflections on the densities of half-tone prints on paper, Journal of the Optical Society of America 43,7:600)
72. Arney, J.S., Engeldrum, P.G., Zeng, H., (1995), An expanded Murray-Davies Model of Tone Reproduction in Halftone Imaging, Journal of Imaging Science and Technology, 39,6. pp.502-508.
73. Fetsko, J.M., Walker, W.C., (1955), Measurements of ink transfer in printing coated paper, American Ink Maker, Vol. 33, No.11
74. DeGrâce, J.H., Mangin, P.J., (1983), A Mechanistic Approach to ink Transfer. Part 1: Effect of Substrate Properties and Press Conditions. Advances in Printing Science and Technology, Vol 17, pp. 312-332
75. Särelä, S., Härkönen, E., Paulapuro, H., (2002), Evaluation of Ink Transfer Theory, TAGA Conference Proceedings, pp. 90-108
76. Hamblyn, S.M., (2004), The Role of the Plate in the Ink Transfer Process in Flexographic Printing, Ph.D. thesis, University of Wales Swansea
77. Lui, X., Gythrie, J.T., (2003.), A Review of Flexographic Printing Plate Development”. Surface Coating International Part B: Coating Transactions, Vol. 86, B2, pp. 91-168

78. Weber, C., Meyer, K-H., (2001), Technical Comparison of the Different Plate Making Process in Flexography, DFTA Report, 2001., <http://www.dfta-tz.de>. (pristupljeno: 20.06.2002)
79. Rapp, S., (2002), Point Light Exposure for Flexo Plate – Benefits and Drawbacks. NarroWebTech, 1-2002
80. Galton, D., (2002), Photopolymer Plate Characterisation”. TAGA Conference Proceedings, pp. 109-127
81. Michiels, J., (2002), Concepts for Flexo Plate-Setters, Flexo and Gravure International, 3-2002
82. Breiholdt, J., (2003), Suitability of Laser Technologies for the Digital Production of Flexographic Printing Formes, Flexo and Gravure International, 1-2003
83. Feil, M., Hamacher, R., Sandig, H., (2002), Computer to Plate – A Challenge, Flexo and Gravure Asia, 2-2002
84. Damroth, G., Di Piazza, J., Hausman, G., Hines, M., Rivas, M., Rose, B., Shaffer, L., Wald III, J., Ziegler, R., (1996), The effect of UV Flexo ink Viscosity, Anilox Cell Volume and Press Speed on Print Density and Dot gain, TAGA Conference Proceedings, pp. 86-101
85. Meyer, K-H., Leber, S., (2000), Printing Inks and Their Influence on Printig Quality in Relation to Printing Motive and Printing Material, dostupno na: <http://www.dfta-tz.de>, (pristupljeno: 03.12.2011)
86. Fouche, L., Blayo, A., (2001), Transfer Characterisation of UV Flexo Inks, TAGA conference Proceedings, pp 426-443
87. Olsson, R., Yang, L., Stam van J., Lestelius, M., (2007), Effect of elevated temperature on flexographic printing, Proceedings of the 34th Research Conference of IARIGAI, Grenoble, France
88. Mesic, B., (2006), Printability of polyethylene-coated paper and paperboard, PhD thesis, Faculty of Technology and Science, Karlstad University, Sweden
89. Barros, G.G., Fahlcrantz, C-M., Johansson, P-L., (2004), Topographic Distribution of Uncovered Areas (UCA) in Full Tone Flexographic Printing, TAGA Conference Proceedings
90. Fetsko, J.M, (1958), Printability Studies on Survey Series of Paperboard and Coated Papers, TAPPI Journal, Vol. 41, No. 2, pp. 49-63

91. Taylor, J.H., Zettlemoyer, A.C. (1958), Hypothesis on the Mechanism of Ink Splitting During Printing, TAPPI Journal, Vol. 41, No. 12
92. DeGrâce, J.H., Mangin, P.J, (1987), A Mechanistic Approach to Ink Transfer. Part 2: The Splitting Behaviour of Inks in Printing Nips, Advances in Printing Science and Technology, Vol. 19, str 146-161, 1987
93. Zang, Y.H., Aspler, J.S., (1995), Factors that affect the flexographic printability of linerboards, Tappi Journal, Vol. 78, 10, pp. 24023-24033
94. Laskin, M., Parris, J. (1997), Optimization of ink lay in UV Flexographic Printing, TAGA Conference Proceedings, pp 861-871
95. Meyer, K-H, Dürholz, R., Bütterich, K., (2000), The Printing Plate as a Quality Characteristic in the Reproduction of the Printed Image in Flexographic Printing, DFTA Report, 1995, dostupno na: <http://www.dfta-tz.de> (pristupljeno: 13.02.2000)
96. Friesner-Tausch, A., (2003), Enhanced Print Quality with a Balanced Combination of Plate and Compressible Tape, FlexoTech, pp 23-27
97. Bould., D.C., Claypole, T.C. Bohan, M.F.J., (2004), An Experimental Investigation into Flexograhic Printing Plate”. TAGA Journal, Vol. 1, No. 3
98. Bould. D.C., Claypole, T.C., Bohan, M.F.J. (2004), An Investigation into Plate Deformation into Flexographic Printing, Part:B Journal of Engineering Manufacture
99. Bould, D.C., (2001), An Investigation into Quality Improvements in Flexographic Printing, PhD thesis, University of Wales Swansea
100. Castellanos, A., Haak, P., (2000), Characterisation of Anilox Rollers, TAGA Conference Proceedings, pp 774-800
101. Bohan, M.F.J., Townsend, P., Hamblyn, S.M., Claypole, T.C., Gethin, D.T., (2003), Evaluation of Pressures in Flexographic Printing, TAGA Conference Proceedings
102. Bould, D.C., Claypole T.C., Bohan M-F.J, Gethin D.T., (2004), Deformation of Flexographic Printing Formes» TAGA Conference Proceedings
103. Megat Ahmed M.M.H., Gethin D.T., Claypole T.C., Roylance B.J., (1997), A Model for Ink Impression into a Porous Substrate», Journal of Physics D: Applied Physics Volume 30, Number 16
104. Bohan M.F.J., Gethin D.T., Claypole T.C., Megat Ahmed M.M.H., (2000), Modelling the Ink transfer into a Substrate and the subsequent Effect on Dot Gain», Journal of Pulp and Paper Science, Vol 26, Number 11

105. Nilsson, C.M., Malmqvist, L., Busk, H., Kristiansson, P., (1997), Optical Enhancement of Closely Positioned Screen Dots, TAGA Proceedings, pp.11-21
106. Laurent, G.L., (2002), Prediction of the substrate printing in flexography by using a new established «Printing Coefficient», PhD thesis, Royal Institute of Tehnology, Stockholm
107. Asikainen, R., ( 2010), Quality Analysis of a Printed Natural Reference Image, Master's Thesis, Aalto University, Finland
108. Lundström J., Verikas A., (2012), Assessing print quality by machine in offset colour printing, Knowledge-Based Systems, published online, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950705112002109> (pristupljeno: 20.09.2012)
109. Wang K., Lorentzen B., (2006), Print-through prediction using ANNs, Innt Production Machiner and System, 2nd I\*Proms Virtual International Conference
110. Eerola T., Lensu L., Kamarainen J.-K., Leisti T., Ritala R., Nyman G., Kälviäinen H., (2011), Bayesian network model of overall print quality: Construction and structural optimisation, Pattern Recognition Letters 32, pp 1558–1566
111. Tchan, J., Thompson, R.C., Manning, A., (1999), A computational model of print-quality perception“ Expert Systems with Applications 17, pp. 243–256
112. Brown, N., Jacksson, M.R., Bamforth, P.E., (2004), Machine vision in conjunction with a knowledge-based system for semi-automatic control of a gravure printing process, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering 218 (4), pp 583–593.
113. Brown, N., Jacksson, M.R., Parkin, R.M., (2003), Automatic gravure print feature determination at production speeds, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture 217 (8), pp 1101–1110.
114. Temponi, C., Fard, F. D., & Corley, H. W., (1999), A fuzzy decision model for colour reproduction. International Journal of Production Economics, 58(1), pp. 31–37.
115. Perner, P., (1994), A knowledge-based image-inspection system for automatic defect recognition, classification, and process diagnosis», Machine Vision and Applications, Volume 7, Number 3, pp. 135-147
116. ISO 3664 – Graphic technology and photography -- Viewing conditions
117. Fuček, M., Imbriovčan, T., Bates, I., (2011), Utjecaj gamme monitora na kvalitativne parametre fleksografskog otiska, 15th International Conference on Printing, Design

and Graphic Communications, Blaž Baromić 2011 – Proceedings, Croatian Society of Graphic Artists Senj, pp.294-301

118. Stephan Saalfeld i Wayne Rasband, ImageJ, (2010) dostupno na:  
<http://rsbweb.nih.gov/ij/plugins/cmyk/index.html>, (pristupljeno: 20.11.2011)
119. Peng, J. C.-Y., Lee, K.L., Ingersoll, G.M., (2002), An Introduction to Logistic Regression Analysis and Reporting, The Journal of Educational Research Volume: 96, Issue: 1, pp. 3-14
120. Hosmer, D.W., Lemeshov, S., (2000), Applied Logistic Regression, Second Edition, Wiley-Interscience Publication Allison, P.D., (1999), Logistic Regression using SAS: Theory and Applications
121. Vittinghoff, E., Glidden, D.V., Shiboski, S.C., McCulloch, C.E., (2004), Regression Methods in Biostatistics: Linear, Logistic, Survival and Repeated Measures Models, Second Edition, Springer, New York, Dorecht, Heidelberg, London
122. Bertić, I., Muck, T., Golob, G., Đorđević, D. (2009), Primerjava kvalitete odtisov v fleksotisku - Tiskarske barve na osnovi organskih topil in UV barve, Revija Grafičar, ožujak, 2009

## ***9. Popis slika i tablica***

Slika 1. Osnovne karakteristike polimernih materijala [5].....	17
Slika 2. Strukturna formula poli(vinil-klorida) .....	21
Slika 3. Strukturna formula polipropilena.....	23
Slika 4. Građanski otpad Sjedinjenih američkih država s obzirom na vrstu materijala, 2001 [10].....	27
Slika 5. Princip rada fleksografskog tiska s gumenim valjkom .....	33
Slika 6. Princip rada fleksografskog tiska s komornim rakelom.....	33
Slika 7. Digitalnim načinom izrade tiskovne forme [3] .....	36
Slika 8. Parametri rastriranog valjka [3].....	39
Slika 9. Različiti kutevi graviranja rastriranog valjka (30° - koristi se za premaze, 45° - koristi se za tiskanje novina, 60° - najčešće se koristi u višetonskom tisku).....	41
Slika 10. Rasterski valjci izrađeni s GTT tehnologijom [33].....	41
Slika 11. Konstrukcija fleksografskog stroja s centralnim cilindrom [3].....	43
Slika 12. Konstrukcija fleksografskog stroja u obliku dimnjaka [3].....	43
Slika 13. Konstrukciju fleksografskog stroja u liniji [3] .....	44
Slika 14. Faktori koji djeluju na proces sušenja kod bojila koja se suše s UV energijom [44]	51
Slika 15. Polimerizacija radikala [38].....	51
Slika 16. Kationska polimerizacija [38].....	52
Slika 17. Refleksija idealne linije bez deformacija [61] .....	62
Slika 18. Refleksija realne linije i definiranje širine linije [61] .....	62
Slika 19. Definiranje mutnosti ruba linije [61] .....	62
Slika 20. Definiranje nazubljenosti ruba linije [61] .....	63
Slika 21 . Rastertonske vrijednosti polja za definiranje optimalnog sivog balansa prema standardu ISO 12647-6.....	64
Slika 22. Razdvajanje tiskarskog bojila tijekom procesa tiska [34].....	68
Slika 23. Shema procesa rada istraživanja .....	83

Slika 24. Razlike ( $\Delta$ ) kolorimetrijskih vrijednosti bijelog bojila na bazi otapala otisnutog na poli(vinil-kloridnoj) podlozi tijekom procesa tiska.....	91
Slika 25. Razlike ( $\Delta$ ) kolorimetrijskih vrijednosti bijelog 'UV bojila' otisnutog na poli(vinil-kloridnoj) podlozi tijekom procesa tiska.....	92
Slika 26. Razlike ( $\Delta$ ) kolorimetrijskih vrijednosti polipropilenske tiskovne podloge tijekom procesa tiska .....	92
Slika 27. Euclideanove razlike tijekom procesa tiska za bojila cijan, magentu, žutu i crnu... 93	
Slika 28. Vrijednosti integralne gustoće obojenja tijekom procesa tiska za bojila cijan, magentu, žutu i crnu .....	94
Slika 29. Kontrolni strip za određivanje volumena gamuta .....	95
Slika 30. Trodimenzionalni (lijevo) i dvodimenzionalni (desno) prikaz raspona tonova na nivou svjetline $L^*=50$ od uzoraka tiskanih na PP s bojilom na bazi otapala .....	95
Slika 31. Dvodimenzionalni prikaz raspona tonova kroz nakladu tiskanu na PP s bojilom na bazi otapala na nivoima svjetline $L^*=15$ , $L^*=20$ , $L^*=80$ , $L^*=85$ .....	96
Slika 32. Trodimenzionalni (lijevo) i dvodimenzionalni (desno) prikaz raspona tonova na nivou svjetline $L^*=50$ kroz nakladu tiskanu na PP s 'UV bojilom' .....	97
Slika 33. Dvodimenzionalni prikaz raspona tonova kroz nakladu tiskanu na PP s 'UV bojilom' na nivoima svjetline $L^*=15$ , $L^*=20$ , $L^*=80$ , $L^*=85$ .....	98
Slika 34. Trodimenzionalni (lijevo) i dvodimenzionalni (desno) prikaz raspona tonova na nivou svjetline $L^*=50$ kroz nakladu tiskanu na PVC s bojilom na bazi otapa.....	99
Slika 35. Dvodimenzionalni prikaz raspona tonova kroz nakladu tiskanu na PVC s bojilom na bazi otapala na nivoima svjetline $L^*=15$ , $L^*=20$ , $L^*=80$ , $L^*=85$ .....	100
Slika 36. Trodimenzionalni (lijevo) i dvodimenzionalni (desno) prikaz raspona tonova na nivou svjetline $L^*=50$ kroz nakladu tiskanu na PVC s 'UV bojilom'.....	101
Slika 37. Dvodimenzionalni prikaz raspona tonova kroz nakladu tiskanu na PVC s 'UV bojilom' na nivoima svjetline $L^*=15$ , $L^*=20$ , $L^*=80$ , $L^*=85$ .....	102
Slika 38. Trodimenzionalni (lijevo) i dvodimenzionalni (desno) prikaz usporedbe maksimalnih vrijednosti volumena gamuta između naklada na nivou svjetline $L^*=50$ .....	104
Slika 39. Dvodimenzionalni prikaz usporedbe maksimalnih vrijednosti volumena gamuta između naklada na nivoima svjetline $L^*=15$ i $L^*=85$ .....	105
Slika 40. Trodimenzionalni (lijevo) i dvodimenzionalni (desno) prikaz usporedbe volumena gamuta srednjeg dijela naklade između naklada na nivou svjetline $L^*=50$ .....	105



Slika 41. Dvodimenzionalni prikaz usporedbe volumena gamuta srednjeg dijela naklade između naklada na nivoima svjetline $L^*=15$ i $L^*=85$ .....	106
Slika 42. Odstupanje u širini ( $\Delta$ širine) za liniju od 0.09 mm tijekom procesa tiska .....	107
Slika 43. Aritmetičke sredine odstupanja u širini ( $\Delta$ širine) za linije od 0.1, 0.12, 0.14, 0.16, 0.18, 0.2, 0.22, 0.24, 0.26, 0.28, 0.3 mm .....	107
Slika 44. Mutnost ruba linije tijekom procesa tiska za linije širine: 0.09 mm; 0.1 mm; 0.2 mm; 0.3 mm	108
Slika 45. Aritmetičke sredine mutnosti ruba linija za sve četiri naklade .....	109
Slika 46. Nazubljenost ruba linije tijekom procesa tiska za linije širine: 0.09 mm; 0.1 mm; 0.2 mm; 0.3 mm .....	110
Slika 47. Aritmetičke sredine nazubljenosti ruba linije za sve četiri naklade .....	111
Slika 48. Zapunjenost linije tijekom procesa tiska za linije širine: 0.09 mm; 0.1 mm; 0.2 mm; 0.3 mm .....	112
Slika 49. Aritmetičke sredine zapunjenosti linije za sve četiri naklade .....	113
Slika 50. Trodimenzionalni prikaz presjeka linija širine 0.09 mm dobiven pomoću slikovne analize OM snimaka, za naklade: BnbO pp; UVB pp; BnbO pvc; UVB pvc .....	114
Slika 51. Kontrolni strip za određivanje optimalnog sivog balansa .....	115
Slika 52. Kolorimetrijske razlike boja ( $\Delta E_{00}$ ) između polja CMY i K za naklade: BnbO pp; UVBpp; BnbO pvc; UVB pvc .....	117
Slika 53. Vizualno ocjenjivanje razlike boje između polja CMY i K, za naklade: BnbO pp; UVB pp; BnbO pvc; UVB pvc [117] .....	118
Slika 54. Usporedba vrijednosti vizualnog ocjenjivanja (V.A.) i aritmetičke sredine kolorimetrijskih razlike boja (M.A.) .....	119
Slika 55. Kolorimetrijske razlike boja ( $\Delta E_{00}$ ) za par J i za par M .....	120
Slika 56. Kolorimetrijske razlike boja ( $\Delta E_{00}$ ) za par K i za par N .....	120
Slika 57. Kolorimetrijske razlike boja ( $\Delta E_{00}$ ) za par L i za par O .....	121
Slika 58. Kontrolni strip za određivanje prihvaćanja bojila na bojilo .....	122
Slika 59. Parametri prihvaćanja bojila na bojilo tijekom procesa tiska dobiveni prema tri metode za polja: Y+M; Y+C; M+C; Y+M+C .....	123
Slika 60. Prikazi površina koje nisu pokrivene sa zadnjim bojilom (dobiveni slikovnom analizom, ImageJ) .....	124

Slika 61. Usporedbu aritmetičke sredine parametra prihvaćanja bojila na bojilo dobivenih po tri metode i parametara slikovne analize (S.A.) .....	125
Slika 62. Kvalitativni parametri prihvaćanja bojila na bojilo dobivenih po Brunner metodi	126
Slika 63. Kontrolni strip za određivanje linearnosti gradacije rastertonskih vrijednosti .....	127
Slika 64. Gradacija rastertonskih vrijednosti od 0% do 25% s faktorom linearnosti za naklade: BnbO pp; UVB pp; BnbO pvc; UVB pvc .....	128
Slika 65. Gradacija rastertonskih vrijednosti od 0% do 100% s faktorom linearnosti za naklade: BnbO pp; UVB pp; BnbO pvc; UVB pvc .....	129
Slika 66. Usporedba linearnosti gradacije rastertonskih vrijednosti između naklada.....	130
Slika 67. Vrijednosti zrnatosti punog tona (mikro razina) .....	131
Slika 68. SEM slike s povećanjem od 2500x prikazuju mikro razinu punih tonova od naklade BnbO pp .....	132
Slika 69. SEM slike s povećanjem od 2500x prikazuju mikro razinu punih tonova kod naklade UVB pp .....	133
Slika 70. Vrijednosti nejednolične reprodukcije punog tonova (makro razina) .....	134
Slika 71. SEM slike s povećanjem od 100x prikazuju makro razinu punih tonova kod naklade BnbO pvc.....	135
Slika 72. SEM slike s povećanjem od 100x prikazuju makro razinu punih tonova kod naklade UVB pvc.....	136
Slika 73. Kontrolni strip za definiranje cirkularnosti rasterskog elementa i prirasta rastertonske vrijednosti .....	137
Slika 74. Cirkularnost rasterskog elementa na rastertonskoj vrijednosti od 5%.....	138
Slika 75. Cirkularnost rasterskog elementa na rastertonskoj vrijednosti od 30%.....	139
Slika 76. SEM slike s povećanjem od 100x prikazuju uzorke otisnute s 50% rastertonske vrijednosti od cijan bojila .....	140
Slika 77. Prirast rastertonske vrijednosti kod naklade otisnute s bojilom na bazi otapala na PP tiskovnoj podlozi .....	141
Slika 78. Prirast rastertonske vrijednosti kod naklade otisnute s 'UV bojilom' na PP tiskovnoj podlozi.....	142
Slika 79. Prirast rastertonske vrijednosti kod naklade otisnute s bojilom na bazi otapala na PVC tiskovnoj podlozi .....	143

Slika 80. Prirast rastertonske vrijednosti kod naklade otisnute s 'UV bojilom' na PVC tiskovnoj podlozi .....	144
Slika 81. Usporedba prirasta rastertonske vrijednosti između naklada.....	145
Slika 82. Usporedba prirasti rastertonske vrijednosti između naklada i ISO standarda 12647-6 [54] .....	146
Slika 83. Višebojne reprodukcije s različitim vrijednostima ukupna količina bojila na tiskovnoj podlozi (260%, 270%, 280%, 290% i 300%, te 300% s povećanim prirastom rastertonske vrijednosti od 34%).....	147
Slika 84. Vizualna ocjena ukupne količine bojila za kvalitetnu reprodukciju .....	148
Slika 85. Vizualna ocjena ukupne kvalitete reprodukcije svake pojedine naklade.....	150
Slika 86. Vizulna ocjena ukupne kvalitete reprodukcije bazirana na usporedbi između naklada .....	151
Slika 87. Kontrolni strip za ispitivanje reprodukcije imitacije metalnog efekta .....	152
Slika 88. Vizualna ocjena najbolje reprodukcija zlatne boje .....	153
Slika 89. Box and Wisheov prikaz vrijednosti varijable $X_1-X_4$ s podacima o medijanu, kvartilima, minimumu i maksimumu .....	157
Slika 90. Box and Wisheov prikaz vrijednosti varijable $X_5-X_8$ s podacima o medijanu, kvartilima, minimumu i maksimumu .....	158
Slika 91. Box and Wisheov prikaz vrijednosti varijable $X_9-X_{12}$ s podacima o medijanu, kvartilima, minimumu i maksimumu .....	159
Slika 92. Box and Wisheov prikaz vrijednosti varijable $X_{13}-X_{16}$ s podacima o medijanu, kvartilima, minimumu i maksimumu .....	160
Slika 93. Box and Wisheov prikaz vrijednosti varijable $X_{17}$ s podacima o medijanu, kvartilima, minimumu i maksimumu .....	160
Slika 94. Pregled rezultata dobivenih aparativnim i vizualnim analizama .....	193
Tablica 1. Karakteristika stezljivih i rastezljivih filmova [7] .....	14
Tablica 2. Karakteristike poli(vinil-kloridnih) materijala [8] .....	22
Tablica 3. Karakteristike lijevanog i biaksijalno-orijentiranih polipropilenskih materijala [8] .....	24
Tablica 4. Udio zastupljenosti pojedine tehnike na tržištu (izražen u postocima) [15].....	28

Tablica 5. Vrste fotopolimernih tiskovnih formi [15] .....	34
Tablica 6. Prikaz potrebnih linijatura rastriranog valjka s obzirom na izgled reprodukcije [6] .....	39
Tablica 7. Granične vrijednosti emisije u otpadnim plinovima i granične vrijednosti fugalnih emisija VOC spojeva za fleksografski tisak [39] .....	49
Tablica 8. Primjer sastava tiskarskog bojila na bazi otapala [34] .....	53
Tablica 9. Primjer sastava knjigotiskarskog bojila koje se suši UV energijom [34] .....	53
Tablica 10. Tolerancije Euclideanove razlike boja [57] .....	66
Tablica 11. Karakteristike tiskovnih podloga .....	84
Tablica 12. Karakteristike konvencionalnih bojila .....	85
Tablica 13. Karakteristike 'UV bojila' .....	85
Tablica 14. Volumen gamuta unutar naklada (CCU), aritmetička sredina volumena gamuta ( $\mu$ ) i relativna pogreška ( $r_p$ ) .....	103
Tablica 15. Opisuje način vrednovanja potrebne ukupne količine bojila na tiskovnoj podlozi .....	148
Tablica 16. Opisuje način vrednovanja potrebne ukupne kvalitete .....	149
Tablica 17. Opisuje način vrednovanja reprodukcije imitacije metalnog efekta .....	152
Tablica 18. Deskriptivna statistika varijabli $X_i, i=1, \dots, 17$ .....	156
Tablica 19. Matrica koeficijenata korelacije među varijabli prirasta rastertonske vrijednosti .....	161
Tablica 20. Matrica koeficijenata korelacije među varijabli prihvatanja bojila na bojilo .....	161
Tablica 21. Matrica koeficijenata korelacije među varijabli nejednolične reprodukcije punog tona .....	161
Tablica 22. Matrica koeficijenata korelacije među varijabli integralne gustoće obojenja .....	162
Tablica 23. Statistička značajnost kvalitativnih parametara za logistički regresijski model .....	166
Tablica 24. Vrijednosti procijenjenih $\beta_i$ i standardne pogreške od $\beta_i$ .....	167
Tablica 25. Rezultati Waldove statistike od varijabli s najvećim statističkim značajem za logistički regresijski model .....	168
Tablica 26. Kvaliteta čitavog logističkog regresijskog modela .....	168

Tablica 27. Vrijednosti procijenjenih koeficijenti $\beta_i$ i standardne pogreške od $\beta_i$ .....	169
Tablica 28. Vrijednosti modificiranog oddsa za 5 postotno povećanje vrijednosti u odnosu na raspon vrijednosti između minimuma i maksimuma izabranih varijabli $X_i$ , $i=1,4,5,7,8,11,14,15,16$ .....	170
Tablica 29. Varijable kod kojih povećanje vrijednosti od 5 posto daje povećanje šanse da je otisak VK. To su one varijable za koje je $MOR > 1$ . .....	170
Tablica 30. Varijable kod kojih povećanje vrijednosti od 5 posto daje smanjenje šanse da je otisak VK. To su one varijable za koje je $MOR < 1$ . .....	171
Tablica 31. Vrijednosti vjerojatnosti koje odgovaraju modificiranim oddsovima koje računamo prema formuli $p = MOR / (1 + MOR)$ . .....	171
Tablica 32. Kolorimetrijske vrijednosti punih polja .....	216
Tablica 33. Aritmetičke sredine denzitometrijskih vrijednosti punih polja (C,M,Y,K) .....	217
Tablica 34. Aritmetičke sredine denzitometrijskih vrijednosti punih polja (Y+M, Y+C, C+M, Y+C+M).....	218
Tablica 35. XYZ vrijednosti gamuta srednjeg dijela naklade otisnute s bojiлом na bazi otapala na polipropilenskoj podlozi .....	219
Tablica 36 . Aritmetičke sredine parametara reproduciranih linija.....	237
Tablica 37. Aritmetičke sredine kolorimetrijskih vrijednosti parova polja za definiranje optimalnog sivog balansa .....	239
Tablica 38. Vizualne ocjene parova polja koja sadrže najmanje razlike u obojenju .....	240
Tablica 39. Aritmetičke sredine denzitometrijskih vrijednosti rastriranih polja (C,M,Y,K) .	244
Tablica 40. Rezultati vizulne procjene ukupne kvalitete reprodukcije .....	248
Tablica 41. Rezultati vizulne procjene najbolje reprodukcije zlatne boje .....	249

## Prilozi

Tablica 32. Kolorimetrijske vrijednosti punih polja

	Aritmetičke sredine vrijednosti iz cijele naklade		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$
<b>PP</b>	92.2210	-1.1140	0.4750
<b>C BnbO pp</b>	57.5053	-41.0257	-45.1579
<b>M BnbO pp</b>	42.4583	73.7503	3.7014
<b>Y BnbO pp</b>	87.6636	-6.0561	92.7379
<b>K BnbO pp</b>	31.2461	1.8730	2.8465
<b>C UVB pp</b>	59.9821	-44.8497	-43.5343
<b>M UVB pp</b>	48.7736	73.4750	-12.2501
<b>Y UVB pp</b>	89.3863	-9.5996	87.1751
<b>K UVB pp</b>	24.3810	0.8712	0.2523
<b>Bijelo BnbO pvc</b>	95.4967	-0.2651	2.2165
<b>C BnbO pvc</b>	49.4414	-33.6921	-55.2224
<b>M BnbO pvc</b>	41.3240	78.5052	9.4640
<b>Y BnbO pvc</b>	90.4961	-3.7508	106.8792
<b>K BnbO pvc</b>	15.0920	1.1285	0.3515
<b>Bijelo UVB pvc</b>	96.4228	-0.4232	2.8899
<b>C UVB pvc</b>	56.3389	-41.3661	-51.5602
<b>M UVB pvc</b>	49.4885	77.4752	-2.3937
<b>Y UVB pvc</b>	92.9993	-6.8336	99.4807
<b>K UVB pvc</b>	15.6567	0.9625	0.4171

Tablica 33. Aritmetičke sredine denzitometrijskih vrijednosti punih polja (C,M,Y,K)

C bojilo				
	$D_K$	$D_c$	$D_M$	$D_Y$
BnbO pp	0.6244	1.3120	0.2756	0.1672
UVB pp	0.5968	1.342	0.2484	0.1644
BnbO pvc	0.8296	1.8196	0.4400	0.2348
UVB pvc	0.7052	1.5608	0.3288	0.1724
M bojilo				
	$D_K$	$D_c$	$D_M$	$D_Y$
BnbO pp	0.6752	0.1568	1.5992	0.7516
UVB pp	0.5812	0.1084	1.2776	0.4924
BnbO pvc	0.7156	0.1784	1.8940	0.8800
UVB pvc	0.5852	0.0992	1.3744	0.5948
Y bojilo				
	$D_K$	$D_c$	$D_M$	$D_Y$
BnbO pp	0.0420	0.0124	0.0748	1.3044
UVB pp	0.0364	0.0240	0.0536	1.3040
BnbO pvc	0.0400	0.0088	0.0796	1.5860
UVB pvc	0.0300	0.0048	0.0544	1.4764
K bojilo				
	$D_K$	$D_c$	$D_M$	$D_Y$
BnbO pp	1.0860	1.0436	1.1076	1.1528
UVB pp	1.3036	1.2848	1.3140	1.3216
BnbO pvc	1.6740	1.6500	1.6880	1.6584
UVB pvc	1.6644	1.6468	1.6736	1.6668

Tablica 34. Aritmetičke sredine denzitometrijskih vrijednosti punih polja  
(Y+M, Y+C, C+M, Y+C+M)

Y+M			
	D <sub>c</sub>	D <sub>M</sub>	D <sub>Y</sub>
BnbO pp	0.1392	1.5156	1.6452
UVB pp	0.0844	1.3048	1.6616
BnbO pvc	0.1676	1.7771	1.8167
UVB pvc	0.1004	1.4584	1.7956
Y+C			
	D <sub>c</sub>	D <sub>M</sub>	D <sub>Y</sub>
BnbO pp	1.4676	0.3632	1.3452
UVB pp	1.2752	0.2836	1.3296
BnbO pvc	1.7456	0.5092	1.7296
UVB pvc	1.494	0.3828	1.4904
C+M			
	D <sub>c</sub>	D <sub>M</sub>	D <sub>Y</sub>
BnbO pp	1.4960	1.6756	0.8052
UVB pp	1.3248	1.3572	0.5512
BnbO pvc	1.7632	2.0508	0.9808
UVB pvc	1.5384	1.4824	0.6688
Y+C+M			
	D <sub>c</sub>	D <sub>M</sub>	D <sub>Y</sub>
BnbO pp	1.4668	1.6064	1.6976
UVB pp	1.3384	1.4392	1.7076
BnbO pvc	1.7996	1.914	1.9236
UVB pvc	1.5416	1.5344	1.8328



Tablica 35. XYZ vrijednosti gamuta srednjeg dijela naklade otisnute s bojilom na bazi otapala na polipropilenskoj podlozi

```

PROP405
ORIGINATOR      "Printopen ICC - Heidelberger Druckmaschinen AG"
DESCRIPTOR      "Reference Table 4Color CMYK"
CREATED        "2004-06-11"
NUMBER OF FIELDS      8
BEGIN DATA FORMAT
SAMPLE ID XYZ_X XYZ_Y XYZ_Z CMYK_C CMYK_M CMYK_Y CMYK_K
END DATA FORMAT
NUMBER OF SETS 210
BEGIN DATA
A01 72.371 76.088 80.701 5.000 5.000 5.000 0.000
A02 71.200 75.079 78.055 10.000 10.000 10.000 0.000
A03 54.087 56.717 56.432 20.000 20.000 20.000 0.000
A04 36.386 37.285 35.195 30.000 30.000 30.000 0.000
A05 27.192 27.397 24.193 40.000 40.000 40.000 0.000
A06 19.350 19.226 16.381 50.000 50.000 50.000 0.000
A07 14.141 13.776 11.345 60.000 60.000 60.000 0.000
A08 7.734 7.368 6.455 70.000 70.000 70.000 0.000
A09 5.076 4.689 4.173 80.000 80.000 80.000 0.000
A10 2.977 2.820 2.999 90.000 90.000 90.000 0.000
A11 48.541 41.781 46.477 0.000 40.000 0.000 0.000
A12 41.046 36.645 45.835 20.000 40.000 0.000 0.000
A13 30.208 28.559 43.567 40.000 40.000 0.000 0.000
A14 17.581 19.002 41.178 70.000 40.000 0.000 0.000
A15 11.129 13.776 38.800 100.000 40.000 0.000 0.000
B01 80.242 84.993 90.983 0.000 0.000 0.000 0.000
B02 67.716 73.089 86.771 20.000 0.000 0.000 0.000
B03 50.799 57.966 82.972 40.000 0.000 0.000 0.000
B04 29.353 37.701 75.771 70.000 0.000 0.000 0.000
B05 19.997 28.750 72.668 100.000 0.000 0.000 0.000
B06 65.860 65.596 70.723 0.000 20.000 0.000 0.000
B07 55.531 55.993 67.015 20.000 20.000 0.000 0.000
B08 39.918 43.125 64.263 40.000 20.000 0.000 0.000
B09 24.056 29.248 59.748 70.000 20.000 0.000 0.000
B10 15.567 21.248 56.214 100.000 20.000 0.000 0.000
B11 9.483 12.442 30.538 100.000 40.000 20.000 0.000
B12 15.249 17.199 32.299 70.000 40.000 20.000 0.000
B13 26.691 25.594 33.840 40.000 40.000 20.000 0.000
B14 37.516 33.383 34.738 20.000 40.000 20.000 0.000
B15 45.435 39.164 35.488 0.000 40.000 20.000 0.000
C01 3.950 2.443 11.998 100.000 100.000 0.000 0.000
C02 7.478 4.039 12.163 70.000 100.000 0.000 0.000
C03 14.936 7.625 13.488 40.000 100.000 0.000 0.000
C04 21.662 11.029 14.403 20.000 100.000 0.000 0.000
C05 26.021 12.774 13.834 0.000 100.000 0.000 0.000
C06 6.482 6.163 22.294 100.000 70.000 0.000 0.000
C07 11.488 9.404 23.068 70.000 70.000 0.000 0.000
C08 19.536 13.991 23.482 40.000 70.000 0.000 0.000
C09 27.046 18.061 23.922 20.000 70.000 0.000 0.000
C10 32.379 20.782 23.598 0.000 70.000 0.000 0.000
C11 31.883 20.565 19.416 0.000 70.000 20.000 0.000
C12 27.216 18.243 19.410 20.000 70.000 20.000 0.000
C13 19.559 13.755 18.746 40.000 70.000 20.000 0.000
C14 10.186 8.325 18.154 70.000 70.000 20.000 0.000
C15 5.313 5.241 16.797 100.000 70.000 20.000 0.000

```

D01	76.060	81.921	69.980	0.000	0.000	20.000	0.000
D02	65.201	71.630	67.707	20.000	0.000	20.000	0.000
D03	47.997	56.169	64.844	40.000	0.000	20.000	0.000
D04	26.360	35.648	58.511	70.000	0.000	20.000	0.000
D05	17.159	26.715	57.576	100.000	0.000	20.000	0.000
D06	61.730	61.656	54.817	0.000	20.000	20.000	0.000
D07	52.407	53.212	52.962	20.000	20.000	20.000	0.000
D08	37.225	40.579	49.505	40.000	20.000	20.000	0.000
D09	21.858	27.332	46.390	70.000	20.000	20.000	0.000
D10	13.091	19.381	42.813	100.000	20.000	20.000	0.000
D11	4.196	4.719	11.238	100.000	70.000	40.000	0.000
D12	8.641	7.649	12.271	70.000	70.000	40.000	0.000
D13	17.374	12.715	12.896	40.000	70.000	40.000	0.000
D14	25.202	17.271	13.270	20.000	70.000	40.000	0.000
D15	30.805	20.655	13.009	0.000	70.000	40.000	0.000
E01	3.699	2.498	10.057	100.000	100.000	20.000	0.000
E02	7.157	4.030	10.085	70.000	100.000	20.000	0.000
E03	14.506	7.714	10.957	40.000	100.000	20.000	0.000
E04	20.893	10.846	11.647	20.000	100.000	20.000	0.000
E05	25.851	13.211	11.509	0.000	100.000	20.000	0.000
E06	3.082	2.359	7.488	100.000	100.000	40.000	0.000
E07	7.037	4.253	7.571	70.000	100.000	40.000	0.000
E08	13.939	7.667	7.697	40.000	100.000	40.000	0.000
E09	20.285	10.828	7.714	20.000	100.000	40.000	0.000
E10	24.964	12.846	7.803	0.000	100.000	40.000	0.000
E11	44.019	38.833	25.028	0.000	40.000	40.000	0.000
E12	37.885	34.631	24.308	20.000	40.000	40.000	0.000
E13	27.284	26.630	23.750	40.000	40.000	40.000	0.000
E14	14.831	17.408	23.157	70.000	40.000	40.000	0.000
E15	8.133	12.097	22.461	100.000	40.000	40.000	0.000
F01	71.728	78.991	46.534	0.000	0.000	40.000	0.000
F02	61.587	69.498	44.864	20.000	0.000	40.000	0.000
F03	44.138	53.706	42.417	40.000	0.000	40.000	0.000
F04	23.504	34.199	39.121	70.000	0.000	40.000	0.000
F05	13.695	24.535	39.158	100.000	0.000	40.000	0.000
F06	57.773	58.997	35.739	0.000	20.000	40.000	0.000
F07	48.868	50.870	34.657	20.000	20.000	40.000	0.000
F08	34.461	38.957	32.938	40.000	20.000	40.000	0.000
F09	19.177	25.594	31.298	70.000	20.000	40.000	0.000
F10	10.195	17.376	28.265	100.000	20.000	40.000	0.000
F11	5.416	9.937	9.679	100.000	40.000	70.000	0.000
F12	11.668	15.063	10.285	70.000	40.000	70.000	0.000
F13	23.085	23.487	11.117	40.000	40.000	70.000	0.000
F14	33.568	31.121	11.310	20.000	40.000	70.000	0.000
F15	40.816	36.315	10.849	0.000	40.000	70.000	0.000
G01	2.324	2.074	3.637	100.000	100.000	70.000	0.000
G02	5.699	3.693	3.848	70.000	100.000	70.000	0.000
G03	12.527	7.041	3.978	40.000	100.000	70.000	0.000
G04	19.153	10.417	4.398	20.000	100.000	70.000	0.000
G05	24.708	13.004	4.384	0.000	100.000	70.000	0.000
G06	3.534	4.859	6.579	100.000	70.000	70.000	0.000
G07	8.441	7.979	6.814	70.000	70.000	70.000	0.000
G08	16.452	12.819	6.704	40.000	70.000	70.000	0.000
G09	23.710	16.739	6.653	20.000	70.000	70.000	0.000
G10	29.152	19.773	6.947	0.000	70.000	70.000	0.000
G11	67.331	76.045	20.464	0.000	0.000	70.000	0.000
G12	55.890	65.479	20.198	20.000	0.000	70.000	0.000
G13	39.416	50.262	20.248	40.000	0.000	70.000	0.000

G14	20.007	31.948	18.742	70.000	0.000	70.000	0.000
G15	9.658	21.693	18.888	100.000	0.000	70.000	0.000
H01	39.946	36.157	5.791	0.000	40.000	100.000	0.000
H02	32.687	29.810	5.679	20.000	40.000	100.000	0.000
H03	23.168	23.369	5.273	40.000	40.000	100.000	0.000
H04	8.733	10.314	4.917	70.000	40.000	100.000	0.000
H05	4.540	9.484	5.012	100.000	40.000	100.000	0.000
H06	52.152	53.791	16.434	0.000	20.000	70.000	0.000
H07	44.136	46.985	16.262	20.000	20.000	70.000	0.000
H08	30.271	35.648	15.138	40.000	20.000	70.000	0.000
H09	15.566	22.872	14.329	70.000	20.000	70.000	0.000
H10	7.059	15.085	13.113	100.000	20.000	70.000	0.000
H11	2.001	2.008	2.533	100.000	100.000	100.000	0.000
H12	5.435	3.708	2.586	70.000	100.000	100.000	0.000
H13	12.346	7.116	2.683	40.000	100.000	100.000	0.000
H14	19.555	10.858	2.901	20.000	100.000	100.000	0.000
H15	23.872	12.702	2.706	0.000	100.000	100.000	0.000
I01	6.909	16.058	7.539	100.000	20.000	100.000	0.000
I02	14.302	23.212	7.599	70.000	20.000	100.000	0.000
I03	29.398	36.804	7.869	40.000	20.000	100.000	0.000
I04	42.709	48.214	8.092	20.000	20.000	100.000	0.000
I05	54.549	58.308	7.940	0.000	20.000	100.000	0.000
I06	3.002	4.599	3.662	100.000	70.000	100.000	0.000
I07	7.519	7.363	3.870	70.000	70.000	100.000	0.000
I08	15.555	12.192	3.595	40.000	70.000	100.000	0.000
I09	22.634	15.905	3.740	20.000	70.000	100.000	0.000
I10	28.491	19.028	3.699	0.000	70.000	100.000	0.000
I11	65.083	74.079	8.992	0.000	0.000	100.000	0.000
I12	54.369	64.200	8.862	20.000	0.000	100.000	0.000
I13	37.794	49.078	8.787	40.000	0.000	100.000	0.000
I14	18.128	30.274	8.306	70.000	0.000	100.000	0.000
I15	7.272	19.459	7.784	100.000	0.000	100.000	0.000
J01	49.919	51.731	49.798	20.000	20.000	20.000	10.000
J02	42.441	43.406	42.611	20.000	20.000	20.000	20.000
J03	34.570	35.156	34.528	20.000	20.000	20.000	30.000
J04	20.542	19.844	19.662	20.000	20.000	20.000	50.000
J05	10.859	11.035	11.090	20.000	20.000	20.000	80.000
J06	8.389	8.498	8.528	20.000	20.000	20.000	90.000
J07	6.808	6.931	7.017	20.000	20.000	20.000	100.000
J08	80.105	84.854	90.805	0.000	0.000	0.000	0.000
J09	9.066	9.382	9.456	0.000	0.000	0.000	100.000
J10	11.478	11.902	11.914	0.000	0.000	0.000	90.000
J11	14.743	15.365	15.729	0.000	0.000	0.000	80.000
J12	34.377	36.184	38.321	0.000	0.000	0.000	50.000
J13	49.071	51.798	55.249	0.000	0.000	0.000	30.000
J14	61.514	65.070	69.704	0.000	0.000	0.000	20.000
J15	73.675	78.022	83.713	0.000	0.000	0.000	10.000
K01	3.801	3.889	4.028	40.000	40.000	40.000	100.000
K02	4.303	4.361	4.594	40.000	40.000	40.000	90.000
K03	5.695	5.710	6.038	40.000	40.000	40.000	80.000
K04	12.183	12.237	11.971	40.000	40.000	40.000	50.000
K05	16.862	16.960	16.195	40.000	40.000	40.000	30.000
K06	20.377	20.538	19.706	40.000	40.000	40.000	20.000
K07	24.864	24.892	22.608	40.000	40.000	40.000	10.000
K08	1.420	1.444	1.804	100.000	100.000	100.000	100.000
K09	7.634	7.076	6.054	70.000	70.000	70.000	10.000
K10	6.398	5.830	5.469	70.000	70.000	70.000	20.000
K11	5.151	4.656	4.654	70.000	70.000	70.000	30.000

K12	4.061	3.742	3.815	70.000	70.000	70.000	50.000
K13	2.367	2.261	2.508	70.000	70.000	70.000	80.000
K14	2.068	2.058	2.258	70.000	70.000	70.000	90.000
K15	1.888	1.898	2.211	70.000	70.000	70.000	100.000
L01	2.157	2.203	2.906	100.000	100.000	100.000	10.000
L02	1.863	1.909	2.556	100.000	100.000	100.000	20.000
L03	1.734	1.796	2.354	100.000	100.000	100.000	30.000
L04	1.419	1.431	1.949	100.000	100.000	100.000	50.000
L05	1.247	1.315	1.707	100.000	100.000	100.000	80.000
L06	1.322	1.359	1.737	100.000	100.000	100.000	90.000
L07	5.577	5.365	7.108	40.000	40.000	0.000	90.000
L08	13.988	13.011	19.976	40.000	40.000	0.000	50.000
L09	7.025	8.047	7.181	40.000	0.000	40.000	90.000
L10	19.850	24.122	19.101	40.000	0.000	40.000	50.000
L11	6.657	6.143	5.062	0.000	40.000	40.000	90.000
L12	20.458	18.545	12.353	0.000	40.000	40.000	50.000
L13	34.882	30.567	20.098	0.000	40.000	40.000	20.000
L14	34.053	41.623	32.622	40.000	0.000	40.000	20.000
L15	23.468	21.984	34.189	40.000	40.000	0.000	20.000
M01	9.657	13.556	31.683	100.000	0.000	0.000	50.000
M02	11.275	6.212	7.036	0.000	100.000	0.000	50.000
M03	26.860	30.321	5.337	0.000	0.000	100.000	50.000
M04	3.444	4.500	8.775	100.000	0.000	0.000	90.000
M05	4.230	3.082	3.686	0.000	100.000	0.000	90.000
M06	7.415	8.095	2.789	0.000	0.000	100.000	90.000
M07	77.274	81.966	89.519	5.000	0.000	0.000	0.000
M08	76.504	80.190	85.827	0.000	5.000	0.000	0.000
M09	79.406	84.275	87.685	0.000	0.000	5.000	0.000
M10	45.335	46.813	13.215	14.000	25.000	74.000	0.000
M11	44.090	50.475	14.847	25.000	14.000	74.000	0.000
M12	21.680	29.845	45.145	74.000	14.000	25.000	0.000
M13	19.754	24.323	45.811	74.000	25.000	14.000	0.000
M14	23.531	14.924	18.005	25.000	74.000	14.000	0.000
M15	26.492	16.334	15.207	14.000	74.000	25.000	0.000
N01	10.494	6.155	2.373	0.000	100.000	100.000	50.000
N02	3.975	9.356	4.583	100.000	0.000	100.000	50.000
N03	2.552	1.912	6.821	100.000	100.000	0.000	50.000
N04	3.988	2.728	1.978	0.000	100.000	100.000	90.000
N05	1.917	3.301	2.304	100.000	0.000	100.000	90.000
N06	1.681	1.563	3.114	100.000	100.000	0.000	90.000
N07	18.953	10.331	2.721	0.000	100.000	100.000	20.000
N08	6.138	15.761	6.625	100.000	0.000	100.000	20.000
N09	3.341	2.191	10.350	100.000	100.000	0.000	20.000
N10	16.791	24.062	59.146	100.000	0.000	0.000	20.000
N11	20.803	10.572	11.761	0.000	100.000	0.000	20.000
N12	50.683	57.446	7.556	0.000	0.000	100.000	20.000
N13	73.502	77.040	84.021	5.000	5.000	0.000	0.000
N14	75.415	78.991	81.888	0.000	5.000	5.000	0.000
N15	76.675	81.537	85.625	5.000	0.000	5.000	0.000
END	DATA						

Tablica XYZ vrijednosti gamuta srednjeg dijela naklade otisnute s bojilom koje se suše s UV energijom na polipropilenskoj podlozi

```

PROP405
ORIGINATOR      "Printopen ICC - Heidelberger Druckmaschinen AG"
DESCRIPTOR      "Reference Table 4Color CMYK"
CREATED        "2004-06-11"
NUMBER_OF_FIELDS 8
BEGIN_DATA_FORMAT
SAMPLE_ID XYZ_X XYZ_Y XYZ_Z CMYK_C CMYK_M CMYK_Y CMYK_K
END_DATA_FORMAT
NUMBER_OF_SETS 210
BEGIN_DATA
A01 74.459 79.035 84.102 5.000 5.000 5.000 0.000
A02 70.278 74.674 77.523 10.000 10.000 10.000 0.000
A03 55.272 58.634 60.185 20.000 20.000 20.000 0.000
A04 42.767 44.982 46.388 30.000 30.000 30.000 0.000
A05 33.807 35.557 36.734 40.000 40.000 40.000 0.000
A06 27.178 28.402 28.187 50.000 50.000 50.000 0.000
A07 21.060 21.965 21.727 60.000 60.000 60.000 0.000
A08 12.504 12.978 12.607 70.000 70.000 70.000 0.000
A09 8.906 9.657 9.061 80.000 80.000 80.000 0.000
A10 5.111 5.299 5.587 90.000 90.000 90.000 0.000
A11 58.734 53.195 63.608 0.000 40.000 0.000 0.000
A12 50.355 47.361 63.751 20.000 40.000 0.000 0.000
A13 35.320 34.835 55.263 40.000 40.000 0.000 0.000
A14 22.780 25.107 52.191 70.000 40.000 0.000 0.000
A15 13.539 17.578 49.878 100.000 40.000 0.000 0.000
B01 68.350 72.482 81.518 0.000 0.000 0.000 0.000
B02 67.415 73.404 85.040 20.000 0.000 0.000 0.000
B03 52.049 59.143 80.344 40.000 0.000 0.000 0.000
B04 32.201 40.806 72.152 70.000 0.000 0.000 0.000
B05 19.775 29.237 68.559 100.000 0.000 0.000 0.000
B06 64.828 64.335 71.669 0.000 20.000 0.000 0.000
B07 54.683 56.011 68.704 20.000 20.000 0.000 0.000
B08 42.852 46.130 65.887 40.000 20.000 0.000 0.000
B09 28.078 33.821 63.088 70.000 20.000 0.000 0.000
B10 17.025 24.052 59.585 100.000 20.000 0.000 0.000
B11 12.604 17.692 41.028 100.000 40.000 20.000 0.000
B12 23.087 26.619 44.846 70.000 40.000 20.000 0.000
B13 36.190 36.328 46.708 40.000 40.000 20.000 0.000
B14 47.602 45.500 50.319 20.000 40.000 20.000 0.000
B15 55.276 50.886 49.576 0.000 40.000 20.000 0.000
C01 6.233 3.650 22.656 100.000 100.000 0.000 0.000
C02 12.698 7.179 25.389 70.000 100.000 0.000 0.000
C03 20.923 11.233 25.494 40.000 100.000 0.000 0.000
C04 26.501 13.721 25.771 20.000 100.000 0.000 0.000
C05 32.000 16.280 25.923 0.000 100.000 0.000 0.000
C06 9.781 10.015 36.104 100.000 70.000 0.000 0.000
C07 16.576 14.428 36.850 70.000 70.000 0.000 0.000
C08 28.184 21.843 39.748 40.000 70.000 0.000 0.000
C09 36.100 27.277 41.688 20.000 70.000 0.000 0.000
C10 42.155 29.683 40.822 0.000 70.000 0.000 0.000
C11 41.917 30.332 34.546 0.000 70.000 20.000 0.000
C12 50.534 25.605 33.360 20.000 70.000 20.000 0.000
C13 26.427 21.074 32.163 40.000 70.000 20.000 0.000
C14 14.888 13.632 29.021 70.000 70.000 20.000 0.000

```

C15	8.249	9.165	28.052	100.000	70.000	20.000	0.000
D01	76.659	83.127	72.024	0.000	0.000	20.000	0.000
D02	64.342	71.920	69.618	20.000	0.000	20.000	0.000
D03	50.527	59.270	66.632	40.000	0.000	20.000	0.000
D04	31.890	42.260	63.147	70.000	0.000	20.000	0.000
D05	19.023	30.076	60.232	100.000	0.000	20.000	0.000
D06	65.230	66.203	58.889	0.000	20.000	20.000	0.000
D07	55.672	58.489	58.282	20.000	20.000	20.000	0.000
D08	44.170	49.078	57.372	40.000	20.000	20.000	0.000
D09	30.231	37.782	59.450	70.000	20.000	20.000	0.000
D10	16.342	24.718	52.618	100.000	20.000	20.000	0.000
D11	7.876	9.377	22.712	100.000	70.000	40.000	0.000
D12	15.161	14.208	23.099	70.000	70.000	40.000	0.000
D13	25.400	20.538	23.951	40.000	70.000	40.000	0.000
D14	33.079	25.345	25.209	20.000	70.000	40.000	0.000
D15	39.945	29.568	25.644	0.000	70.000	40.000	0.000
E01	5.691	3.673	19.108	100.000	100.000	20.000	0.000
E02	11.828	7.045	21.115	70.000	100.000	20.000	0.000
E03	20.072	11.143	21.196	40.000	100.000	20.000	0.000
E04	26.411	14.321	22.304	20.000	100.000	20.000	0.000
E05	31.809	16.669	22.129	0.000	100.000	20.000	0.000
E06	5.137	3.665	15.461	100.000	100.000	40.000	0.000
E07	10.704	6.823	16.235	70.000	100.000	40.000	0.000
E08	19.162	10.858	16.666	40.000	100.000	40.000	0.000
E09	25.286	14.236	17.481	20.000	100.000	40.000	0.000
E10	30.601	16.265	16.975	0.000	100.000	40.000	0.000
E11	54.068	51.084	38.797	0.000	40.000	40.000	0.000
E12	44.295	43.570	37.919	20.000	40.000	40.000	0.000
E13	33.963	35.440	36.092	40.000	40.000	40.000	0.000
E14	19.289	23.134	32.482	70.000	40.000	40.000	0.000
E15	10.778	16.273	31.646	100.000	40.000	40.000	0.000
F01	72.224	79.900	53.578	0.000	0.000	40.000	0.000
F02	62.703	71.795	54.191	20.000	0.000	40.000	0.000
F03	47.652	57.572	50.820	40.000	0.000	40.000	0.000
F04	29.541	41.006	48.124	70.000	0.000	40.000	0.000
F05	16.425	28.435	45.749	100.000	0.000	40.000	0.000
F06	60.792	63.338	40.962	0.000	20.000	40.000	0.000
F07	51.977	55.976	41.792	20.000	20.000	40.000	0.000
F08	40.408	46.177	41.113	40.000	20.000	40.000	0.000
F09	25.713	33.720	41.285	70.000	20.000	40.000	0.000
F10	14.325	23.684	15.183	100.000	20.000	40.000	0.000
F11	9.030	16.450	17.431	100.000	40.000	70.000	0.000
F12	19.193	24.933	17.948	70.000	40.000	70.000	0.000
F13	31.193	33.796	17.442	40.000	40.000	70.000	0.000
F14	41.337	41.738	19.330	20.000	40.000	70.000	0.000
F15	49.594	47.771	19.766	0.000	40.000	70.000	0.000
G01	3.776	3.222	7.920	100.000	100.000	70.000	0.000
G02	9.117	6.111	8.538	70.000	100.000	70.000	0.000
G03	17.249	10.167	8.446	40.000	100.000	70.000	0.000
G04	23.378	13.211	9.147	20.000	100.000	70.000	0.000
G05	29.533	16.257	9.192	0.000	100.000	70.000	0.000
G06	5.803	8.483	12.230	100.000	70.000	70.000	0.000
G07	12.403	13.064	12.898	70.000	70.000	70.000	0.000
G08	23.457	20.180	13.460	40.000	70.000	70.000	0.000
G09	31.589	25.972	13.772	20.000	70.000	70.000	0.000
G10	37.545	28.447	13.409	0.000	70.000	70.000	0.000
G11	67.310	77.127	26.477	0.000	0.000	70.000	0.000
G12	55.541	66.597	27.171	20.000	0.000	70.000	0.000

G13	39.090	50.148	25.910	40.000	0.000	70.000	0.000
G14	21.923	33.309	23.973	70.000	0.000	70.000	0.000
G15	11.751	24.243	23.405	100.000	0.000	70.000	0.000
H01	49.090	48.901	8.617	0.000	40.000	100.000	0.000
H02	40.286	42.158	8.014	20.000	40.000	100.000	0.000
H03	30.539	34.618	7.953	40.000	40.000	100.000	0.000
H04	16.615	23.320	7.874	70.000	40.000	100.000	0.000
H05	7.354	15.716	7.255	100.000	40.000	100.000	0.000
H06	58.775	63.224	20.665	0.000	20.000	70.000	0.000
H07	50.367	56.557	22.122	20.000	20.000	70.000	0.000
H08	36.880	44.755	20.923	40.000	20.000	70.000	0.000
H09	21.984	31.876	21.261	70.000	20.000	70.000	0.000
H10	10.999	21.805	20.581	100.000	20.000	70.000	0.000
H11	3.451	3.577	3.346	100.000	100.000	100.000	0.000
H12	9.553	6.997	3.639	70.000	100.000	100.000	0.000
H13	17.118	10.354	3.088	40.000	100.000	100.000	0.000
H14	23.383	13.632	3.225	20.000	100.000	100.000	0.000
H15	28.645	16.088	3.445	0.000	100.000	100.000	0.000
I01	8.543	20.305	9.006	100.000	20.000	100.000	0.000
I02	18.561	29.431	9.881	70.000	20.000	100.000	0.000
I03	34.234	43.170	9.776	40.000	20.000	100.000	0.000
I04	45.274	52.755	10.305	20.000	20.000	100.000	0.000
I05	57.576	63.129	10.327	0.000	20.000	100.000	0.000
I06	4.512	7.621	4.693	100.000	70.000	100.000	0.000
I07	10.835	11.896	5.200	70.000	70.000	100.000	0.000
I08	21.419	18.756	5.200	40.000	70.000	100.000	0.000
I09	29.341	24.122	5.398	20.000	70.000	100.000	0.000
I10	35.112	26.469	5.053	0.000	70.000	100.000	0.000
I11	58.878	69.234	10.987	0.000	0.000	100.000	0.000
I12	45.804	56.699	10.377	20.000	0.000	100.000	0.000
I13	34.250	45.669	10.131	40.000	0.000	100.000	0.000
I14	19.481	31.839	10.320	70.000	0.000	100.000	0.000
I15	8.785	21.572	9.623	100.000	0.000	100.000	0.000
J01	51.261	53.433	55.126	20.000	20.000	20.000	10.000
J02	44.895	46.829	48.147	20.000	20.000	20.000	20.000
J03	38.531	40.212	41.433	20.000	20.000	20.000	30.000
J04	28.324	30.007	30.763	20.000	20.000	20.000	50.000
J05	12.812	13.407	13.953	20.000	20.000	20.000	80.000
J06	7.517	7.913	8.013	20.000	20.000	20.000	90.000
J07	4.761	4.977	5.292	20.000	20.000	20.000	100.000
J08	79.881	84.622	90.599	0.000	0.000	0.000	0.000
J09	4.414	4.586	4.893	0.000	0.000	0.000	100.000
J10	9.503	9.954	10.786	0.000	0.000	0.000	90.000
J11	14.684	15.439	16.773	0.000	0.000	0.000	80.000
J12	38.765	40.977	44.988	0.000	0.000	0.000	50.000
J13	52.611	55.660	60.351	0.000	0.000	0.000	30.000
J14	57.745	61.151	67.838	0.000	0.000	0.000	20.000
J15	72.575	76.845	82.471	0.000	0.000	0.000	10.000
K01	4.751	5.019	5.586	40.000	40.000	40.000	100.000
K02	5.074	5.328	5.426	40.000	40.000	40.000	90.000
K03	7.712	8.114	8.217	40.000	40.000	40.000	80.000
K04	18.033	18.900	19.356	40.000	40.000	40.000	50.000
K05	23.467	24.678	25.437	40.000	40.000	40.000	30.000
K06	27.786	29.168	29.475	40.000	40.000	40.000	20.000
K07	31.684	33.110	33.414	40.000	40.000	40.000	10.000
K08	1.299	1.394	1.505	100.000	100.000	100.000	100.000
K09	11.835	12.455	11.551	70.000	70.000	70.000	10.000



K10	10.132	10.417	9.963	70.000	70.000	70.000	20.000
K11	9.445	9.701	8.974	70.000	70.000	70.000	30.000
K12	7.592	7.865	7.279	70.000	70.000	70.000	50.000
K13	3.859	4.063	3.750	70.000	70.000	70.000	80.000
K14	3.041	3.240	3.169	70.000	70.000	70.000	90.000
K15	3.623	3.880	4.076	70.000	70.000	70.000	100.000
L01	3.324	3.306	3.475	100.000	100.000	100.000	10.000
L02	3.060	3.049	3.011	100.000	100.000	100.000	20.000
L03	2.673	2.719	2.786	100.000	100.000	100.000	30.000
L04	2.129	2.115	2.128	100.000	100.000	100.000	50.000
L05	1.370	1.423	1.481	100.000	100.000	100.000	80.000
L06	1.178	1.272	1.263	100.000	100.000	100.000	90.000
L07	6.204	6.273	8.713	40.000	40.000	0.000	90.000
L08	20.274	20.189	30.933	40.000	40.000	0.000	50.000
L09	6.740	7.832	7.300	40.000	0.000	40.000	90.000
L10	23.621	28.268	24.780	40.000	0.000	40.000	50.000
L11	7.017	6.888	5.863	0.000	40.000	40.000	90.000
L12	24.905	23.912	18.643	0.000	40.000	40.000	50.000
L13	43.333	40.778	31.098	0.000	40.000	40.000	20.000
L14	39.039	46.953	40.133	40.000	0.000	40.000	20.000
L15	32.331	31.719	47.155	40.000	40.000	0.000	20.000
M01	10.320	15.276	35.038	100.000	0.000	0.000	50.000
M02	14.391	7.593	12.735	0.000	100.000	0.000	50.000
M03	30.629	35.765	6.545	0.000	0.000	100.000	50.000
M04	3.377	4.825	10.273	100.000	0.000	0.000	90.000
M05	4.690	2.820	4.467	0.000	100.000	0.000	90.000
M06	9.160	10.474	2.674	0.000	0.000	100.000	90.000
M07	76.165	81.221	88.706	5.000	0.000	0.000	0.000
M08	77.926	81.740	87.991	0.000	5.000	0.000	0.000
M09	79.187	84.322	86.467	0.000	0.000	5.000	0.000
M10	48.399	52.401	19.473	14.000	25.000	74.000	0.000
M11	41.211	48.885	19.843	25.000	14.000	74.000	0.000
M12	22.852	30.332	48.689	74.000	14.000	25.000	0.000
M13	21.722	26.544	50.004	74.000	25.000	14.000	0.000
M14	27.447	20.047	30.774	25.000	74.000	14.000	0.000
M15	35.064	25.077	29.354	14.000	74.000	25.000	0.000
N01	13.540	7.898	2.245	0.000	100.000	100.000	50.000
N02	5.397	12.695	5.711	100.000	0.000	100.000	50.000
N03	4.040	2.737	13.621	100.000	100.000	0.000	50.000
N04	3.914	2.631	1.258	0.000	100.000	100.000	90.000
N05	2.238	4.196	2.353	100.000	0.000	100.000	90.000
N06	1.640	1.385	4.155	100.000	100.000	0.000	90.000
N07	22.201	13.091	2.824	0.000	100.000	100.000	20.000
N08	8.507	20.260	8.202	100.000	0.000	100.000	20.000
N09	6.252	4.240	21.560	100.000	100.000	0.000	20.000
N10	6.117	10.167	29.404	100.000	0.000	0.000	20.000
N11	26.303	14.385	23.304	0.000	100.000	0.000	20.000
N12	51.002	59.654	9.134	0.000	0.000	100.000	20.000
N13	77.372	81.221	97.289	5.000	5.000	0.000	0.000
N14	66.941	70.476	76.620	0.000	5.000	5.000	0.000
N15	77.458	82.693	86.140	5.000	0.000	5.000	0.000
END_DATA							



Tablica XYZ vrijednosti gamuta srednjeg dijela naklade otisnute s bojilom na bazi otapala na poli(vinil-kloridnoj) podlozi

PROP405

ORIGINATOR "Printopen ICC - Heidelberger Druckmaschinen AG"

DESCRIPTOR "Reference Table 4Color CMYK"

CREATED "2004-06-11"

NUMBER\_OF\_FIELDS 8

BEGIN\_DATA\_FORMAT

SAMPLE\_ID XYZ\_X XYZ\_Y XYZ\_Z CMYK\_C CMYK\_M CMYK\_Y CMYK\_K

END\_DATA\_FORMAT

NUMBER\_OF\_SETS 210

BEGIN\_DATA

A01	73.980	77.320	77.680	5.000	5.000	5.000	0.000
A02	73.870	77.200	77.820	10.000	10.000	10.000	0.000
A03	51.940	54.030	54.020	20.000	20.000	20.000	0.000
A04	30.470	31.160	32.360	30.000	30.000	30.000	0.000
A05	21.150	21.200	21.710	40.000	40.000	40.000	0.000
A06	13.920	14.150	14.120	50.000	50.000	50.000	0.000
A07	10.010	10.050	9.490	60.000	60.000	60.000	0.000
A08	5.660	5.590	5.380	70.000	70.000	70.000	0.000
A09	3.690	3.620	3.400	80.000	80.000	80.000	0.000
A10	2.170	2.240	2.270	90.000	90.000	90.000	0.000
A11	48.400	40.300	46.160	0.000	40.000	0.000	0.000
A12	37.790	32.670	43.600	20.000	40.000	0.000	0.000
A13	24.300	22.440	39.090	40.000	40.000	0.000	0.000
A14	13.960	14.560	36.910	70.000	40.000	0.000	0.000
A15	6.710	7.770	27.270	100.000	40.000	0.000	0.000
B01	79.100	83.450	87.720	0.000	0.000	0.000	0.000
B02	65.760	70.800	84.620	20.000	0.000	0.000	0.000
B03	41.710	48.030	76.910	40.000	0.000	0.000	0.000
B04	24.010	30.140	69.060	70.000	0.000	0.000	0.000
B05	14.230	19.100	62.270	100.000	0.000	0.000	0.000
B06	66.520	64.960	70.240	0.000	20.000	0.000	0.000
B07	53.280	53.350	66.430	20.000	20.000	0.000	0.000
B08	34.100	36.610	60.550	40.000	20.000	0.000	0.000
B09	18.920	22.340	53.840	70.000	20.000	0.000	0.000
B10	11.620	14.890	48.990	100.000	20.000	0.000	0.000
B11	6.840	8.440	26.250	100.000	40.000	20.000	0.000
B12	11.830	12.890	28.600	70.000	40.000	20.000	0.000
B13	21.850	20.470	30.990	40.000	40.000	20.000	0.000
B14	33.650	29.070	32.220	20.000	40.000	20.000	0.000
B15	44.310	36.430	34.290	0.000	40.000	20.000	0.000
C01	2.720	1.550	9.050	100.000	100.000	0.000	0.000
C02	5.240	2.720	9.290	70.000	100.000	0.000	0.000
C03	11.070	5.550	10.240	40.000	100.000	0.000	0.000
C04	18.590	9.060	10.580	20.000	100.000	0.000	0.000
C05	24.970	11.910	10.700	0.000	100.000	0.000	0.000
C06	4.780	4.310	18.430	100.000	70.000	0.000	0.000

C07	7.960	6.410	19.110	70.000	70.000	0.000	0.000
C08	15.730	11.260	21.260	40.000	70.000	0.000	0.000
C09	25.170	16.430	22.280	20.000	70.000	0.000	0.000
C10	32.360	20.260	22.860	0.000	70.000	0.000	0.000
C11	31.790	20.130	19.330	0.000	70.000	20.000	0.000
C12	24.580	16.060	17.930	20.000	70.000	20.000	0.000
C13	15.470	10.900	16.760	40.000	70.000	20.000	0.000
C14	7.880	6.420	15.740	70.000	70.000	20.000	0.000
C15	4.300	3.990	14.120	100.000	70.000	20.000	0.000
D01	79.390	84.930	71.210	0.000	0.000	20.000	0.000
D02	63.560	69.670	68.170	20.000	0.000	20.000	0.000
D03	39.050	46.410	61.410	40.000	0.000	20.000	0.000
D04	21.760	28.820	55.570	70.000	0.000	20.000	0.000
D05	12.380	18.430	49.640	100.000	0.000	20.000	0.000
D06	62.820	61.560	55.830	0.000	20.000	20.000	0.000
D07	49.920	50.280	52.840	20.000	20.000	20.000	0.000
D08	31.480	34.380	48.110	40.000	20.000	20.000	0.000
D09	17.230	21.300	42.950	70.000	20.000	20.000	0.000
D10	10.110	14.080	39.090	100.000	20.000	20.000	0.000
D11	3.210	3.520	9.990	100.000	70.000	40.000	0.000
D12	6.530	5.720	10.940	70.000	70.000	40.000	0.000
D13	13.960	10.310	11.980	40.000	70.000	40.000	0.000
D14	22.460	15.070	11.880	20.000	70.000	40.000	0.000
D15	30.030	19.220	12.460	0.000	70.000	40.000	0.000
E01	2.590	1.600	7.500	100.000	100.000	20.000	0.000
E02	5.180	2.800	7.820	70.000	100.000	20.000	0.000
E03	11.020	5.630	8.370	40.000	100.000	20.000	0.000
E04	18.330	9.000	8.720	20.000	100.000	20.000	0.000
E05	24.630	11.890	8.950	0.000	100.000	20.000	0.000
E06	2.080	1.450	5.410	100.000	100.000	40.000	0.000
E07	4.530	2.670	5.470	70.000	100.000	40.000	0.000
E08	10.560	5.560	6.050	40.000	100.000	40.000	0.000
E09	18.070	9.060	6.120	20.000	100.000	40.000	0.000
E10	24.350	12.010	6.320	0.000	100.000	40.000	0.000
E11	44.340	37.890	25.170	0.000	40.000	40.000	0.000
E12	34.990	31.310	23.940	20.000	40.000	40.000	0.000
E13	22.050	21.580	22.160	40.000	40.000	40.000	0.000
E14	11.430	13.490	20.620	70.000	40.000	40.000	0.000
E15	6.210	8.800	19.180	100.000	40.000	40.000	0.000
F01	74.690	81.760	45.540	0.000	0.000	40.000	0.000
F02	59.370	67.030	44.330	20.000	0.000	40.000	0.000
F03	35.240	44.130	39.750	40.000	0.000	40.000	0.000
F04	18.700	27.250	36.710	70.000	0.000	40.000	0.000
F05	9.720	17.220	32.740	100.000	0.000	40.000	0.000
F06	58.350	58.110	35.680	0.000	20.000	40.000	0.000
F07	46.070	47.660	33.800	20.000	20.000	40.000	0.000
F08	28.520	32.480	31.610	40.000	20.000	40.000	0.000
F09	14.670	19.780	28.350	70.000	20.000	40.000	0.000
F10	7.990	13.110	26.090	100.000	20.000	40.000	0.000

F11	3.980	7.240	8.870	100.000	40.000	70.000	0.000
F12	8.590	11.360	9.670	70.000	40.000	70.000	0.000
F13	18.620	19.300	10.410	40.000	40.000	70.000	0.000
F14	30.250	27.670	10.470	20.000	40.000	70.000	0.000
F15	40.310	34.450	10.930	0.000	40.000	70.000	0.000
G01	1.570	1.390	2.630	100.000	100.000	70.000	0.000
G02	3.860	2.470	2.640	70.000	100.000	70.000	0.000
G03	9.530	5.200	2.800	40.000	100.000	70.000	0.000
G04	16.560	8.540	3.080	20.000	100.000	70.000	0.000
G05	23.570	11.700	3.040	0.000	100.000	70.000	0.000
G06	2.550	3.600	5.250	100.000	70.000	70.000	0.000
G07	5.500	5.510	5.170	70.000	70.000	70.000	0.000
G08	12.900	10.100	5.710	40.000	70.000	70.000	0.000
G09	21.720	14.970	5.900	20.000	70.000	70.000	0.000
G10	29.090	18.720	5.740	0.000	70.000	70.000	0.000
G11	69.270	77.250	18.180	0.000	0.000	70.000	0.000
G12	51.590	60.640	17.300	20.000	0.000	70.000	0.000
G13	31.210	41.060	16.690	40.000	0.000	70.000	0.000
G14	14.390	24.110	14.700	70.000	0.000	70.000	0.000
G15	7.350	16.110	15.260	100.000	0.000	70.000	0.000
H01	40.070	35.230	3.820	0.000	40.000	100.000	0.000
H02	30.530	27.650	3.720	20.000	40.000	100.000	0.000
H03	17.510	18.570	3.510	40.000	40.000	100.000	0.000
H04	6.880	9.010	3.210	70.000	40.000	100.000	0.000
H05	2.890	6.550	3.350	100.000	40.000	100.000	0.000
H06	52.990	53.030	15.100	0.000	20.000	70.000	0.000
H07	40.900	43.280	13.800	20.000	20.000	70.000	0.000
H08	25.010	29.920	13.960	40.000	20.000	70.000	0.000
H09	11.470	17.490	12.460	70.000	20.000	70.000	0.000
H10	5.510	11.560	11.920	100.000	20.000	70.000	0.000
H11	1.310	1.330	1.830	100.000	100.000	100.000	0.000
H12	3.920	2.630	1.830	70.000	100.000	100.000	0.000
H13	9.510	5.370	1.970	40.000	100.000	100.000	0.000
H14	17.110	9.070	2.280	20.000	100.000	100.000	0.000
H15	23.470	11.810	1.830	0.000	100.000	100.000	0.000
I01	4.110	11.140	4.190	100.000	20.000	100.000	0.000
I02	10.100	17.420	4.230	70.000	20.000	100.000	0.000
I03	23.210	29.970	4.560	40.000	20.000	100.000	0.000
I04	39.260	44.080	4.810	20.000	20.000	100.000	0.000
I05	55.220	57.640	5.170	0.000	20.000	100.000	0.000
I06	1.850	3.120	2.350	100.000	70.000	100.000	0.000
I07	4.910	5.160	2.400	70.000	70.000	100.000	0.000
I08	12.290	9.660	2.490	40.000	70.000	100.000	0.000
I09	21.160	14.550	2.680	20.000	70.000	100.000	0.000
I10	28.290	18.220	2.480	0.000	70.000	100.000	0.000
I11	66.720	74.820	6.230	0.000	0.000	100.000	0.000
I12	50.520	59.660	5.650	20.000	0.000	100.000	0.000
I13	29.630	39.720	5.410	40.000	0.000	100.000	0.000

I14	12.720	22.710	4.730	70.000	0.000	100.000	0.000
I15	4.910	13.950	4.730	100.000	0.000	100.000	0.000
J01	48.390	49.200	50.810	20.000	20.000	20.000	10.000
J02	38.890	39.250	41.630	20.000	20.000	20.000	20.000
J03	30.240	30.610	33.010	20.000	20.000	20.000	30.000
J04	17.680	17.720	19.830	20.000	20.000	20.000	50.000
J05	5.240	5.360	6.330	20.000	20.000	20.000	80.000
J06	3.730	3.820	4.500	20.000	20.000	20.000	90.000
J07	2.080	2.130	2.360	20.000	20.000	20.000	100.000
J08	83.010	87.490	90.330	0.000	0.000	0.000	0.000
J09	2.030	2.100	2.250	0.000	0.000	0.000	100.000
J10	4.540	4.740	5.580	0.000	0.000	0.000	90.000
J11	7.060	7.390	8.770	0.000	0.000	0.000	80.000
J12	25.840	27.160	31.400	0.000	0.000	0.000	50.000
J13	46.940	49.400	54.580	0.000	0.000	0.000	30.000
J14	63.160	66.490	71.330	0.000	0.000	0.000	20.000
J15	75.880	79.920	83.690	0.000	0.000	0.000	10.000
K01	1.710	1.770	2.020	40.000	40.000	40.000	100.000
K02	2.260	2.310	2.640	40.000	40.000	40.000	90.000
K03	3.010	3.090	3.580	40.000	40.000	40.000	80.000
K04	8.130	8.300	9.440	40.000	40.000	40.000	50.000
K05	12.900	12.970	14.340	40.000	40.000	40.000	30.000
K06	16.000	16.120	17.230	40.000	40.000	40.000	20.000
K07	19.310	19.200	19.900	40.000	40.000	40.000	10.000
K08	0.750	0.770	0.960	100.000	100.000	100.000	100.000
K09	5.470	5.300	5.220	70.000	70.000	70.000	10.000
K10	4.850	4.700	4.550	70.000	70.000	70.000	20.000
K11	3.870	3.800	3.860	70.000	70.000	70.000	30.000
K12	2.750	2.720	2.770	70.000	70.000	70.000	50.000
K13	1.310	1.320	1.480	70.000	70.000	70.000	80.000
K14	1.110	1.130	1.260	70.000	70.000	70.000	90.000
K15	1.070	1.100	1.280	70.000	70.000	70.000	100.000
L01	1.600	1.600	2.050	100.000	100.000	100.000	10.000
L02	1.700	1.660	2.090	100.000	100.000	100.000	20.000
L03	1.280	1.280	1.650	100.000	100.000	100.000	30.000
L04	0.950	0.960	1.190	100.000	100.000	100.000	50.000
L05	0.650	0.700	0.890	100.000	100.000	100.000	80.000
L06	0.660	0.700	0.880	100.000	100.000	100.000	90.000
L07	2.480	2.440	3.710	40.000	40.000	0.000	90.000
L08	10.460	9.870	16.610	40.000	40.000	0.000	50.000
L09	2.850	3.270	3.450	40.000	0.000	40.000	90.000
L10	13.850	16.680	16.340	40.000	0.000	40.000	50.000
L11	3.070	2.930	2.680	0.000	40.000	40.000	90.000
L12	14.880	13.410	10.960	0.000	40.000	40.000	50.000
L13	33.880	29.100	20.520	0.000	40.000	40.000	20.000
L14	28.010	34.910	31.830	40.000	0.000	40.000	20.000
L15	20.300	18.960	32.140	40.000	40.000	0.000	20.000
M01	5.760	7.710	22.810	100.000	0.000	0.000	50.000
M02	8.380	4.510	4.970	0.000	100.000	0.000	50.000

M03	19.970	22.840	2.920	0.000	0.000	100.000	50.000
M04	1.540	1.970	4.540	100.000	0.000	0.000	90.000
M05	2.330	1.720	2.030	0.000	100.000	0.000	90.000
M06	3.860	4.360	1.250	0.000	0.000	100.000	90.000
M07	78.210	82.710	89.240	5.000	0.000	0.000	0.000
M08	80.140	83.490	86.930	0.000	5.000	0.000	0.000
M09	82.870	87.390	88.910	0.000	0.000	5.000	0.000
M10	43.710	44.110	11.770	14.000	25.000	74.000	0.000
M11	40.400	46.720	13.840	25.000	14.000	74.000	0.000
M12	15.160	20.840	41.160	74.000	14.000	25.000	0.000
M13	14.780	17.610	40.690	74.000	25.000	14.000	0.000
M14	21.240	13.260	17.090	25.000	74.000	14.000	0.000
M15	25.280	15.290	14.360	14.000	74.000	25.000	0.000
N01	7.670	4.280	1.230	0.000	100.000	100.000	50.000
N02	1.930	4.980	2.330	100.000	0.000	100.000	50.000
N03	1.420	0.980	4.090	100.000	100.000	0.000	50.000
N04	1.820	1.300	0.910	0.000	100.000	100.000	90.000
N05	0.810	1.370	0.990	100.000	0.000	100.000	90.000
N06	0.840	0.790	1.490	100.000	100.000	0.000	90.000
N07	11.970	6.470	1.550	0.000	100.000	100.000	20.000
N08	4.680	11.970	4.840	100.000	0.000	100.000	20.000
N09	2.550	1.560	7.730	100.000	100.000	0.000	20.000
N10	12.070	16.310	50.100	100.000	0.000	0.000	20.000
N11	19.140	9.420	9.000	0.000	100.000	0.000	20.000
N12	49.680	55.970	5.710	0.000	0.000	100.000	20.000
N13	73.860	77.390	83.890	5.000	5.000	0.000	0.000
N14	78.970	82.380	83.880	0.000	5.000	5.000	0.000
N15	78.120	82.620	86.200	5.000	0.000	5.000	0.000

END\_DATA

Tablica XYZ vrijednosti gamuta srednjeg dijela naklade otisnute s bojilom koje se suše s UV energijom na poli(vinil-kloridnoj) podlozi

PROP405

ORIGINATOR "Printopen ICC - Heidelberger Druckmaschinen AG"

DESCRIPTOR "Reference Table 4Color CMYK"

CREATED "2004-06-11"

NUMBER\_OF\_FIELDS 8

BEGIN\_DATA\_FORMAT

SAMPLE\_ID XYZ\_X XYZ\_Y XYZ\_Z CMYK\_C CMYK\_M CMYK\_Y CMYK\_K

END\_DATA\_FORMAT

NUMBER\_OF\_SETS 210

BEGIN\_DATA

A01	79.885	85.202	87.769	5.000	5.000	5.000	0.000
A02	73.776	78.220	79.027	10.000	10.000	10.000	0.000
A03	58.081	61.450	61.323	20.000	20.000	20.000	0.000
A04	40.954	43.081	42.254	30.000	30.000	30.000	0.000
A05	30.288	31.779	31.107	40.000	40.000	40.000	0.000
A06	22.215	22.959	21.858	50.000	50.000	50.000	0.000
A07	16.385	17.135	15.926	60.000	60.000	60.000	0.000
A08	9.758	9.827	9.001	70.000	70.000	70.000	0.000
A09	5.873	6.232	5.454	80.000	80.000	80.000	0.000
A10	3.739	3.987	3.652	90.000	90.000	90.000	0.000
A11	56.790	50.344	57.965	0.000	40.000	0.000	0.000
A12	46.725	42.684	55.598	20.000	40.000	0.000	0.000
A13	34.631	33.921	53.972	40.000	40.000	0.000	0.000
A14	20.118	22.050	49.416	70.000	40.000	0.000	0.000
A15	11.845	14.678	46.331	100.000	40.000	0.000	0.000
B01	80.303	84.993	87.465	0.000	0.000	0.000	0.000
B02	67.991	73.931	84.986	20.000	0.000	0.000	0.000
B03	48.489	55.818	79.220	40.000	0.000	0.000	0.000
B04	29.386	37.392	74.424	70.000	0.000	0.000	0.000
B05	17.204	24.657	68.382	100.000	0.000	0.000	0.000
B06	69.742	69.234	74.519	0.000	20.000	0.000	0.000
B07	60.393	61.674	73.534	20.000	20.000	0.000	0.000
B08	43.906	47.723	70.462	40.000	20.000	0.000	0.000
B09	25.980	31.027	63.831	70.000	20.000	0.000	0.000
B10	15.207	20.818	60.524	100.000	20.000	0.000	0.000
B11	10.552	14.357	38.785	100.000	40.000	20.000	0.000
B12	19.465	22.325	41.939	70.000	40.000	20.000	0.000
B13	32.788	33.160	44.266	40.000	40.000	20.000	0.000
B14	45.346	42.625	45.923	20.000	40.000	20.000	0.000
B15	55.171	49.660	47.018	0.000	40.000	20.000	0.000
C01	5.094	3.319	18.865	100.000	100.000	0.000	0.000
C02	9.736	5.768	19.366	70.000	100.000	0.000	0.000
C03	18.139	9.788	20.033	40.000	100.000	0.000	0.000
C04	25.374	13.131	20.029	20.000	100.000	0.000	0.000
C05	31.397	15.913	20.164	0.000	100.000	0.000	0.000
C06	7.398	7.098	28.791	100.000	70.000	0.000	0.000

C07	13.302	11.203	30.397	70.000	70.000	0.000	0.000
C08	23.438	17.311	31.521	40.000	70.000	0.000	0.000
C09	32.728	22.891	33.736	20.000	70.000	0.000	0.000
C10	41.027	27.583	35.243	0.000	70.000	0.000	0.000
C11	40.042	27.452	28.686	0.000	70.000	20.000	0.000
C12	32.926	23.388	28.226	20.000	70.000	20.000	0.000
C13	23.663	18.227	27.765	40.000	70.000	20.000	0.000
C14	13.065	11.537	26.578	70.000	70.000	20.000	0.000
C15	7.188	7.616	25.841	100.000	70.000	20.000	0.000
D01	81.063	87.311	75.530	0.000	0.000	20.000	0.000
D02	68.873	76.303	72.866	20.000	0.000	20.000	0.000
D03	49.106	58.092	69.255	40.000	0.000	20.000	0.000
D04	27.516	36.791	62.247	70.000	0.000	20.000	0.000
D05	15.505	24.152	57.514	100.000	0.000	20.000	0.000
D06	68.641	69.073	62.509	0.000	20.000	20.000	0.000
D07	58.683	60.909	61.144	20.000	20.000	20.000	0.000
D08	41.600	41.600	56.967	40.000	20.000	20.000	0.000
D09	24.810	31.050	53.542	70.000	20.000	20.000	0.000
D10	13.376	19.914	49.644	100.000	20.000	20.000	0.000
D11	5.637	6.793	17.964	100.000	70.000	40.000	0.000
D12	12.280	11.598	19.402	70.000	70.000	40.000	0.000
D13	22.970	18.883	20.819	40.000	70.000	40.000	0.000
D14	32.032	23.932	20.999	20.000	70.000	40.000	0.000
D15	39.356	28.179	21.201	0.000	70.000	40.000	0.000
E01	4.584	3.240	15.818	100.000	100.000	20.000	0.000
E02	9.153	5.570	16.501	70.000	100.000	20.000	0.000
E03	17.782	9.921	17.306	40.000	100.000	20.000	0.000
E04	25.780	14.070	16.320	20.000	100.000	20.000	0.000
E05	25.146	13.312	17.122	0.000	100.000	20.000	0.000
E06	3.657	2.754	11.228	100.000	100.000	40.000	0.000
E07	8.304	5.310	11.986	70.000	100.000	40.000	0.000
E08	16.963	9.587	12.244	40.000	100.000	40.000	0.000
E09	23.852	12.833	12.158	20.000	100.000	40.000	0.000
E10	30.701	16.196	12.594	0.000	100.000	40.000	0.000
E11	53.640	49.482	33.658	0.000	40.000	40.000	0.000
E12	44.138	42.348	32.237	20.000	40.000	40.000	0.000
E13	31.649	32.962	32.598	40.000	40.000	40.000	0.000
E14	17.094	20.973	30.274	70.000	40.000	40.000	0.000
E15	9.032	13.901	28.895	100.000	40.000	40.000	0.000
F01	75.917	83.677	51.171	0.000	0.000	40.000	0.000
F02	64.327	73.110	50.500	20.000	0.000	40.000	0.000
F03	44.384	54.703	47.551	40.000	0.000	40.000	0.000
F04	24.420	35.015	44.873	70.000	0.000	40.000	0.000
F05	12.579	22.430	41.465	100.000	0.000	40.000	0.000
F06	65.127	66.953	43.601	0.000	20.000	40.000	0.000
F07	55.080	58.616	42.540	20.000	20.000	40.000	0.000
F08	38.816	44.770	41.082	40.000	20.000	40.000	0.000
F09	21.188	28.615	37.614	70.000	20.000	40.000	0.000
F10	10.794	18.360	35.022	100.000	20.000	40.000	0.000

F11	6.181	12.009	14.032	100.000	40.000	70.000	0.000
F12	14.867	19.967	15.154	70.000	40.000	70.000	0.000
F13	28.152	30.543	15.230	40.000	40.000	70.000	0.000
F14	40.936	40.127	15.620	20.000	40.000	70.000	0.000
F15	50.165	47.000	17.413	0.000	40.000	70.000	0.000
G01	2.964	2.756	6.268	100.000	100.000	70.000	0.000
G02	9.024	5.476	16.301	70.000	100.000	70.000	0.000
G03	15.863	9.452	6.737	40.000	100.000	70.000	0.000
G04	22.795	12.474	6.277	20.000	100.000	70.000	0.000
G05	24.449	12.474	4.749	0.000	100.000	70.000	0.000
G06	3.816	5.760	8.394	100.000	70.000	70.000	0.000
G07	9.288	9.690	8.758	70.000	70.000	70.000	0.000
G08	20.116	16.388	9.510	40.000	70.000	70.000	0.000
G09	28.556	21.276	9.407	20.000	70.000	70.000	0.000
G10	35.578	25.221	9.525	0.000	70.000	70.000	0.000
G11	68.829	78.022	21.838	0.000	0.000	70.000	0.000
G12	56.558	66.893	21.700	20.000	0.000	70.000	0.000
G13	38.462	50.034	20.996	40.000	0.000	70.000	0.000
G14	19.671	31.575	19.649	70.000	0.000	70.000	0.000
G15	9.084	20.180	19.060	100.000	0.000	70.000	0.000
H01	45.658	43.170	5.727	0.000	40.000	100.000	0.000
H02	38.266	37.715	5.542	20.000	40.000	100.000	0.000
H03	25.426	28.101	5.378	40.000	40.000	100.000	0.000
H04	12.054	16.606	5.288	70.000	40.000	100.000	0.000
H05	4.507	10.676	4.884	100.000	40.000	100.000	0.000
H06	59.557	62.806	20.311	0.000	20.000	70.000	0.000
H07	50.705	55.450	20.011	20.000	20.000	70.000	0.000
H08	34.028	41.278	19.021	40.000	20.000	70.000	0.000
H09	17.586	26.257	17.326	70.000	20.000	70.000	0.000
H10	7.554	16.327	16.362	100.000	20.000	70.000	0.000
H11	2.216	2.476	2.259	100.000	100.000	100.000	0.000
H12	7.047	4.953	2.538	70.000	100.000	100.000	0.000
H13	14.729	8.669	2.423	40.000	100.000	100.000	0.000
H14	23.308	12.846	2.463	20.000	100.000	100.000	0.000
H15	28.633	15.439	2.451	0.000	100.000	100.000	0.000
I01	5.967	16.058	6.376	100.000	20.000	100.000	0.000
I02	15.019	25.293	7.125	70.000	20.000	100.000	0.000
I03	32.422	41.623	7.408	40.000	20.000	100.000	0.000
I04	47.183	54.461	7.468	20.000	20.000	100.000	0.000
I05	60.113	65.460	7.405	0.000	20.000	100.000	0.000
I06	2.920	5.405	3.203	100.000	70.000	100.000	0.000
I07	8.653	9.587	3.629	70.000	70.000	100.000	0.000
I08	18.523	15.619	3.567	40.000	70.000	100.000	0.000
I09	27.365	20.619	3.715	20.000	70.000	100.000	0.000
I10	34.639	24.535	3.608	0.000	70.000	100.000	0.000
I11	66.891	76.801	8.768	0.000	0.000	100.000	0.000
I12	54.739	65.889	8.523	20.000	0.000	100.000	0.000
I13	36.386	48.853	8.188	40.000	0.000	100.000	0.000



I15	6.836	18.773	7.302	100.000	0.000	100.000	0.000
J01	35.805	37.499	41.548	20.000	20.000	20.000	10.000
J02	47.666	49.336	50.267	20.000	20.000	20.000	20.000
J03	35.697	36.964	38.793	20.000	20.000	20.000	30.000
J04	23.898	25.345	27.031	20.000	20.000	20.000	50.000
J05	7.211	7.528	8.557	20.000	20.000	20.000	80.000
J06	4.889	5.154	5.869	20.000	20.000	20.000	90.000
J07	2.408	2.520	2.753	20.000	20.000	20.000	100.000
J08	82.461	87.311	90.386	0.000	0.000	0.000	0.000
J09	2.529	2.638	2.901	0.000	0.000	0.000	100.000
J10	5.903	6.220	7.180	0.000	0.000	0.000	90.000
J11	9.828	10.399	12.121	0.000	0.000	0.000	80.000
J12	32.322	34.287	38.179	0.000	0.000	0.000	50.000
J13	51.559	54.686	59.315	0.000	0.000	0.000	30.000
J14	64.957	68.851	72.860	0.000	0.000	0.000	20.000
J15	76.968	81.559	85.663	0.000	0.000	0.000	10.000
K01	1.952	2.091	2.369	40.000	40.000	40.000	100.000
K02	3.099	3.282	3.672	40.000	40.000	40.000	90.000
K03	4.861	5.147	5.645	40.000	40.000	40.000	80.000
K04	12.854	13.563	14.156	40.000	40.000	40.000	50.000
K05	19.491	20.457	21.573	40.000	40.000	40.000	30.000
K06	23.898	24.739	25.088	40.000	40.000	40.000	20.000
K07	27.877	29.282	28.751	40.000	40.000	40.000	10.000
K08	0.874	0.943	1.126	100.000	100.000	100.000	100.000
K09	7.050	8.649	7.957	70.000	70.000	70.000	10.000
K10	7.386	7.487	7.162	70.000	70.000	70.000	20.000
K11	6.208	6.392	6.222	70.000	70.000	70.000	30.000
K12	4.473	4.520	4.354	70.000	70.000	70.000	50.000
K13	1.951	2.006	2.146	70.000	70.000	70.000	80.000
K14	1.536	1.611	1.779	70.000	70.000	70.000	90.000
K15	1.474	1.582	1.871	70.000	70.000	70.000	100.000
L01	2.353	2.558	2.480	100.000	100.000	100.000	10.000
L02	2.088	2.203	2.208	100.000	100.000	100.000	20.000
L03	1.829	1.983	1.978	100.000	100.000	100.000	30.000
L04	1.412	1.483	1.567	100.000	100.000	100.000	50.000
L05	0.904	0.969	1.075	100.000	100.000	100.000	80.000
L06	0.811	0.873	0.988	100.000	100.000	100.000	90.000
L07	3.657	3.670	5.570	40.000	40.000	0.000	90.000
L08	16.169	15.936	25.464	40.000	40.000	0.000	50.000
L09	4.191	4.932	4.959	40.000	0.000	40.000	90.000
L10	19.521	23.773	21.982	40.000	0.000	40.000	50.000
L11	4.462	4.361	3.953	0.000	40.000	40.000	90.000
L12	21.997	21.074	16.305	0.000	40.000	40.000	50.000
L13	42.127	39.261	27.674	0.000	40.000	40.000	20.000
L14	35.984	44.182	37.835	40.000	0.000	40.000	20.000
L15	28.734	28.112	44.875	40.000	40.000	0.000	20.000
M01	8.068	11.451	30.787	100.000	0.000	0.000	50.000
M02	13.054	6.953	10.564	0.000	100.000	0.000	50.000
M03	26.921	31.539	4.426	0.000	0.000	100.000	50.000

M04	1.936	2.619	5.920	100.000	0.000	0.000	90.000
M05	2.565	1.653	2.500	0.000	100.000	0.000	90.000
M06	4.700	5.450	1.458	0.000	0.000	100.000	90.000
M07	79.611	84.830	90.145	5.000	0.000	0.000	0.000
M08	81.025	84.715	88.362	0.000	5.000	0.000	0.000
M09	82.851	87.998	88.566	0.000	0.000	5.000	0.000
M10	49.020	52.233	15.580	14.000	25.000	74.000	0.000
M11	46.365	54.790	17.034	25.000	14.000	74.000	0.000
M12	20.380	28.090	47.875	74.000	14.000	25.000	0.000
M13	20.471	25.335	52.031	74.000	25.000	14.000	0.000
M14	28.914	19.581	27.335	25.000	74.000	14.000	0.000
M15	32.606	21.684	23.381	14.000	74.000	25.000	0.000
N01	11.249	6.529	1.770	0.000	100.000	100.000	50.000
N02	3.788	9.086	4.122	100.000	0.000	100.000	50.000
N03	2.996	2.236	9.665	100.000	100.000	0.000	50.000
N04	2.403	1.646	1.008	0.000	100.000	100.000	90.000
N05	1.307	2.511	1.548	100.000	0.000	100.000	90.000
N06	1.186	1.031	2.973	100.000	100.000	0.000	90.000
N07	22.611	12.506	2.325	0.000	100.000	100.000	20.000
N08	5.758	15.596	6.104	100.000	0.000	100.000	20.000
N09	4.463	2.992	16.048	100.000	100.000	0.000	20.000
N10	14.309	20.421	56.405	100.000	0.000	0.000	20.000
N11	25.256	13.151	17.809	0.000	100.000	0.000	20.000
N12	52.254	60.409	7.381	0.000	0.000	100.000	20.000
N13	77.888	81.921	87.169	5.000	5.000	0.000	0.000
N14	79.578	83.677	84.269	0.000	5.000	5.000	0.000
N15	80.044	85.458	87.472	5.000	0.000	5.000	0.000

END\_DATA

Tablica 36 . Aritmetičke sredine parametara reproduciranih linija

<b>linija širine 0.09mm</b>				
	BnbO pp	UVB pp	BnbO pvc	UVB pvc
širina linije (mm)	0.1408	0.119	0.1236	0.105
mutnost ruba linije (mm)	0.0548	0.0557	0.1196	0.0466
nazubljenost ruba linije (mm)	0.0047	0.0026	0.0049	0.0023
zapunjenost linije	0.7468	0.999	0.962	0.9904
<b>linija širine 0.1mm</b>				
	BnbO pp	UVB pp	BnbO pvc	UVB pvc
širina linije (mm)	0.1572	0.131	0.1432	0.1148
mutnost ruba linije (mm)	0.065	0.0541	0.1257	0.0429
nazubljenost ruba linije (mm)	0.0061	0.0035	0.0066	0.0051
zapunjenost linije	0.7048	0.9986	0.9558	0.9848
<b>linija širine 0.12mm</b>				
	BnbO pp	UVB pp	BnbO pvc	UVB pvc
širina linije (mm)	0.1822	0.1516	0.1678	0.1356
mutnost ruba linije (mm)	0.062	0.0553	0.108	0.0538
nazubljenost ruba linije (mm)	0.0045	0.0038	0.0053	0.0022
zapunjenost linije	0.6814	0.9992	0.9656	0.9802
<b>linija širine 0.14mm</b>				
	BnbO pp	UVB pp	BnbO pvc	UVB pvc
širina linije (mm)	0.2034	0.173	0.19	0.156
mutnost ruba linije (mm)	0.0617	0.0582	0.1421	0.0589
nazubljenost ruba linije (mm)	0.0058	0.0042	0.0048	0.0035
zapunjenost linije	0.675	0.9968	0.965	0.901
<b>linija širine 0.16mm</b>				
	BnbO pp	UVB pp	BnbO pvc	UVB pvc
širina linije (mm)	0.2252	0.1942	0.213	0.1778
mutnost ruba linije (mm)	0.0592	0.054	0.1246	0.0748
nazubljenost ruba linije (mm)	0.0054	0.0037	0.0043	0.0022
zapunjenost linije	0.7194	0.996	0.9712	0.8548
<b>linija širine 0.18mm</b>				
	BnbO pp	UVB pp	BnbO pvc	UVB pvc
širina linije (mm)	0.2464	0.215	0.2362	0.1982
mutnost ruba linije (mm)	0.0615	0.0573	0.141	0.08
nazubljenost ruba linije (mm)	0.0056	0.0037	0.0048	0.0029
zapunjenost linije	0.7286	0.9924	0.964	0.8338

<b>linija širine 0.2mm</b>				
	<b>BnbO pp</b>	<b>UVB pp</b>	<b>BnbO pvc</b>	<b>UVB pvc</b>
širina linije (mm)	0.2686	0.2352	0.2598	0.2192
mutnost ruba linije (mm)	0.0606	0.0569	0.1439	0.0788
nazubljenost ruba linije (mm)	0.0051	0.0041	0.0049	0.0032
zapunjenost linije	0.7526	0.992	0.9758	0.8476
<b>linija širine 0.22mm</b>				
	<b>BnbO pp</b>	<b>UVB pp</b>	<b>BnbO pvc</b>	<b>UVB pvc</b>
širina linije (mm)	0.2862	0.2574	0.283	0.2388
mutnost ruba linije (mm)	0.0605	0.0556	0.1428	0.074
nazubljenost ruba linije (mm)	0.0066	0.0038	0.0048	0.0028
zapunjenost linije	0.7692	0.9906	0.9714	0.8598
<b>linija širine 0.24mm</b>				
	<b>BnbO pp</b>	<b>UVB pp</b>	<b>BnbO pvc</b>	<b>UVB pvc</b>
širina linije (mm)	0.3066	0.2792	0.3006	0.2612
mutnost ruba linije (mm)	0.0564	0.0585	0.145	0.0965
nazubljenost ruba linije (mm)	0.0053	0.0043	0.0059	0.0028
zapunjenost linije	0.7838	0.9948	0.984	0.915
<b>linija širine 0.26mm</b>				
	<b>BnbO pp</b>	<b>UVB pp</b>	<b>BnbO pvc</b>	<b>UVB pvc</b>
širina linije (mm)	0.325	0.2984	0.3196	0.2844
mutnost ruba linije (mm)	0.0611	0.0571	0.1332	0.0914
nazubljenost ruba linije (mm)	0.0055	0.0032	0.0049	0.0027
zapunjenost linije	0.8052	0.9918	0.9812	0.8922
<b>linija širine 0.28mm</b>				
	<b>BnbO pp</b>	<b>UVB pp</b>	<b>BnbO pvc</b>	<b>UVB pvc</b>
širina linije (mm)	0.3458	0.3198	0.3384	0.3026
mutnost ruba linije (mm)	0.0551	0.0595	0.1173	0.1018
nazubljenost ruba linije (mm)	0.005	0.0041	0.0056	0.002
zapunjenost linije	0.8176	0.9948	0.9868	0.9198
<b>linija širine 0.3mm</b>				
	<b>BnbO pp</b>	<b>UVB pp</b>	<b>BnbO pvc</b>	<b>UVB pvc</b>
širina linije (mm)	0.3802	0.3516	0.362	0.323
mutnost ruba linije (mm)	0.0688	0.0542	0.1136	0.1234
nazubljenost ruba linije (mm)	0.0089	0.0036	0.0053	0.0028
zapunjenost linije	0.8352	0.9746	0.9612	0.9456

Tablica 37. Aritmetičke sredine kolorimetrijskih vrijednosti parova polja za definiranje optimalnog sivog balansa

		BnbO pp			UVB pp			BnbO pvc			UVB pvc		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
A	K	46.56	0.375	1.19	49.92	-0.106	0.082	36.58	0.178	-2.59	40.24	-0.502	-1.358
	CMY	27.81	11.01	1.08	39.67	1.538	-4.034	24.58	6.916	-4.056	32.62	4.146	-5.08
B	K	66.29	-0.22	0.905	68.93	-0.512	0.398	59.48	-0.224	-1.508	64.32	-0.948	-0.68
	CMY	50.59	8.38	2.355	61.09	1.152	-1.61	46.39	8.616	-2.742	55.95	4.018	-1.822
C	K	81.26	-0.735	0.485	81.74	-0.13	0.662	83.61	-0.486	0.052	82.38	-1.064	0.818
	CMY	74.07	5.295	2.4	77.8	0.556	-0.066	71.89	5.502	-1.314	77.39	2.878	0.346
D	K	46.11	0.525	1.86	49.65	-0.096	-0.072	36.32	0.07	-2.93	42.21	-0.222	-1.622
	CMY	27.6	10.08	7.965	38.75	-1.2	4.202	24.61	4.02	2.544	31.77	-0.426	3.222
E	K	64.84	-0.145	1.05	68.94	-0.538	0.076	54.5	-0.286	-2.686	64.61	-0.948	-1.232
	CMY	50.54	7.355	9.855	59.93	-0.358	4.12	46	5.552	2.132	55.18	0.952	4.582
F	K	80.48	-0.715	0.665	81	-0.168	0.618	79.01	-0.468	-0.35	82.14	-1.06	0.688
	CMY	73.4	4.11	6.465	76.07	-0.562	3.432	71.51	3.83	2.432	77.13	0.77	4.838
G	K	45.4	0.46	1.615	48.54	-0.086	-0.064	36.62	0.144	-2.67	40.63	-0.482	-2.068
	CMY	32.85	-0.01	-2.06	46.14	-7.138	-5.078	30.84	-2.446	-5.924	40.67	-5.852	-5.334
H	K	63.46	-0.17	1.12	68.52	-0.54	-0.04	58.3	-0.266	-2.652	64.67	-0.928	-1.226
	CMY	53.8	2.31	-0.6	63.88	-2.298	-2.858	51.59	2.282	-5.75	60.55	-2.574	-3.784
I	K	78.74	-0.695	0.815	80.49	-0.776	0.514	79.09	-0.492	-0.356	82.06	-1.056	0.648
	CMY	75.76	0.48	-2.485	79.85	-1.466	-3.27	77.04	0.646	-5.634	81.56	-1.364	-3.742
J	K	43.48	0.68	2.24	47.42	-0.052	-0.066	35.84	0.102	-2.808	40.5	-0.386	-1.634
	CMY	35.43	-0.095	2.465	45.59	-7.938	-2.406	29.77	-3.618	-2.49	40.32	-9.29	-4.876
K	K	61.75	-0.1	1.29	67.07	-0.496	0.234	58.43	-0.2	-2.62	64.52	-0.948	-1.282
	CMY	52.53	2.395	1.735	64.15	-2.41	-0.982	50.9	0.728	-3.766	61.12	-3.224	-1.748
L	K	77.46	-0.66	0.525	80.32	-0.742	0.602	79.15	-0.468	-0.308	82.25	-1.062	0.674
	CMY	74.86	0.28	0.11	79.4	-1.98	-1.196	75.97	-0.294	-3.44	81.62	-2.248	-2.498
M	K	43.67	0.63	2.12	47.71	-0.464	-0.024	36.05	0.144	-2.81	40.58	-0.578	-2.018
	CMY	30.55	1.645	4.65	45.46	-8.846	0.538	29.65	-2.726	-2.508	38.92	-9.03	-2.794
N	K	51.83	-0.135	1.185	67.31	-0.488	0.056	58.14	-0.27	-2.742	64.26	-0.948	-1.27
	CMY	51.21	3.48	4.295	63.79	-2.966	0.174	51.04	1.47	-2.208	60.2	-4.132	-0.78
O	K	77.73	-0.7	0.885	80.54	-0.756	0.314	79.04	-0.5	-0.35	82.08	-1.06	0.74
	CMY	74	0.35	3.155	78.13	-2.544	0.854	75.16	-0.612	-1.784	80.77	-2.576	0.934

Tablica 38. Vizualne ocjene parova polja koja sadrže najmanje razlike u obojenju

broj ispitanika	BnbO pp				
	I. dio	II. dio	III. dio	IV. dio	V. dio
1	L	L	I	L	I,L
2	L	I,L	K	L,K	L,K
3	L	L	L	L	I
4	O	L	L	L	L
5	O	L	L	L	I,L
6	O	L	I	K	L
7	O	I,L	K	L	K
8	L	I	L	K	I
9	L	L	L	K	I
10	O	L	L	L	I
11	L	L	I	L	I
12	L	L	K	L,K	L,K
13	I	L	I	L	I
14	O	L	L	L	L
15	O	L	L	L	I
16	O	L	I	K	L
17	O	O	K	L	K
18	L	K	L	K	I
19	I	L	L	K	I
20	O	L	L	O	I
21	L	I	I	L	I,L
22	L	I,L	K	L,K	L,K
23	L	I	L	L	I
24	O	L	L	L	L
25	O	L	L	L	I,L
26	O	L	I	K	L
27	O	I,L	K	L	K
28	L	O	L	K	I
29	L	L	L	K	I
30	O	L	L	L	I
31	O	L	I	L	I
32	L	K	K	L,K	L,K
33	I	I	I	L	I
34	O	L	I	L	L
35	O	I	L	L	I
36	O	L	L	K	L
37	L	O	K	L	K
38	L	K	L	L	I
39	I	L	L	L	I
40	K	L	L	O	I

broj ispitanika	UVB pp				
	I. dio	II. dio	III. dio	IV. dio	V. dio
1	L	L	O	L	O
2	L,O	O	O	I	I
3	O	L,O	O	L	O
4	C,O	O	O	O	O
5	L	O	O	I	L
6	O,L	I	O,L	O	O
7	L	L	O	L	L
8	L	O	O	L	L
9	I	O	O	O	O
10	L	L	O	L	O
11	L	L	O	L	O
12	L	L	O	L	O
13	O	L	O	L	O
14	O	O	O	O	O
15	O	L,O	O	L	O
16	O,L	I	O,L	O	O
17	L	O	O	L	L
18	L	O	O	L	L
19	O	L,O	O	L	O
20	O	L,O	O	L	O
21	L	L	O	O	O
22	O	O	O	I	I
23	O	L	O	L	O
24	C	O	O	O	O
25	L	O	L	I	L
26	O,L	I	O,L	O	O
27	L	L	O	O,L	L
28	L	O	O,L	L	L
29	O	O	O	O	O
30	O	L	O	L	O
31	L	O	O	L	O
32	L	L	L	L	O
33	L	L	O	L	O
34	L	O	L	O	O
35	O	L,O	O	L	L,O
36	O,L	I	O	O	O
37	L	O	O	O	L
38	O	O	O	L	L
39	O	O	O	L	O
40	O	L	O	L	O

broj ispitanika	BnbO pvc				
	I. dio	II. dio	III. dio	IV. dio	V. dio
1	O	L	O	O	L
2	O	O	O	O	O
3	O	L	L	O	J,O
4	O	O	O	O,L	N,O
5	O	O	O	O	L
6	O	L	L	O	L
7	O	L	L	O	O
8	O	L	O	L	L
9	O	L	L	O	L
10	O	O	O	L	O
11	O	L	L	L	L
12	O	O	O	O	O
13	O	L	L	O	J
14	O	O	O	L	N,O
15	O	O	O	L	L
16	O	L	L	O	O
17	O	O	L	O	O
18	O	L	O	L	O
19	O	L	L	O	L
20	O	O	L	L	O
21	L	L	O	O	L
22	O	O	L	O	O
23	O	O	L	O	J,O
24	O	L	O	O,L	N,O
25	O	O	L	O	L
26	O	L	L	O	O
27	O	L	L	O	O
28	O	O	O	L	L
29	O	L	L	L	L
30	O	L	O	L	O
31	O	O	L	L	L
32	O	O	O	O	J
33	O	L	L	O	J
34	O	O	O	L	O
35	O	O	L	L	L
36	O	O	O	O	O
37	O	L	L	O	O
38	O	O	O	L	O
39	O	L	L	O	O
40	O	L	L	L	O



broj ispitanika	UVB pvc				
	I. dio	II. dio	III. dio	IV. dio	V. dio
1	L,O	K,L	L	K	L
2	O	L,O	L	I,L	N,O,G
3	G,L,K	G,K,O	G,K,O	G,I	I
4	O	O	O	O	N,O
5	O	L	L	I	N,O
6	L	O,K	O,K	L	I
7	G,K	O	L	I	L
8	L	K	G	O	L
9	O	L	L	G	O
10	O	K	L	L	N
11	O	L	L	K	L
12	O	L,O	L	I,L	O
13	L	O	G	G,I	I
14	O	O	O	O	N,O
15	O	L	L	I	N,O
16	L	O	O	L	I
17	K	O	L	I	L
18	L	O	G	O	L
19	O	L	L	G	O
20	O	L	L	L	N
21	L,O	L	L	K	L
22	O	L,O	L	I,L	O
23	O	G,K,O	G,K,O	G,I	I
24	O	O	O	O	L
25	O	L	L	I	N,O
26	L	O,K	O	L	I
27	G,K	O	L	I	L
28	L	K	G	O	L
29	O	L	G,I	G	O
30	O	K	L	L	N
31	O	K	L	K	L
32	O	O	L	I,L	O
33	G,I	O	G	G,I	I
34	O	O	O	O	N,O
35	O	L	L	O	N,O
36	L	O	O	L	O
37	K	O	L	I	L
38	L	G	G	O	L
39	O	L	O	G	O
40	O	L	L	L	N

Tablica 39. Aritmetičke sredine denzitometrijskih vrijednosti rastriranih polja (C,M,Y,K)

C bojilo				
RTV (%)	$D_i$			
	BnbO pp	UVB pp	BnbO pvc	UVB pvc
1	0.000	0.000	0.002	0.000
2	0.000	0.004	0.002	0.000
3	0.002	0.008	0.002	0.000
4	0.002	0.012	0.082	0.004
5	0.032	0.024	0.066	0.018
6	0.040	0.042	0.052	0.038
7	0.038	0.044	0.044	0.028
8	0.038	0.054	0.042	0.030
9	0.034	0.062	0.042	0.030
10	0.034	0.070	0.044	0.038
15	0.052	0.078	0.084	0.068
20	0.094	0.124	0.142	0.104
25	0.158	0.170	0.218	0.166
30	0.208	0.214	0.316	0.220
40	0.312	0.296	0.442	0.324
50	0.410	0.360	0.592	0.416
60	0.508	0.446	0.700	0.528
70	0.714	0.646	0.924	0.752
75	0.794	0.730	1.010	0.834
80	0.960	0.868	1.206	1.022
85	0.856	0.782	1.100	0.926
90	0.998	0.956	1.324	1.124
91	1.006	0.986	1.430	1.222
92	1.034	1.040	1.344	1.238
93	1.030	1.030	1.374	1.214
94	1.064	1.070	1.378	1.246
95	1.112	1.112	1.346	1.302
96	1.096	1.118	1.416	1.330
97	1.154	1.176	1.452	1.372
98	1.166	1.246	1.482	1.408
99	1.210	1.282	1.542	1.450

M bojilo				
RTV (%)	$D_i$			
	BnbO pp	UVB pp	BnbO pvc	UVB pvc
1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.002	0.002	0.000	0.000
3	0.004	0.004	0.002	0.000
4	0.036	0.008	0.002	0.000
5	0.144	0.020	0.010	0.002
6	0.120	0.036	0.040	0.014
7	0.086	0.044	0.054	0.024
8	0.062	0.046	0.050	0.028
9	0.048	0.050	0.042	0.028
10	0.054	0.060	0.042	0.030
15	0.086	0.066	0.082	0.060
20	0.148	0.102	0.140	0.092
25	0.220	0.140	0.222	0.154
30	0.300	0.178	0.302	0.200
40	0.428	0.268	0.440	0.296
50	0.572	0.346	0.592	0.406
60	0.698	0.422	0.740	0.500
70	0.904	0.612	0.948	0.728
75	1.048	0.668	1.050	0.820
80	1.108	0.718	1.108	0.908
85	1.268	0.794	1.216	0.992
90	1.374	0.852	1.406	1.134
91	1.390	0.868	1.372	1.192
92	1.386	0.906	1.400	1.132
93	1.404	0.922	1.426	1.164
94	1.446	0.974	1.492	1.210
95	1.436	1.010	1.524	1.250
96	1.436	1.052	1.554	1.256
97	1.460	1.104	1.612	1.264
98	1.456	1.138	1.670	1.340
99	1.524	1.160	1.742	1.342

Y bojilo				
RTV (%)	$D_i$			
	BnbO pp	UVB pp	BnbO pvc	UVB pvc
1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.004	0.004	0.000	0.000
3	0.022	0.008	0.002	0.000
4	0.050	0.026	0.018	0.004
5	0.026	0.040	0.018	0.012
6	0.030	0.046	0.018	0.014
7	0.034	0.052	0.016	0.014
8	0.038	0.062	0.024	0.020
9	0.046	0.078	0.032	0.026
10	0.048	0.086	0.038	0.032
15	0.082	0.094	0.072	0.064
20	0.138	0.142	0.136	0.112
25	0.206	0.190	0.184	0.160
30	0.264	0.232	0.244	0.206
40	0.362	0.306	0.350	0.288
50	0.490	0.396	0.468	0.390
60	0.620	0.508	0.600	0.494
70	0.782	0.718	0.782	0.692
75	0.900	0.792	0.884	0.756
80	0.954	0.850	0.938	0.826
85	1.028	0.960	1.044	0.928
90	1.126	1.068	1.160	1.026
91	1.114	1.056	1.212	1.086
92	1.156	1.228	1.226	1.170
93	1.128	1.172	1.204	1.190
94	1.182	1.176	1.216	1.204
95	1.180	1.196	1.232	1.250
96	1.206	1.192	1.254	1.278
97	1.186	1.282	1.268	1.324
98	1.212	1.308	1.320	1.362
99	1.220	1.334	1.392	1.446

K bojilo				
RTV (%)	$D_i$			
	BnbO pp	UVB pp	BnbO pvc	UVB pvc
1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.002	0.002	0.000	0.000
3	0.004	0.004	0.022	0.000
4	0.076	0.016	0.094	0.000
5	0.042	0.032	0.034	0.024
6	0.034	0.030	0.024	0.020
7	0.038	0.046	0.028	0.024
8	0.044	0.052	0.034	0.026
9	0.052	0.060	0.042	0.038
10	0.062	0.066	0.054	0.048
15	0.088	0.086	0.090	0.080
20	0.146	0.130	0.160	0.132
25	0.208	0.168	0.230	0.188
30	0.244	0.202	0.292	0.240
40	0.328	0.272	0.422	0.344
50	0.418	0.340	0.546	0.438
60	0.514	0.418	0.688	0.558
70	0.648	0.558	0.904	0.772
75	0.750	0.676	0.996	0.894
80	0.796	0.746	1.090	0.982
85	0.872	0.842	1.196	1.064
90	0.922	0.910	1.320	1.218
91	0.940	0.922	1.382	1.268
92	0.950	1.012	1.374	1.254
93	0.948	1.054	1.388	1.204
94	0.964	1.058	1.486	1.288
95	0.986	1.114	1.474	1.340
96	1.026	1.158	1.526	1.374
97	1.018	1.196	1.566	1.426
98	1.016	1.262	1.586	1.476
99	1.034	1.270	1.634	1.538

Tablica 40. Rezultati vizulne procjene ukupne kvalitete reprodukcije

broj ispitanika	BnbO pp	UVB pp	BnbO pvc	UVB pvc
1	a	c	d	b
2	c	b	a	d
3	c	a	d	b
4	c	b	d	a
5	b	d	c	a
6	a	d	c	b
7	b	c	d	a
8	c	d	b	a
9	c	d	a	b
10	c	b	c	a
11	d	b	c	a
12	d	b	a	c
13	c	d	a	b
14	d	a	b	c
15	d	a	b	c
16	d	b	a	c
17	c	d	a	b
18	c	d	b	a
19	b	d	c	a
20	c	d	a	b
21	d	c	b	a
22	b	d	c	a
23	d	a	b	c
24	a	d	c	b
25	d	c	a	b
26	d	c	b	a
27	d	a	b	c
28	c	b	d	a
29	d	b	c	a
30	a	b	d	c
31	c	d	b	a
32	a	d	b	c
33	b	c	d	a
34	d	c	a	b
35	d	b	c	a
36	d	b	c	a
37	c	d	b	a
38	d	c	b	a
39	b	d	c	a
40	b	c	d	a
41	d	b	a	c
42	c	d	a	b
43	d	c	b	a
44	c	d	a	b
45	c	d	a	b
46	b	d	c	a
47	c	d	a	c
48	d	c	a	b
49	b	c	d	a
50	c	d	a	b

Tablica 41. Rezultati vizulne procjene najbolje reprodukcije zlatne boje

broj ispitanika	BnbO pp	UVB pp	BnbO pvc	UVB pvc
1	d	c	b	a
2	b	c	d	a
3	b	a	d	c
4	d	a	b	c
5	d	c	a	b
6	d	c	b	a
7	c	d	a	b
8	c	d	a	b
9	b	d	c	a
10	d	a	b	c
11	d	c	b	a
12	c	d	b	a
13	d	c	a	b
14	d	a	b	c
15	d	a	b	c
16	d	b	a	c
17	c	d	a	b
18	c	d	b	a
19	c	d	b	a
20	a	c	d	b
21	b	c	d	a
22	d	c	a	b
23	d	b	c	a
24	d	b	c	a
25	c	d	a	b
26	c	d	b	a
27	b	d	c	a
28	b	a	d	c
29	a	d	c	b
30	d	c	a	b
31	b	c	d	a
32	b	a	d	c
33	c	d	b	a
34	c	d	b	a
35	d	b	a	c
36	c	d	a	b
37	c	d	b	a
38	d	c	b	a
39	b	d	c	a
40	d	c	b	a
41	d	b	a	c
42	c	d	a	b
43	d	c	b	a
44	c	d	a	b
45	c	d	a	b
46	b	d	c	a
47	c	d	a	c
48	d	c	a	b
49	d	c	b	a
50	c	d	a	b

## *Životopis*

Irena Bates, dipl.ing. rođena je 08. prosinca 1978 godine u Zagrebu. Nakon završene Prirodoslovno-matematičke gimnazije (III.) u Zagrebu, 1997. godine upisala je Grafički fakultet u Zagrebu, smjer Tehničko-tehnološki.

Tijekom studiranja dvije godine bila je demonstrator na katedri za Materijale u grafičkoj tehnologiji. Diplomirala 2003. godine na Grafičkom fakultetu s temom diplomskog rada „Boje za sitotisak“, mentor prof. dr. sc. Vesna Kropar Vančina.

Nakon završenog fakulteta zaposlena je u poduzeću "Sun Chemical", svjetskom proizvođaču tiskarskih boja i pigmenata. Upisala je 2004. godine poslijediplomski znanstveni studij na Grafičkom fakultetu u Zagrebu. U studenom 2006. godine zaposlena je na Grafičkom fakultetu u Zagrebu kao asistentica na Katedri za tisak.

S interesom za kontinuiranim unaprijeđivanjem provela je tri mjeseca na znanstvenom usavršavanju 2008. godine na Katedri za informacijsko in grafično tehnologijo, Naravoslovnotehniška fakulteta Univerza v Ljubljani u Sloveniji.

Suradnica je na projektu "Studij tehnoloških čimbenika grafičkog dizajna za sustavno unapređenje kvalitete" od Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa voditelja prof. dr. sc. Stanislav Bolanča. Sudjelovala je na mnogim međunarodnim i domaćim znanstvenim te stručnim konferencijama. Objavila je nekoliko poglavlja u međunarodnim znanstvenim knjigama te 3 znanstvenih radova u međunarodnim časopisima s međunarodnom recenzijom (CC i SCI kategorije).



## ***Popis radova i znanstvene djelatnosti***

### ***Izvorni znanstveni i pregledni radovi u CC časopisima:***

1. Zjakić, Igor; Parac-Osterman, Djurdjica; Bates, Irena.  
**NEW APPROACH TO METAMERISM MEASUREMENT ON HALFTONE COLOR IMAGES.** // *Measurement*. **44** (2011) , 8; 1441-1447 (članak, znanstveni).

### ***Znanstveni radovi u drugim časopisima:***

1. Bates, Irena; Zjakić, Igor; Milković, Marin.  
**LIGHTFASTNESS AND WEATHERFASTNESS OF OVERPRINT PATTERN OBTAINED ON POLYMER SUBSTRATES.** // *Tehnički vjesnik :znanstveno-stručni časopis tehničkih fakulteta Sveučilišta u Osijeku*. **18** (2011) , 3; 349-356 (članak, znanstveni).
2. Zjakić, Igor; Bates, Irena; Milković, Marin.  
**A STUDY OF DOT GAIN AND GAMUT FOR PRINTS MADE WITH HIGHLY PIGMENTED INKS.** // *Tehnički vjesnik :znanstveno-stručni časopis tehničkih fakulteta Sveučilišta u Osijeku*. **18** (2011) , 2; 227-235 (članak, znanstveni).

### ***Poglavlja u knjizi:***

1. Bates, Irena; Klanjac, Marina; Knežević, Neda; Modrić, Damir.  
**OPTICAL PROPERTIES OF PRINTED TRANSPARENT SUBSTRATES** // *DAAAM International Scientific Book 2010* / Katalinić, Branko (ur.). Vienna, Austria : DAAAM International, 2010. Str. 367-376.
2. Kumpar, Dejan; Zjakić, Igor; Bates, Irena.  
**DEVIATION OF DEFORMATION OF THE SCREEN ELEMENTS THROUGH CIRCULATION IN THE NEWSPAPER PRINTING** // *DAAAM International Scientific Book 2010* / Katalinić, Branko (ur.). Vienna, Austria : DAAAM International, 2010. Str. 357-366.
3. Bates, Irena; Miletić, Martina; Zjakić, Igor.  
**RESEARCH ON THE MECHANICAL AND CHEMICAL RESISTANCE OF PRINTS** // *DAAAM International Scientific Book 2009* / Katalinić, Branko (ur.). Vienna, Austria : DAAAM International, 2009. Str. 561-572.
4. . Markuš, Marko; Bertić, Irena; Zjakić, Igor.

**APPLICATION OF WEB OFFSET COLDSET BLACK WITH VARIABLE CONTENT OF VEGETABLE OILS // DAAAM International Scientific Book 2008.Vol. 7 / Katalinić, Branko (ur.). Vienna : DAAAM International Vienna, 2008. Str. 449-462.**

5. Zjakić, Igor; Bertić, Irena; Novaković, Marijana.

**Metamerism influence on the printing quality of different digital offset printing techniques // DAAAM International Scientific Book 2008.Vol. 7 / Katalinic, Branko (ur.). Vienna : DAAAM International Vienna, 2008. Str. 977-986**

***Znanstveniradovi u zbornicima skupova s međunarodnom recenzijom:***

1. Markotić, Danijela; Puceković, Nikolina; Bates, Irena.

**LINE DEFORMATION ANALYSIS IN DIGITAL REPRODUCTION BARCODES // 16th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, BlažBaromić 2012 - Proceedings / Mikota, Miroslav (ur.). Senj : Croatian Society of Graphic Artists, 2012.**

2. Bogdanović, Siniša; Bates, Irena.

**OVISNOST REPRODUKCIJE BOJE I TISKOVNE PODLOGE KOD INK-JET TISKA // 15th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, BlažBaromić 2011 - Proceedings / Mikota, Miroslav (ur.). Senj : Croatian Society of Graphic Artists, 2011. 161-170**

3. Fuček, Maja; Imbriovčan, Tamara; Bates, Irena.

**UTJECAJ GAMME MONITORA NA KVALITATIVNE PARAMETRE FLEKSOGRAFSKOG OTISKA // 15th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, BlažBaromić 2011 - Proceedings / Mikota, Miroslav (ur.). Senj : Croatian Society of Graphic Artists, 2011. 294-301**

4. Valdec, Dean; Bates, Irena; Golubović, Kristijan.

**DETERMINATION OF THE MINIMUM DOT AND ANILOX LINE SCREEN USED FOR FLEXOGRAPHY // ZBORNIK RADOVA 14. međunarodnog savjetovanja tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija Blaž Baromić / Mikota, Miroslav (ur.).Senj, 2010. 399-403**

5. Bates, Irena; Kropar-Vančina, Vesna; Bračko, Sabina; Zjakić, Igor.

**LIGHTFASTNESS OF SOME FLEXOGRAPHIC PRINTS // Proceedings of 13th International conference of printing, design and graphic communication BlažBaromić / Prof. PhD ZdenkaBolanča (ur.). Zagreb : Zagreb: Faculty of Graphic Arts ; Ljubljana: Faculty of Natural Science and Engineering ; Senj: Matica hrvatska, Ogranak ; Ljubljana: Pulp and Paper Institut, 2009. 25-29**

6. Bates, Irena; Zjakic, Igor.

**EVALUATION OF CHEMICAL DEGRADATION ON PRINTS WITH SOLVENT BASED INK AND UV INK // Proceedings of the 20th International DAAAM Symposium / Katalinic, Branko (ur.). Vienna, Austria : DAAAM International, 2009. 1675-1677**

7. Miletić, Martina; Jamnicki, Sonja; Bertić, Irena.

**INK TRAPPING IN HYBRID PRINTING TECHNOLOGY** // *Proceedings of the 2nd International Student Conference "Printing Future Days 2007"* / Institute for Print and Media Technology at Chemnitz University of Technology (ur.). Berlin : VWF Verlag fur Wissenschaft und Forschung GmbH, 2007. 112-116

8. Zjakić, Igor; Bertić, Irena; Jamnicki, Sonja.

**INK TRAPPING IN HYBRID TECHNOLOGY** // *Proceedings of 11th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications "BlažBaromić 07"* / Bolanča, Zdenka (ur.). Zagreb :Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2007. 163-166

***Stručni radovi u zbornicima skupova s recenzijom:***

1. Bates, Irena; Klanjac, Marina; Knežević, Neda; Zjakić, Igor; Modrić, Damir.

**APPLICATION AND RESEARCH OF EXPANDED MURRAY-DAVIES EQUATION ON THE TRANSPARENT SUBSTRATE** // *Proceedings of 13th International conference of printing, design and graphic communication BlažBaromić* / Prof. PhD Zdenka Bolanča (ur.). Zagreb : Faculty of Graphic Arts ; Ljubljana: Faculty of Natural Science and Engineering ; Senj: Matica hrvatska, Ogranak ; Ljubljana: Pulp and Paper Institut, 2009. 191-194

2. Zjakić, Igor; Jamnicki, Sonja; Bertić, Irena: **UTJECAJ OTIRANJA NA**

**KVALITETU TISKA AMBALAŽE** // *MATRIB 2007 Proceedings* / Grilec, Krešimir (ur.). Zagreb: Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, 2007. 269-279

3. Lozo, Branka; Vujnović, Marina; Bertić, Irena.

**PROIZVODNJA PAPIRA – CRTICE IZ PROŠLOSTI** // *Zbornik radova "Blaž Baromić"* / Zjakić, Igor (ur.),Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2001