

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

Donatela Šarić

UČINKOVITOST AKROMATSKE REPRODUKCIJE NA  
CRNOJ TISKOVNOJ PODLOZI PRIMJENOM BIJELE UV  
LED INKJET BOJE

Zagreb, 2019

*Ovaj rad je izrađen na Grafičkom fakultetu na Katedri za tiskarske procese pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Igora Majnarića i predan na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2018./2019.*

## POPIS KRATICA

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>UV</b>                      | Ultraljubičasto područje elektromagnetnog spektra   |
| <b><math>\Delta L^*</math></b> | Razlika u svjetlini otisaka   |
| <b><math>\Delta Z</math></b>   | Razlika u prirastu rastertonske vrijednosti   |
| <b><math>\Delta E</math></b>   | Kolorimetrijska razlika boja  |
| <b>D</b>                       | Gustoća obojenja  |
| <b>CMYK</b>                    | <i>engl.</i> Osnovne procesne boje koje se koriste u procesu višebojnog otiskivanja (cijan, magenta, žuta i crna) |
| <b>RTV</b>                     | Rastertonska vrijednost   |
| <b>ISO</b>                     | <i>engl. International Standardization Organization</i> – Međunarodna organizacija za standardizaciju             |
| <b>NIP</b>                     | <i>engl. Non Impact Printing</i> – Tehnika tiska koja ne primjenjuje pritisak                                     |

## Sadržaj:

|  |    |
|--|----|
| 1. UVOD .....  | 1  |
| 2. HIPOTEZE, OPĆI I SPECIFIČNI CILJEVI RADA.....               | 2  |
| 3. TEORIJSKI DIO.....  | 3  |
| 3.1. Bijele boje za tisak .....                                | 3  |
| 3.2. Bijele boje za Inkjet tisak.....                          | 5  |
| 3.3. Bijele UV boje za Inkjet tisak.....                       | 5  |
| 4. EKSPERIMENTALNI DIO .....                                   | 8  |
| 4.1. Metode, korišteni materijali i strojevi.....              | 9  |
| 4.1.1. Određivanje prirasta RTV-a.....                         | 9  |
| 4.1.2. Određivanje kolorimetrijske razlike ( $\Delta E$ )..... | 10 |
| 4.1.3. Tiskovne podloge.....                                   | 12 |
| 4.1.4. Tiskarski stroj Roland Versa UV LEC 300 .....           | 13 |
| 4.1.5. ECO UV boje.....  | 14 |
| 4.1.6. Spektrofotometar X-Rite eXact .....                     | 14 |
| 4.1.7. DinoLite mikroskop.....                                 | 15 |
| 5. REZULTATI.....  | 16 |
| 6. ZAKLJUČCI.....  | 23 |
| 7. POPIS LITERATURE .....                                      | 24 |
| 8. SAŽETAK .....   | 26 |
| 9. SUMMARY .....   | 26 |

# 1. UVOD

Na današnjem tržištu postoji sve više grafičkih proizvoda čime je i konkurencija u tiskarstvu sve veća. Dobavljače i buduće kupce se pokušava privući različitim inventivnijim dizajnima koji dosta često podrazumijevaju upotrebu i tisak na drugačije materijale. Bijela tiskovna podloga (papir) je materijal koji se najčešće koristi kao tiskovina. Ukoliko se radi o papiru nekog drugog obojenja ili pak o transparentnim folijama, najprije se otiskuje pokrivna bijela kako bi došlo do povećanja kontrasta.

Bijela podloga je pogodna upravo zato što je to neutralna boja koja reflektira sve valne duljine sa površine, te kao takve dolaze u promatračevo oko. Svi standardi u grafičkoj industriji (ISO TC – 130) su definirani na temelju otiskivanja upravo na idealnoj bijeloj podlozi. Vrlo rijetko se koristi crna podloga i za nju postoje dopune u standardima.

Crno bojilo je najkontrastnije i ukoliko se otiskuje na takvoj podlozi dolazi do njenog najvećeg uočavanja. Ponekad u slučaju velike površinske pokrivenosti crnom bojom (negativ reprodukcija slika) može se primijeniti tisak pokrivne bijele na crnu podlogu. Takvo bijelo bojilo mora biti visoko pigmentirano boja kako bi imalo što veliču pokrivnu moć.

Nažalost, bijele nemaju toliku efikasnost pri tisku manjih rastertonskih vrijednosti. Razlog tomu je ostvarenje malog nanosa. Još jedan nedostatak ovakvih bojila je visoka cijena pa otiskivanje nije isplativo s obzirom na kupčeve zahtjeve.

Cilj ovog studentskog istraživačkog rada jest odrediti mogućnost primjene pokrivne bijele pri realizaciji akromatskih rasterskih reprodukcija gdje boja podloge utječe na razliku obojenja. Za potrebe istraživanja provedena su spektrofotometrijska i kolorimetrijska mjerenja boja na sedam različitih varijacija ispisa bijele boje. Rezultati su prikazani u obliku krivulja reprodukcije dobivenih spektrofotometrijskom i denzitometrijskom analizom te u obliku mikroskopski uvećanih snimljenih rasterskih elemenata na otiscima. Na temelju istih moguće će biti djelomično realizirati reprodukciju sa homogenim crnim površinama, kao i otiske sa parcijalnom informacijom o bjelini (bijeli otisak).

## **2. HIPOTEZE, OPĆI I SPECIFIČNI CILJEVI RADA**

Da bi se otisnule negativske ilustracije (bijeli tekst, crna podloga) potrebno je otisnuti crnu sa velikom pokrivenošću (90% podloge). Prilikom realizacije takvih proizvoda pri otiskivanju je potrebno izvršiti otiskivanje u više prolaza (dva puta). Alternativa takvim proizvodima je tisak bijele na crnoj podlozi gdje se bijela na bazi  $\text{TiO}_2$  nanaša sa malom pokrivenošću (10% podloge). Da bi se ostvario veći opacitet bijele, u procesu tiska potrebno je vršiti otiskivanje u više nanosa (jedan, dva ili tri nanosa), povećati intenzitet obojenja na jedinici za obojavanje ili povećati prirast RTV-a sa LUT krivuljama.

Cilj ovog rada je istražiti koliko je učinkovito otiskivanje bijele boje na crnoj tiskovnoj podlozi te istu dovesti u odnos s otiskom crne boje na bijeloj podlozi. Za potrebe istraživanja otisnut je referentni uzorak crne boje na bijeloj tiskovnoj podlozi te sedam verzija bijelih otisaka na crnoj podlozi nastalih eksperimentalnim varijacijama. To su: otisci bijele sa 1,2 i 3 nanosa, otisci bijele sa korekcijom LUT krivulje za 10 % i 20 % prirasta (softversko povećanje prirasta) te otisci bijele sa minimalnom i maksimalnom količinom nanosa boje.

Na temelju istih definirat će se optimalna varijanta otiskivanja bijele (koja je najbliža referentnoj) te će se definirati vrijednosti dozvoljenog prirasta RTV-a za otiskivanje bijele boje. Ispitivanje je izvršeno u Zagrebu na Grafičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu na Katedri za tiskarske procese u periodu od 4. ožujka do 14. travnja.

### 3. TEORIJSKI DIO

U suvremenom tisku akromatske reprodukcije se otiskuju konvencionalnim i digitalnim tehnikama otiskivanja. Trenutno se sve više koriste NIP (*Non Impact printing*) tehnologije od kojih su najzastupljenije Elektrofotografija i Inkjet. Inkjet je tehnologija direktnog otiskivanja gdje se likvidne boje nanašaju direktno na tiskovnu podlogu. Da bi se osiguralo trenutno sušenje u takvim bojilima nalaze se fotoinicijatori koji započinju proces polimerizacije. Konačan rezultat je trenutno suh otisak. Takvom tehnikom tiska moguće je ostvariti velik nanos boje što je idealno za otiskivanje pokrivne bijele boje. Standardno se otiskuju četiri procesne boje cijan, magenta, žuta i crna čiji nositelji obojenja mogu biti pigmenti i tekuća bojila (dye). [1] Koloranti su sitno disperzirane čestice u vezivu i u otapalu. Što su čestice pigmentata manje to je disperzija veća. Da bi boja imala veći opacitet, odnosno da bi se smanjila njena prozirnost dodaje se veća koncentracija pigmentata. Bojila koja ponekad služe kao zamjena skupim pigmentima će zbog svoje male molekularne mase imati manju pokrivnu moć što obavezno zahtijeva veći nanos boje

#### 3.1. Bijele boje za tisak

Kao nositelj obojenja za bijelu boju koristi se titan dioksid ( $\text{TiO}_2$ ), koji se često koristi i za premazivanje papirnih površina da bi papir bio što bjelji. U tim slučajevima nanos premaza je puno manji (od 5  $\mu\text{m}$  do 40  $\mu\text{m}$ ). Kao pigmenti se često koristi i kalcijev karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), kaolin, talk, kalcinirani kaolin, sintetski pigmenti.

Zbog jako velike refrakcije svjetlosti upravo se titan dioksid koristi kao pigment za bijelu boju, jer samo nekoliko poznatih supstanci ima veći indeks prelamanja.[2] U tablici 1 prikazane su karakteristike najčešće korištenih bijelih pigmentata.

Tablica 1. Svojstva najčešće korištenih pigmenata bijele boje

| Pigment                            | Veličina Čestice<br>( $\mu\text{m}$ ) | Oblik         | Indeks loma<br>svjetlosti | ISO svjetlina<br>(%) |
|------------------------------------|---------------------------------------|---------------|---------------------------|----------------------|
| <b>Kaolin</b>                      | 0,3 – 5                               | Heksagonalan  | 1,56                      | 80 - 90              |
| <b>CaCO<sub>3</sub></b>            | 0,7 – 2                               | Kocka, prizma | 1,56 – 1,65               | 87 – 97              |
| <b>Nataloženi CaCO<sub>3</sub></b> | 0,1 – 1,0                             | Promjenjiv    | 1,59                      | 96,99                |
| <b>Talk</b>                        | 0,3 – 5                               | Pločast       | 1,57                      | 85 – 90              |
| <b>Kalcinirani kaolin</b>          | 0,7                                   | Pločast       | 1,56                      | 93                   |
| <b>TiO<sub>2</sub> ANATAS</b>      | 0,2 – 0,5                             | Štapičast     | 2,55                      | 98 – 99              |
| <b>TiO<sub>2</sub> Rutil</b>       | 0,2 – 0,5                             | Okrugao       | 2,7                       | 97 - 99              |
| <b>Sintetički</b>                  | 0,1 – 0,5                             | Okrugao       | 1,59                      | 93 – 94              |

Titan dioksid bijela je najčešće osnovna za Inkjet bijelu boju kao i za konvencionalnu ofsetnu tehniku. Tvornička oznaka takve boje je bijeli pigment CI 6 ili CI 77891. TiO<sub>2</sub> je jedinstven jer učinkovito raspršuje vidljivo svjetlo, čime povećava bjelinu, svjetlinu i opacitet boje.

Raspršivanje vidljivog svjetlosti najveće je kod veličine čestica 200 – 300 nm. To je znatno veće od ostalih UV boja koje sadrže veličinu pigmenta manje od 200 nm. Postoje dvije vrste struktura titan oksida, Rutil (najčešće zastupljen) i anatas. Anatas TiO<sub>2</sub> se najčešće koristi tekućim tiskarskim bojama zbog mekše strukture. Nažalost čestice pigmenata su veće i teže od čestica pigmenata drugih boja što stvara probleme kod debljine nanosa u Inkjetu gdje je nanos deblji. Zbog toga se često bijela boja na obojanim podlogama tiska u više slojeva, što pak vodi do gubitka kvalitete otiska i nedovoljno preciznog registra.

Titan oksid ima ekstremno veliko raspršenje svjetlosti s uslijed njegovog velikog refraktivnog indeksa koji iznosi 2,5. U usporedbi sa pigmentima u bojama za konvencionalni tisak, njihov indeks refrakcije iznosi od 1,5 do 1,6. S druge strane, titan oksid ima jako veliku apsorpciju u području UV dijela spektra, a velika apsorpcija svjetlosti u UV dijelu spektra znači da fluorescentna sredstva za izbjeljivanje slabo funkcioniraju sa TiO<sub>2</sub>. Titan oksid je jako efikasan pigment koji daje veliki opacitet čak i pri maloj kvantiteti nanosa. [2]

Razvoj Inkjet strojeva koji koriste UV LED Inkjet sušeće boje dao je poticaj razvoju novih formulacija za pouzdan tisak bijele boje. [3] Zbog toga su otisci za potrebe eksperimentalnog dijela ovog rada tiskani upravo Inkjet tehnikom tiska.



### **3.2. Bijele boje za Inkjet tisak**

Kod profesionalnih pisača velikih formata, koristi se puno veći izbor boja. Pritom se najčešće koriste Inkjet glave koje rade piezo tehnologijom. Bojila koje se koriste u ovom slučaju su:

- Boja na bazi otapala:  
Glavni sastojak ovih boja su lakohlapljiva organska otapala. Prednost im je ta da su jeftina i mogućnost ispisa na podloge za vanjsku upotrebu (paneli, reklame i sl.)
- UV sušeće boje:  
Sastoje se uglavnom od akrilnih monomera uz dodatak inicijatora. Nakon otiskivanja boja se izlaže djelovanju jakog UV svjetla pri čemu dolazi do trenutnog sušenja. Prednost ovih boja je trenutačno sušenje te širok raspon podloga za otiskivanje, visoka kvaliteta ispisa, velik volumen nanosa boje i mogućnost reljefnog tiska.[4]
- Boje na bazi sublimacije pigmenta:  
Sadrže specijalne sublimacijske pigmente i koriste se za tisak na tkanine koje se sastoje od velikog udjela poliesterskih vlakana. Zagrijavanjem se pigment uprešava u vlakna te se stvara slika velike kvalitete i dobre izdržljivosti.[5]

### **3.3. Bijele UV boje za Inkjet tisak**

Inkjet tisak je u velikom valu interesa različitih grana industrija, najvećim dijelom zbog napretka u hardverskoj tehnologiji koja ima poboljšane aspekte brzine i kvalitete premazivanja. Za Inkjet ima više vrsta bojila, ovisno o načinu rada pisača, to su: kontinuirani Inkjet (boje na bazi vode i na bazi otapala), termalni Inkjet (na bazi vode, ali i nekih otapala), piezoelektrični Inkjet (na bazi vode, otapala, ulja ili UV sušeće boje). Postoje i neki fizički zahtjevi za UV sušeće boje kao što su viskozitet. On treba biti prilično nizak (od 8 do 12 cps) uz malu površinsku napetost prijanjanja bojila (od 20 do 30 din/cm). [6]

Iako postoje prednosti i nedostaci za svaku vrstu uređaja, najveći porast zabilježen je za UV Inkjet ispise, ostvarene putem piezoelektričnih glava za ispis. To je zbog mnogih prednosti koje UV sušeće donose

- Ekološka prihvatljivost – bez kemikalija
- Trenutno sušenje tijekom izlaganja UV zračenju
- Zahtijevaju manju količinu opreme nego konvencionalne tehnike tiska
- Konzistentnija boja (bez otapala) i manje korištenja boje
- Otisci imaju bolja mehanička svojstva i veću otpornost na otiranje

Glavna razlika UV Inkjet sušćih boja u usporedbi s konvencionalnim bojama je u veličini čestica pigmenata koje su nažalost podložne sedimentaciji. Razvoj UV bijelih boja za ispis u jednom prolazu glavni je izazov, ne samo zbog strukture pigmenata, nego i zbog ostalih komponenti od kojih se sastoji UV bijela boja. To su:

- Oligomeri – omogućuju stvrđavanje boje, uključujući i njezino prianjanje i fleksibilnost
- Monomeri – osiguravanje niže vrijednosti viskoznosti boje ili premaza
- Pigmenti – nosioci obojenja
- Fotoinicijatori – pokreću trenutno sušenje UV boja
- Dodaci: sredstva protiv pjenjenja, sredstva za vlaženje, sredstva za dispergiranje, mirisi

Svaka komponenta ima važnu ulogu u optimizaciji svojstva konačne formule boje. Međutim, ponekad nespojivi zahtjevi, kao npr. viskoznost u odnosu na količinu pigmenta, postavljaju brojna tehnička pitanja koja proizvođač boje mora uzeti u obzir, posebno pri formuliranju UV bijele boje s niskom viskoznošću i visokim opacitetom.[7]

Opacitet ili neprozirnost boje definira se kao sposobnost premaza da spriječi transmisiju svjetlosti. Što je veći opacitet boje, to je učinkovitije prekrivanje tiskovne podloge. Standard ISO 2814 – D4 (također poznat i kao BS 3900) koristi se za usporedbu zamućenja Inkjet bojila. Ovaj standard opisuje kako se nanosi sloj boje na crno – bijelu podlogu s uzorkom. Spektrofotometrom se mjeri reflektirana svjetlost sa crne podloge  $Y_b$  i sa bijele podloge  $Y_w$ . Postotak opaciteta se računa prema sljedećoj formuli:

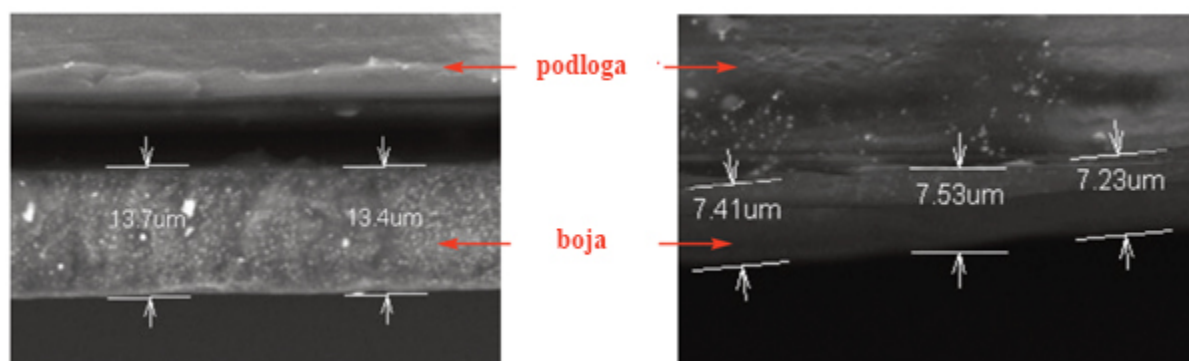
$$\text{Opacitet (\%)} = \frac{Y_w}{Y_b} \times 100 \quad [1]$$

Za mjerenje opaciteta bijele boje često se mjeri svjetlina, odnosno  $L^*$  vrijednost. U tablici 2 prikazane su razlike među bojama te vrijednosti opaciteta koje se mogu postići koje koriste digitalni Inkjet tehnike tiska.[6]

Tablica 2. Refleksijski indeks loma za bijele boje različitih tehnika tiska

| Tehnika tiska                              | Optimalni udio pigmenta u boji | Optimalna debljina nanosa boje | Vrijednosti opaciteta |       |
|--|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|-------|
|  |                                |                                | Y refleksija          | L*    |
| UV rotacijski sitotisak                    | $\geq 36\%$                    | 10 $\mu\text{m}$               | 87%                   | > 95% |
| UV Inkjet                                  | $\geq 30\%$                    | 8 $\mu\text{m}$                | 84%                   | > 94% |
| UV Inkjet,<br>(mala viskoznost; 2x prolaz) | $\geq 20\%$                    | 14 $\mu\text{m}$               | 84%                   | > 94% |
| UV fleksotisak                             | $\geq 50\%$                    | 4 $\mu\text{m}$                | 80%                   | > 93% |

Ispisne glave Inkjeta koje zahtijevaju UV bijelu boju s nižim viskozitetom. One obično sadrže 35% manje pigmenta od ostalih boja, što značajno povećava prozirnost bojila. Jedno rješenje ovog problema je dvostruki nanos bijele boje, koji nažalost značajno povećava troškove tiska. To će povećati opacitet boje, ali će i nanos boje biti veći. Na slici 1 prikazana je razlika otisaka sa jednim i sa dva nanosa bijelog bojila. Debljina nanosa boje ispisana je bojom s nižom viskoznošću i dvostrukim nanosom. [8]



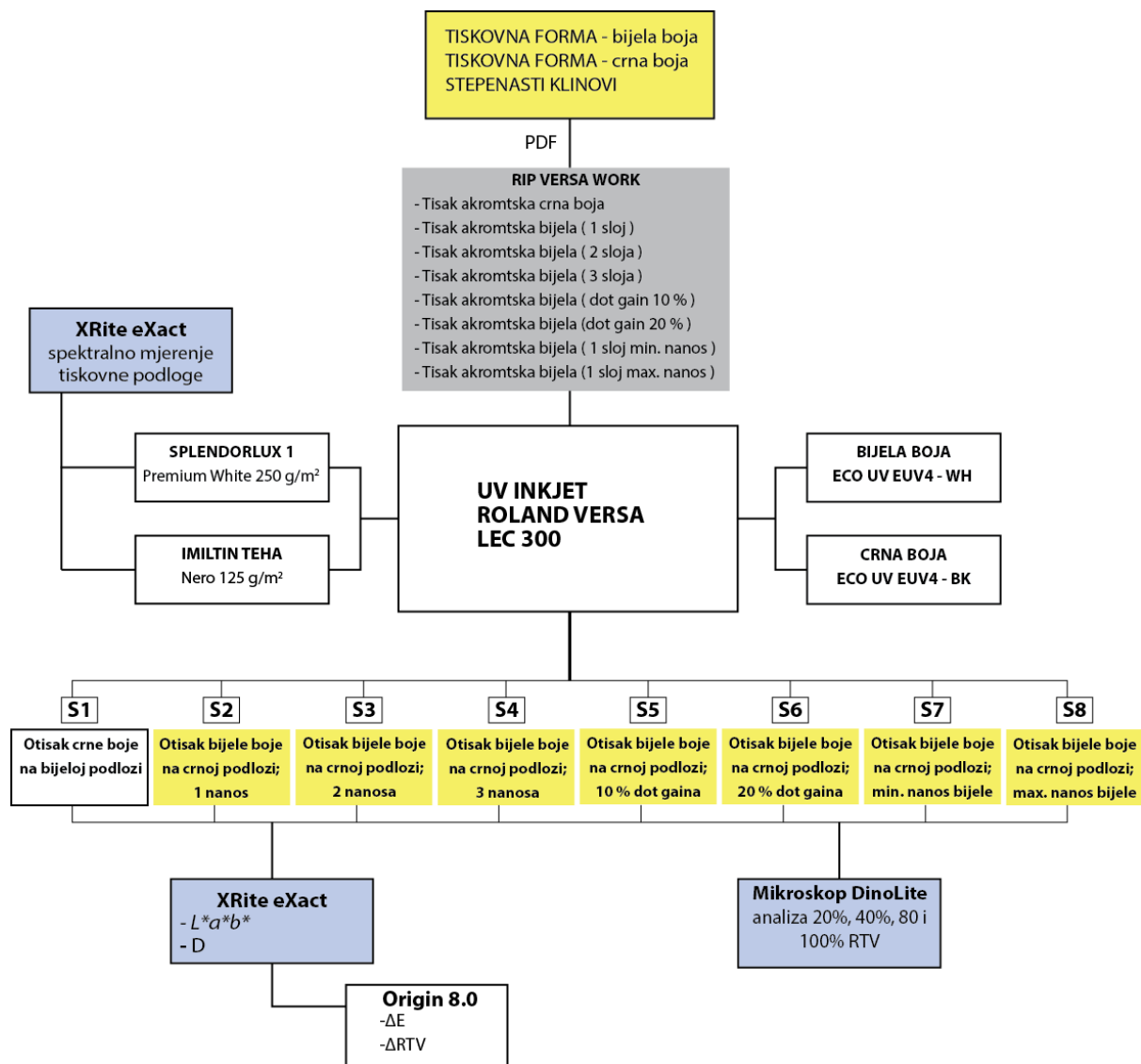
Slika 1. Nanos bijele boje tiskan u dva prolaza (lijevo) i nanos bijele boje sa većom viskoznošću (desno)

Debljina nanosa bijele boje sa dva nanosa je skoro dvostruko veća (13.4  $\mu\text{m}$  – 13.7  $\mu\text{m}$ ) za razliku od boje sa većom viskoznošću (7.2  $\mu\text{m}$  – 7.5  $\mu\text{m}$ ) u jednom prolazu. Iako je boja problematičnija, tiskanje bojama veće viskoznošću je ekonomičnije s obzirom na količinu potrošene boje, energije i vremena sušenja. Adhezija boja je jača te je nanos bojila fleksibilniji.

## 4. EKSPERIMENTALNI DIO

U prvom dijelu eksperimentalnog rada izrađena je tiskovna forma u programu *Adobe Illustrator*. Napravljeni su tiskovni elementi koju su na sebi imali standardni klin (raspon od 10 % do 100 % RTV). Tako specijalno izrađena PDF tiskovna forma je obrađena u *RIP-u Roland Versa Work* pri čemu je definirano osam različitih otisaka za ispitivanje. To su: a) otisak akromatske crne boje, b) otisak akromatske bijele boje sa jednim nanosom, c) otisak akromatske bijele boje sa dva nanosa, d) otisak akromatske bijele boje sa tri nanosa, e) otisak akromatske bijele boje sa korekcijom LUT krivulje (10 % dot gain), f) otisak akromatske bijele boje sa korekcijom LUT krivulje (20 % dot gain), g) otisak akromatske bijele boje sa minimalnom količinom nanosa bijele boje u jednom nanosu i h) tisk akromatske bijele boje sa maksimalnom količinom nanosa bijele boje u jednom nanosu.

Otiskivanje se vršilo na tiskarskom stroju UV Inkjet *Roland Versa LEC 300*. Primijenjene boje su bile bijela Roland ECO UV EUV4 – WH boja i crna boja Roland ECO UV EUV4 – BK boja. Tiskovne podloge korištene za eksperimentalni rad bile su *Splendorlux 1 Premium White* 250 g/m<sup>2</sup> papir i IMITLIN TEHA, Nero 125 g/m<sup>2</sup> crna podloga. Obje tiskovne podloge su prije otiskivanja spektrofotometrijski ispitane uređajem *x-Rite eXact*. Densitometrijska i spektrofotometrijska mjerenja odrađena su na uređaju *x-Rite eXact* nakon čega su rezultati daljnje obrađeni u programu *OriginLab 8.0*, a *DinoLite* mikroskopom analiza površina sa 20 %, 40 %, 80 % i 100 % pokrivenošću. Na slici 2 prikazan je shematski tijek eksperimenta.



Slika 2. Shema eksperimentalnog rada

#### 4.1. Metode, korišteni materijali i strojevi

##### 4.1.1. Određivanje prirasta RTV-a

Veličina rasterskog elementa (najčešće točkica), odnosno njena integralna gustoća na otisku ponajviše ovisi o uvjetima u tisku i o uvjetima koju utječu na veličinu rasterskog elementa. Veće korekcije moguće je izvesti tijekom procesa prenošenja prenošenja tonskih vrijednosti originala kroz reprodukcijski lanac. Jackson je definirao prirast rastertonske vrijednosti kao ukupni fizički prirast u veličini rasterskog elementa do kojeg dolazi prilikom svakog koraka prijenosa slike na otisnuti papir. [16]

Povećanje stvarne pokrivenosti u odnosu na teoretsku pokrivenost naziva se prirast rastertonske vrijednosti ili *dot gain*. Rastertonska vrijednost određenog polja RTV određuje se mjerenjem bjeline papira (RTV = 0 %), mjerenjem punog tona ( RTV = 100%) i rasterskog polja za koje se određuje prirast. Stvarna rastertonska vrijednost određenog polja  $F_{(a)}$  računa se Murray – Daviesovom formulom:

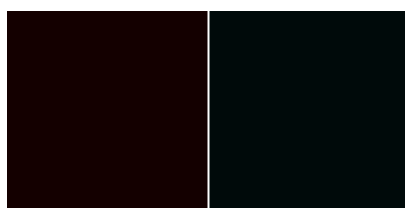
$$F_{(a)} = \frac{1 - 10^{-DR}}{1 - 10^{-DPP}} \times 100$$

gdje je  $D_R$  gustoća obojenja rasterskog polja, a  $D_{PP}$  gustoća obojenja punog polja.

Prirast rasterskog elementa neizbježna je pojava u svakoj tehnici tiska i zbog toga se promjene kod prijenosa tonских vrijednosti u tisku uzimaju u obzir i unaprijed kompenziraju. Prirast rasterskog elementa može biti pozitivan i negativan. Pozitivan prirast rasterskog elementa je povećanje rasterskih elemenata, a negativan prirast je smanjenje rasterskog elementa. Prirastom se mijenja i relativna rasterska površina pa se na otisku ne postiže željena tonska vrijednost i tu slika izgleda tamnija. Prirast je veći kod većih linijatura rastera, odnosno kod sitnije definiranih rasterskih elemenata.[17]

#### 4.1.2. Određivanje kolorimetrijske razlike ( $\Delta E$ )

Da bi se istražilo ponašanje bijele boje na crnoj tiskovnoj podlozi, osim računanja prirasta od crne boje na bijeloj podlozi i računanja devijacije na izmjerenim vrijednostima  $L^*a^*b^*$  na temelju istih moguće je odrediti  $\Delta E$ . Kolorimetrijska razlika boja se računa Euklidskom formulom za udaljenost točaka s obzirom da je CIE Lab prostor trodimenzionalan prostor boja. Međutim, problem nastaje kada se radi sa dvije zasićene boje različitih tonova. U tom slučaju vrijednosti izračunate sa formulom  $\Delta E$  pokazuju prevelike razlike koje ne odgovaraju vizualnoj procjeni. (Primjer na slici 3)



Slika 3. Usporedba dvije boje različitog tona, velikog zasićenja

Zbog gore navedenih problema, CIE (International Commission on Illumination) je nastojala ispraviti netočnost svjetline uvođenjem  $\Delta E_{00}$ . Trenutno je to najsloženiji, ali i najtočniji algoritam CIE razlike u boji koji je dostupan.[19]

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

Gdje je :

$$\Delta L = L_2 - L_1$$

$$\Delta C = C_2 - C_1 ; C_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} ; C_2 = \sqrt{a_2^2 + b_2^2}$$

$$h_1 = \text{atan2}(b_1, a_1) ; h_2 = \text{atan2}(b_2, a_2)$$

$$\Delta H = 2 \sqrt{C_1 C_2 \sin\left(\frac{\Delta h}{2}\right)}$$

$$T = 1 - 0,17 \cos(H - 30^\circ) + 0,24 \cos(2H) + 0,32 \cos(3H + 6^\circ) - 0,20 \cos(4H - 63^\circ)$$

$$S_L = 1 + \frac{0,015 (\bar{L}-50)^2}{\sqrt{20 + (\bar{L}-50)^2}} ; S_C = 1 + 0,045 C ;$$

$$S_H = 1 + 0,015 C T ;$$

$$= -2 \sqrt{\frac{C^7}{C^7 25^7} \sin\left[60^\circ * \exp\left(-\left[\frac{H-275^\circ}{25^\circ}\right]^2\right)\right]}$$

Iako je on najtočniji danas,  $\Delta E_{00}$  nije bez greške. Najznačajniji diskontinuitet nastaje kada se uspoređuju boje razlike u tonovima za  $180^\circ$ . Po CIE2000 analizi, to bi moglo stvoriti pogrešku od  $\Delta E = 0,2734$ . Ovo je zanemarivo, osim u slučaju kad se traži jako velika preciznost rezultata.

Za potrebe istraživanja u ovom su radu mjerene  $L^*a^*b^*$  vrijednosti preko koje su se pomoću računala izračunale  $\Delta E_{00}$  razlika obojenja. Tako s ekperimentalno uspoređen svaki uzorak u odnosu na referentni uzorak.

#### 4.1.3. Tiskovne podloge

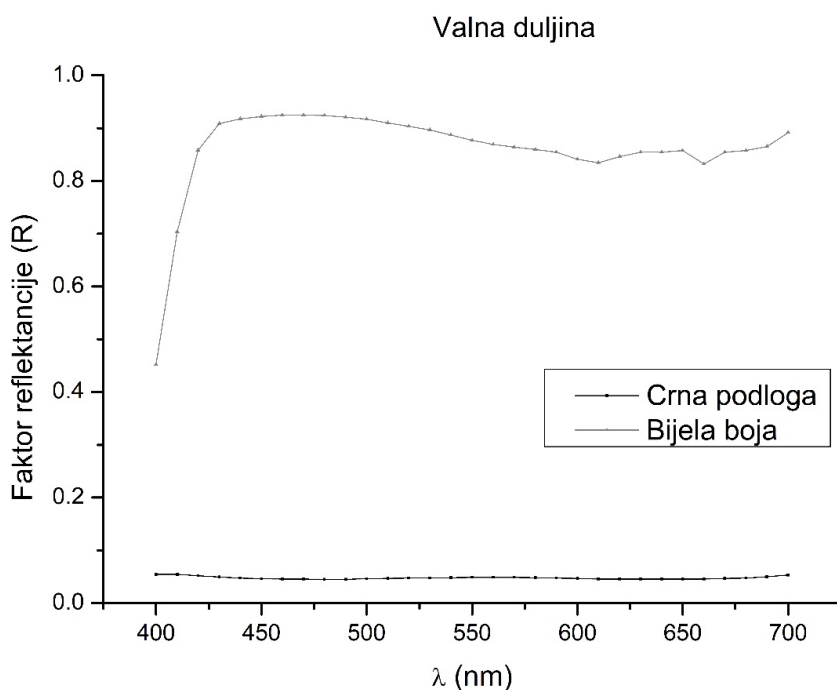
U istraživanju su korištene dvije tiskovne podloge. Prva, (referentni uzorak) otisnuta *Splendorlux 1* papiru *Premium White* na bijelom, recikliranom papiru bez klora, visokog sjaja i bjeline pogodan je za tisak u svim tehnikama tiska. Svjetlina papira prema ISO 2470 standardu iznosi  $92 \% \pm 2$ , dok je a sjajnost prema ISO 8254 – 2 standardu ovog papira je  $97 \% \pm 3$ . Korišteni *Splendorlux* je gramature  $250 \text{ g/m}^2$  i debljine  $290 \mu\text{m}$ . [9]

Ostalih sedam otisaka otisnuti su na crnoj tiskovnoj podlozi. Kao crna tiskovna podloga korišten je nepremazani papir IMITLIN TELA, Nero To je  $125 \text{ g/m}^2$  papir reljefne površine za veću otpornost na grebanje i struganje. Objе vrste tiskovnih podloga su pH neutralne. Prema ISO 2470 standardu, tamnoća papira iznosi  $101 \% \pm 2$ . [10]

Na slici 4 prikazane su krivulje spektralne reflektancije crne tiskovne podloge i bijele boje koje su korištene u eksperimentu.

$$R = \frac{I_R}{I_0} \quad [2]$$

Gdje je  $I_R$  reflektirano zračenje, a  $I_0$  upadno zračenje. Za idealno crno tijelo reflektancija iznosi  $R_c = 0$ , a za idealno bijelo reflektancija iznosi  $R_B = 1$ . Koefficient refleksije, odnosno reflektancija je omjer od neke površine reflektiranog i na tu površinu upadnog toka zračenja.



Slika 4. Spektralne reflektancije korištenih tiskovnih podloga



#### 4.1.4. Tiskarski stroj Roland Versa UV LEC 300

Uzorci su otisnuti na stroju Roland VersaUV LEC-300 koji radi na principu piezo Inkjet tehnologije. Format tiskovne podloge koji stroj prihvaća je od 182 do 762 mm, dok je maksimalna rezolucija 1440x720 dpi. Roland Versa UV pruža i opciju direktnog razrezivanja uzoraka, te općenito ima mogućnost tiska iz role ili na arke. Sadrži pet različitih boja (cijan, magenta, žuta, crna i bijela) te ima dodatnu mogućnost lakiranja. Roland Versa UV LEC 300 koristi specijalne ECO-UV sušeća bojila. [12]

Tablica 3. Specifikacije Roland Versa UV LEC 300

| Specifikacije | Roland VersaUV LEC 300 |
|---------------|------------------------|
| Načina tiska  | Rola i iz arka         |
| Rezolucija    | 1440 dpi               |
| Boje          | CMYK+ bijela           |
| Boja          | ECO-UV                 |
| Softver/RIP   | Roland VersaWorks Rip  |
| Brzina        | 9.38 m <sup>2</sup> /h |



Slika 5. Tiskarski stroj Roland Versa UV LEC – 300

#### 4.1.5. ECO UV boje

ECO-UV bojilo je posebno formulirano za *Versa LED UV* sušeeće sisteme. Zbog trenutnog sušenja ECO - UV je prikladno za sve brzine otiskivanja, pritom dajući otisak visoke rezolucije. Vrlo dobro prijanja na širok raspon tiskovnih podloga (folija, papir, film, vinil, itd.), Posjeduje visok stupanj elastičnosti što omogućava moguće primjene otisaka na zakrivljene plohe bez pucanja. Komponente ECO UV EUV4 bijele boje izražene u postocima su sljedeće: akrilni esteri 30-40%, titan dioksid 10-20%, heksametilen diakrilat 10-20%, glikol diakrilat 10-20%, tripropilen 10-20%, derivati fosfin oksida 5-15%, sintetičke smole 0.5-15% i ostali fotoosjetljivi monomeri 0-5%. Komponente crne ECO UV EUV4 boje izražene u postocima su sljedeće: ugljik 1 - 5%, organski materijali 5-15%, dietilen glikol dietil eter < 50 %,  $\gamma$  – butirolaktona < 20%, tetraetilenglikoldimetileter, 10-20 % i dialkinglikoldialkileter 15 – 25 %. Bojila su izvorno tekućine viskoznosti od 6 do 8 mPa·s, koje su vrlo nestabilne pod utjecajem topline i svjetla.[11]

#### 4.1.6. Spektrofotometar X-Rite eXact

X-Rite eXact služi za mjerenja vrijednosti boje u tisku i laboratorijima bojila. Ključne značajke spektrofotometra su zaslon u boji osjetljiv na dodir, automatska kalibracija, podržavanje svih načina mjerenja koji su u skladu s ISO standardima, softver za upravljanje instrumentima i mjerenja prijenosa podataka.[13] Za potrebe ovog rada spektrofotometar je postavljen na M0 mjerno stanje (bez primjene filtera), sa standardnim promatračem vidnog kuta od 2° i standardnog osvjetljenja D50.[14]

Tablica 4. Osnovne funkcionalnosti mjernog uređaja x-Rite eXact

|                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| Brzina mjerenja         | < 1 sec                 |
| Raspon valnih duljina   | 400 – 700 nm            |
| Raspon mjerenja         | 0 – 200 % reflektancija |
| Optička razlučivost     | 10 nm                   |
| Geometrija              | 45°/0°                  |
| Standardni promatrač    | 2°/10°                  |
| Mjerna površina         | Ø1.5, Ø2, Ø4 i Ø6 m     |
| Standard                | ISO 13655:2009          |
| USB                     | USB 2                   |
| Mjerni uvjeti           | M0, M1, M2, M3          |
| Mjerenje valnih duljina | 400 nm – 700 nm         |



*Slika 6. Spektrofotometar X-Rite eXact*

Mjerenja su daljnje obrađivana u Microsoft Excelu gdje su  $L^*a^*b^*$  vrijednosti i vrijednosti gustoće obojenja daljnje obrađivane primjenom Murray Daviesove formule. Računalo i Ronald VersaUV LEC – 300 tiskarskog stroja omogućena je kroz RIP softver VersaWorks, koji omogućuje pretvaranje slike iz zaslonske forme korištenjem PostScript 3. RIP je podešen na tri različita tipa ispisa: tisak bijele boje u jednom nanosu, tisak bijele boje u dva nanosa i tisak bijele boje u tri nanosa.

#### *4.1.7. DinoLite mikroskop*

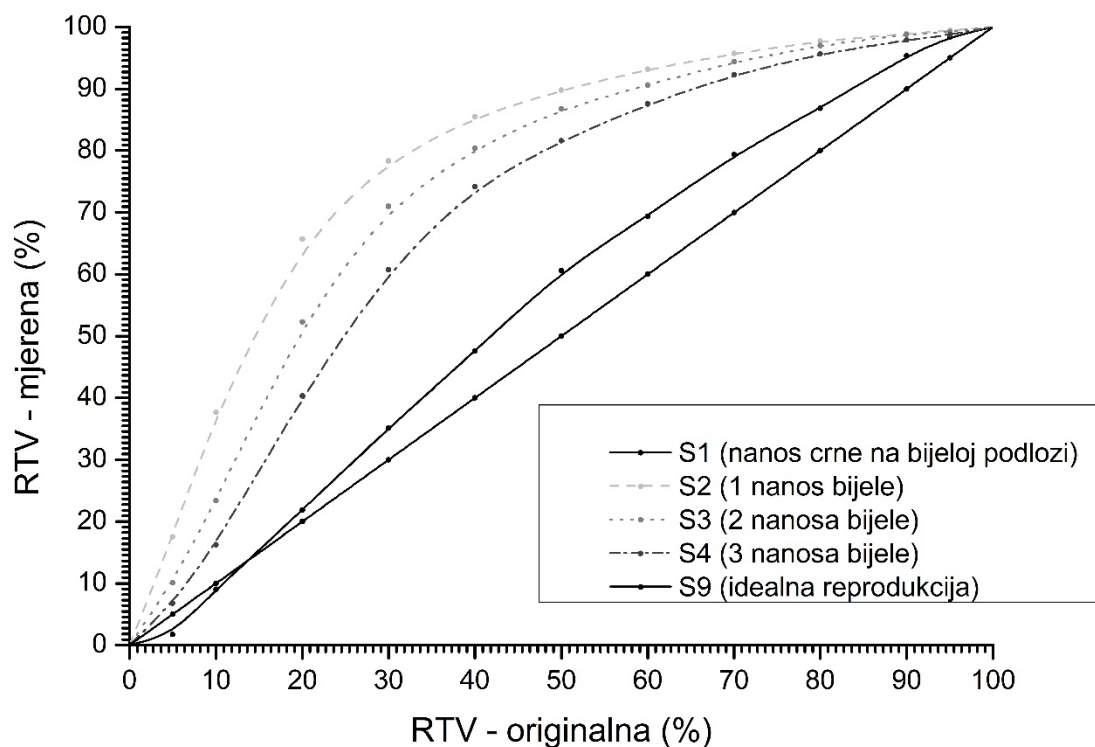
DinoLite mikroskop omogućava slike u visokoj rezoluciji u rasponu povećanja od 20 do 220 puta uz najveću fleksibilnost osvjetljenja. Integriran sa optikom, naprednim 5MP sensorom i MJPEG kompresijom s malim gubitkom. DinoLite mikroskop daje oštre slike s malom potrošnjom energije. U sebi ima ugrađenih 8 bijelih LED za kontrolu kako bi omogućio djelomično osvjetljenje za poboljšanje kontrasta na rubovima i kako bi se osigurala prilagodljivost za intenzitet boje. Zbog podesivog polarizatora, čvrstog kućišta i lakog rukovanja ima velik raspon primjene. [15] Karakteristični uzorci pomoću *DinoLite Pro* digitalne kamere uvaćani 60x.



*Slika 7. DinoLite digitalni mikroskop*

## 5. REZULTATI

Da bi se odredio tonski raspon višetonskih slika potrebno je konstruirati karakteristične krivulje reprodukcije. Zbog neželjenog optičkog prirasta takve krivulje imat će najveće devijacije u srednjim tonskim vrijednostima. Sa povećanjem i smanjenjem RTV-a njihova vrijednost će se smanjivati. Na slikama 8 i 9 prikazane su krivulje reprodukcije bijele boje otisnute sa 1, 2 i 3 nanosa zajedno sa mikroskopski uvećanim fotografijama.



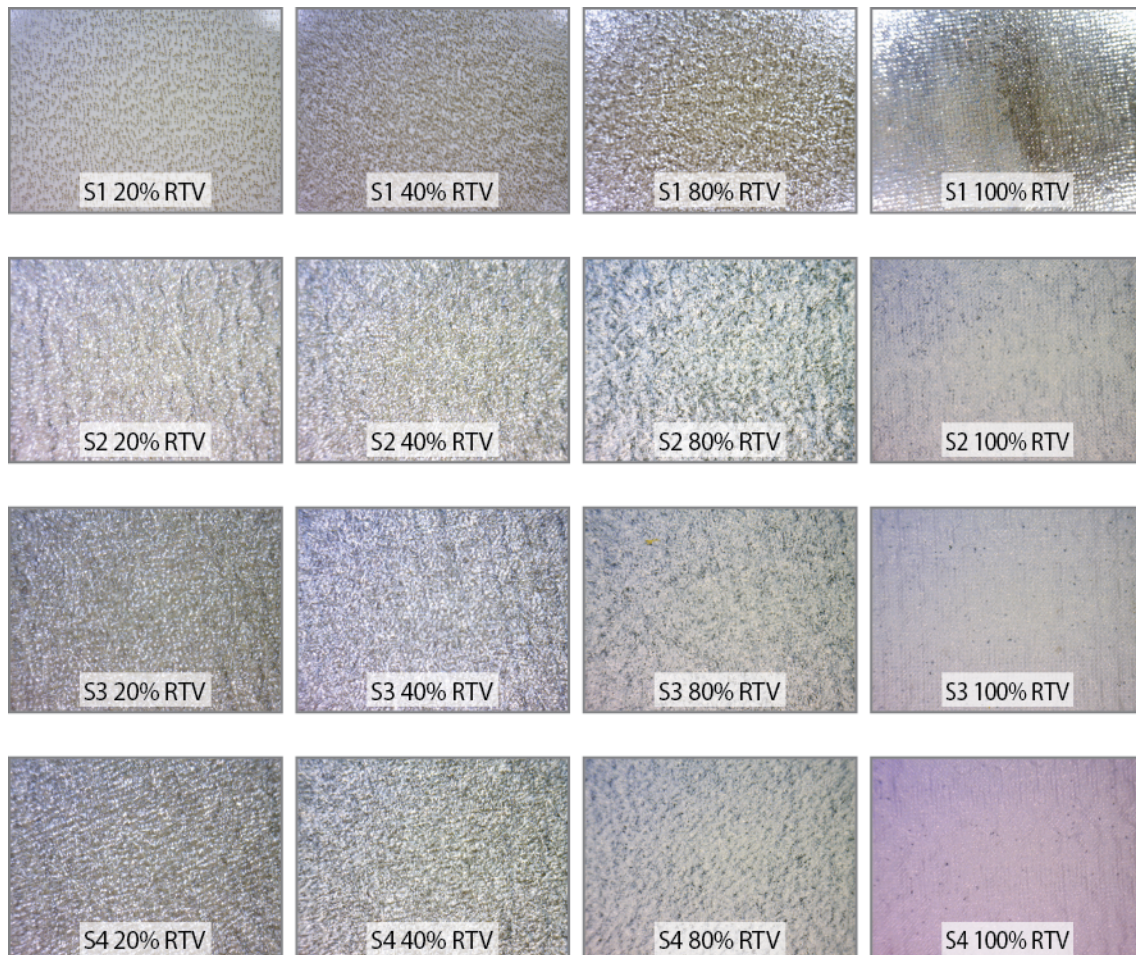
Slika 8. Usporedba prirasta RTV-a referentnog uzorka (S1) i uzoraka na crnoj podlozi otisnutih sa 1, 2 i 3 (S2, S3 i S4) nanosa bijele boje

Kod početne kalibracije krivulje reprodukcije tonova mora biti ravan pravac. Međutim, kako uvjeti tiska nikad nisu idealni krivulja reprodukcije tonova se deformira i postaje eliptična.

Uzorak S2 nastao sa jednim nanosom boje najviše odstupa od referentnog uzorka. Njegovo najveće odstupanje je na 20 % i 40 % RTV-a ( $\Delta Z_{20\%RTV} = 43,8\%$  i  $\Delta Z_{40\%RTV} = 37,9\%$ ). Na 80 % RTV-a odstupanje je puno manje  $\Delta Z_{80\%RTV} = 10,9\%$ . Razlog tomu je premal nanos bijele boje koji nije dovoljan za prikrivanje kontrastne crne podloge.

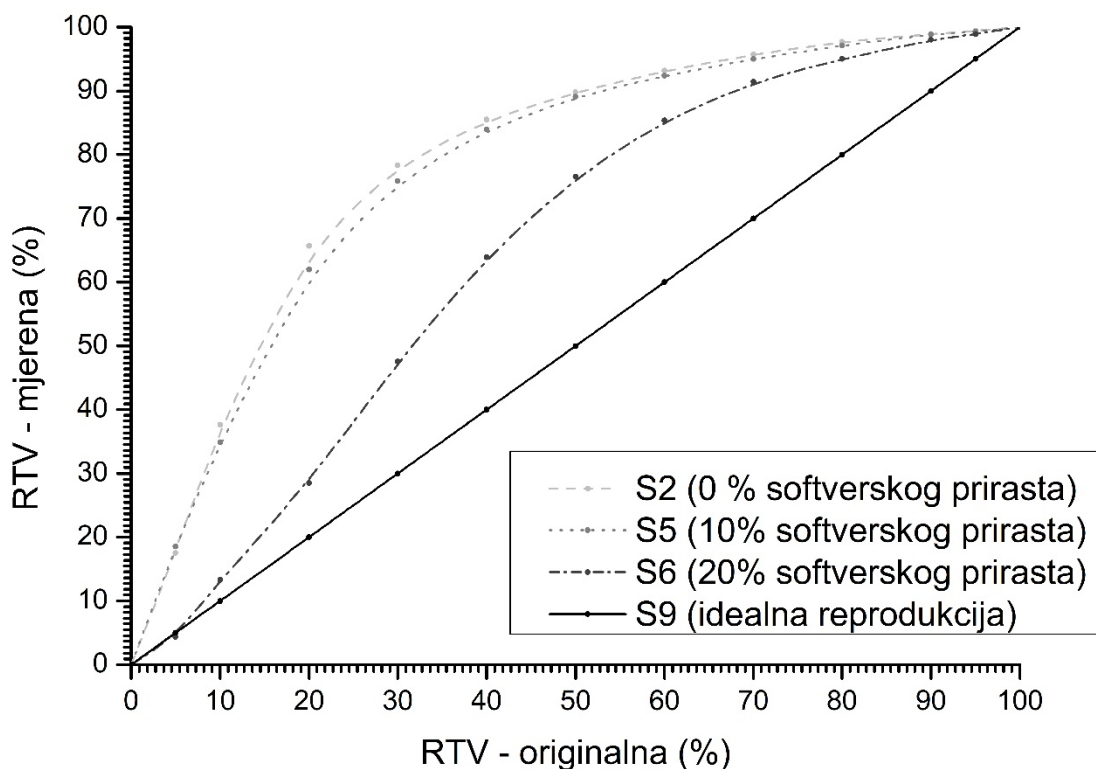
Uzorak S3 također pokazuje najveće odstupanje u području od 40 % RTV-a. Ostvareni prirast tako iznosi  $\Delta Z_{40\%RTV} = 32,8\%$ . Na najsvjetlijem i najtamnijem području odstupanja iznose  $\Delta Z_{40\%RTV} = 32,8\%$   $\Delta Z_{80\%RTV} = 10,2\%$ .

Nadalje, krivulja koja je najbliža referentnom uzorku je reprodukcija RTV-a sa bijelom bojom nanesenom u tri sloja (S4). Krivulja S4 ostvaruje najveće odstupanje na 40 % RTV-a ( $\Delta Z_{40\%RTV} = 26,6 \%$ ). Na ostalim karakterističnim područjima RTV-a ono iznosi  $\Delta Z_{20\%RTV} = 18.4 \%$   $\Delta Z_{80\%RTV} = 8.9 \%$ .



*Slika 9. Mikroskopski prikaz otisaka crne boje (S1), otiska s jednim i više nanosa bijele boje (S2, S3 i S4) u područjima od 20 %, 40 %, 80 % i 100 %*

Iz uvećanih uzoraka i ljudskim okom je vidljivo da uzorak S4 najviše sličići referentnom crnom uzorku te je to ujedno preporuka za korištenje. Da bi se u tehnikama digitalnog tiska utjecalo na rastersku reprodukciju u RIP-u je potrebno odraditi korekciju LUT (*Look up Table*) krivulje. [18] Na temelju zadanih vrijednosti ostvarit će se različita površinska pokrivenost sa bijelom bojom, što u konačnici daje različitu višetonsku reprodukciju. Na slikama 10 i 11 prikazane su krivulje reprodukcije bijele boje otisnute bez korekcije, sa korekcijom LUT krivulje za 10 % prirasta (S5) i 20 % prirasta (S6) te mikroskopski uvećane fotografije rastera.

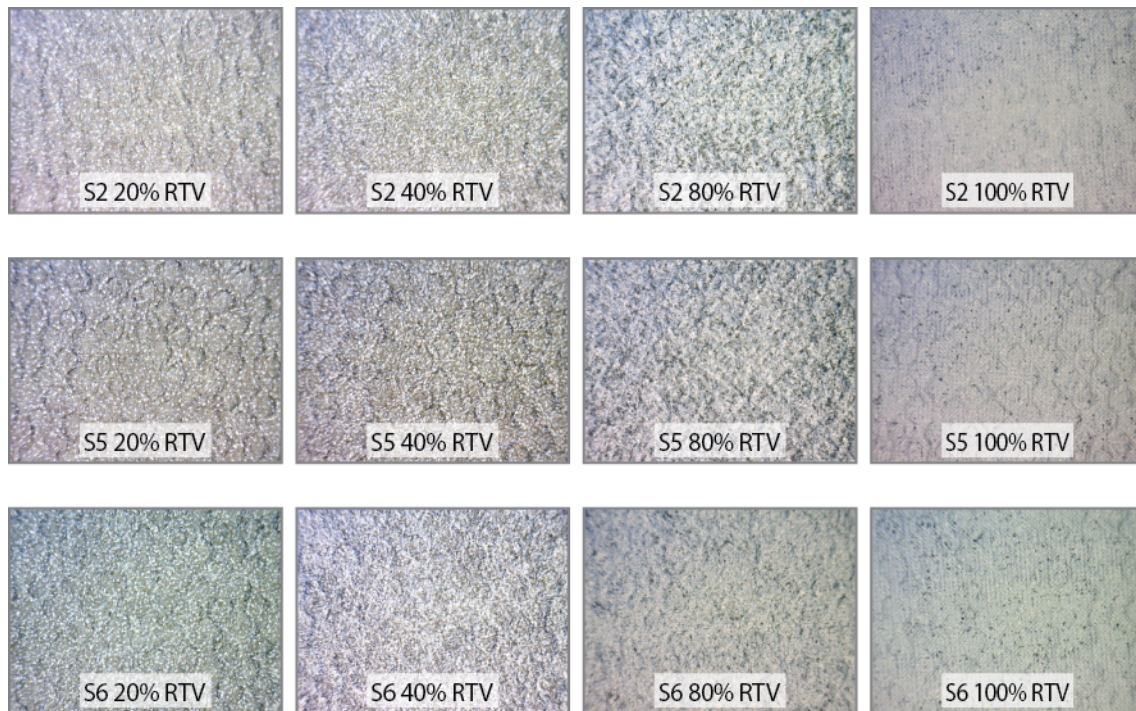


Slika 10. Usporedba prirasta RTV-a otiska bez prirasta (S2) i uzoraka sa 10 % prirasta (S5) i uzoraka sa 20 % RTV-a (S6)

Iz slike 10. vidljivo je da su krivulje S2 i S5 slične i da su odstupanja između njih veoma mala. Najveće odstupanje između ove dvije krivulje je na 20 % RTV-a ( $\Delta Z_{20\%RTV} = 3,7\%$ ). To znači da bi se sa varijacijom prirasta od 10 % ostvarila prosječna  $\Delta Z_{RTV} = 1,1\%$ .

Krivulja S6 je najbliža krivulji S9. To je posebno na manjim rastertonskim vrijednostima gdje na 20 % RTV-a odstupanje iznosi  $\Delta Z_{20\%RTV} = 8,5\%$ . Na srednjim rastertonskim vrijednostima ta odstupanja su veća i iznosi  $\Delta Z_{40\%RTV} = 23,9\%$ ,  $\Delta Z_{80\%RTV} = 15\%$ .

Odstupanja između krivulje S5 i S6 su najveća u rasponu između 20 % i 40 % RTV-a %. Pri tom su ostvarene devijacije  $\Delta Z_{20\%RTV} = 33,5\%$  i  $\Delta Z_{40\%RTV} = 20,1\%$ . Na velikim površinskim pokrivenostima odstupanje je najmanje ( $\Delta Z_{80\%RTV} = 2,1\%$ ). Dakle za sve tri krivulje najveća odstupanja su na manjim i srednjim vrijednostima, tj. odnosno na područjima od 20% - 50 %.

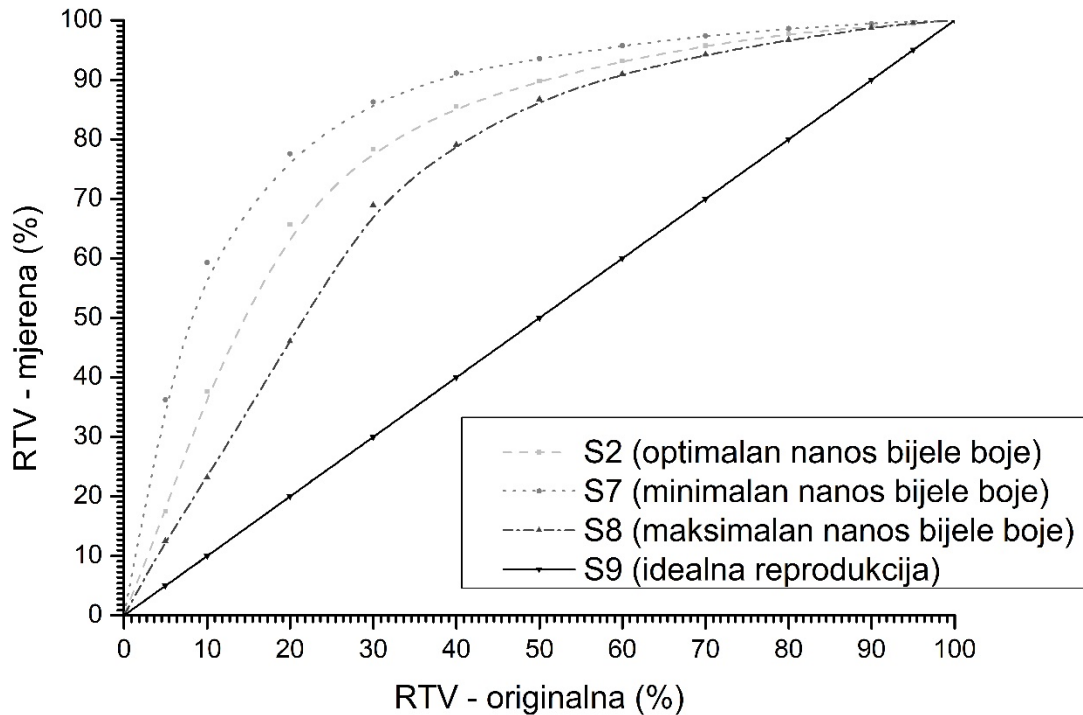


*Slika 11. Mikroskopski prikaz otiska bez prirasta (S2) i uzoraka sa 10 % prirasta (S5) i uzoraka sa 20 % RTV-a (S6) u područjima od 20 %, 40 %, 80 % i 100 %*

Iz uvećanih uzoraka ljudskim okom je vidljivo da uzorak S6 najviše sliči referentnom crnom uzorku te je to ujedno i preporuka za korištenje u ovom segmentu. Najlošiji odabir je uzorak S5 te se ne predlaže za njegovu realizaciju.

Direktnim promjenama parametara povećava se deformacija a piezo Inkjet keramici što direktno dovodi do povećanja nanosa boje na određenoj površini. Zbog malih spremnika ispunjenih bojom, tehnika Inkjet tiska nažalost ne može ostvariti ekstremne količine nanosa boje. Jedina mogućnost je promjena napona a piezoelektričnom kristali koji će svojom deformacijom istiskivati više ili manje Inkjet likvidnog bojila.

Na slici 12 prikazane su krivulje reprodukcije tonova bijele boje sa minimalnim, optimalnim i maksimalnim nanosom bojila, dok su na slici 13 prikazane su mikroskopski uvećane fotografije rasterskih elemenata otisnute bijele boje na uzorcima S7 i S8.

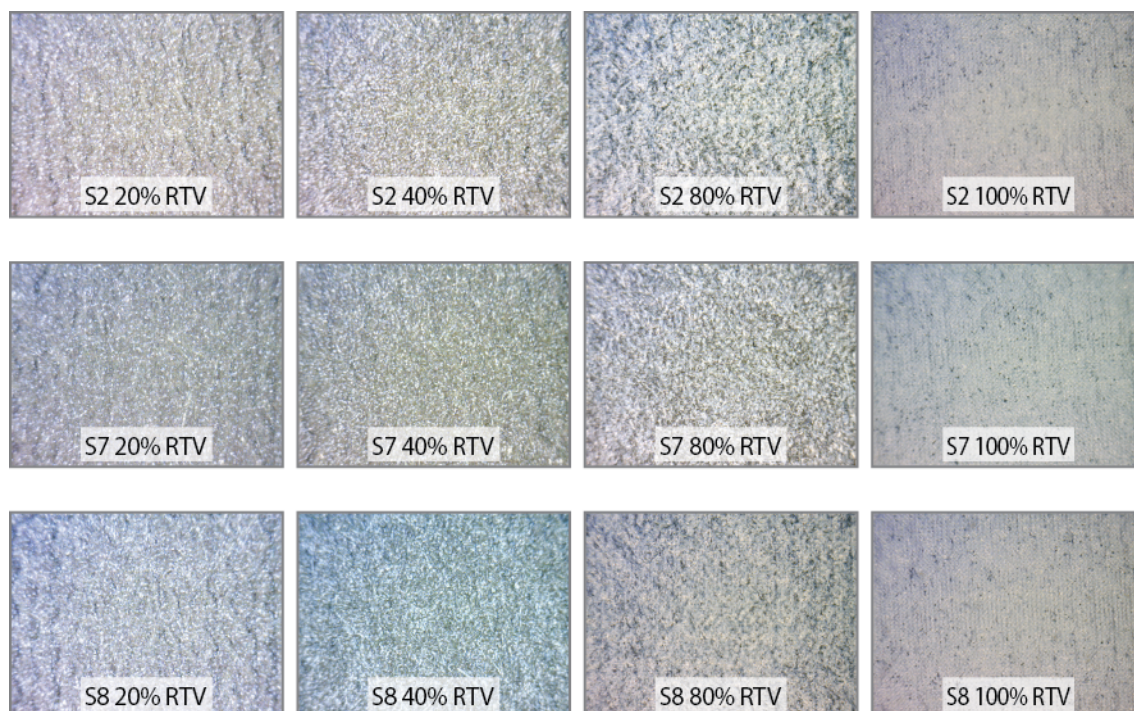


Slika 12. Usporedba prirasta RTV-a na otiscima sa minimalnim (S7), optimalnim (S2) i maksimalnim (S8) nanosom bijele boje

Na slici 12 koja prikazuje različite količine nanosa bijele boje uočljivo je da najveće odstupanje od idealne vrijednosti ima krivulja sa minimalnim nanosom bijele boje na otisku (S7). Ta odstupanja su najveća u području od 20% do 40% ( $\Delta Z_{20\%RTV} = 57,6\%$  i  $\Delta Z_{40\%RTV} = 51,3\%$ ). Uočljivo je da na 80% rastertonske vrijednosti sve tri krivulje imaju sličnu vrijednost, te je razlika među njima  $\Delta Z_{80\%RTV} = 1\%$ . Samim time njihovo odstupanje od idealne krivulje na istom RTV-u iznosi cca.  $\Delta Z_{80\%RTV} = 17,7\%$

Krivulja koja je najbliža, ali ipak ne dovoljno blizu kao krivulje sa prijašnjih grafova je krivulja koja prikazuje reprodukciju tonova sa maksimalnim nanosom bijele boje (S8). Kod ove krivulje najveća odstupanja su u području od 20% do 40% ( $\Delta Z_{20\%RTV} = 26,1\%$  i  $\Delta Z_{40\%RTV} = 39,1\%$ ). Devijacija krivulje S7 u odnosu na krivulju S2 iznosi  $\Delta Z_{40\%RTV} = 23,9\%$ . Odstupanja krivulje S2 od idealne reprodukcije na 20 % i 40 % RTV-a iznose  $\Delta Z_{20\%RTV} = 45,6\%$  i  $\Delta Z_{40\%RTV} = 45,5\%$

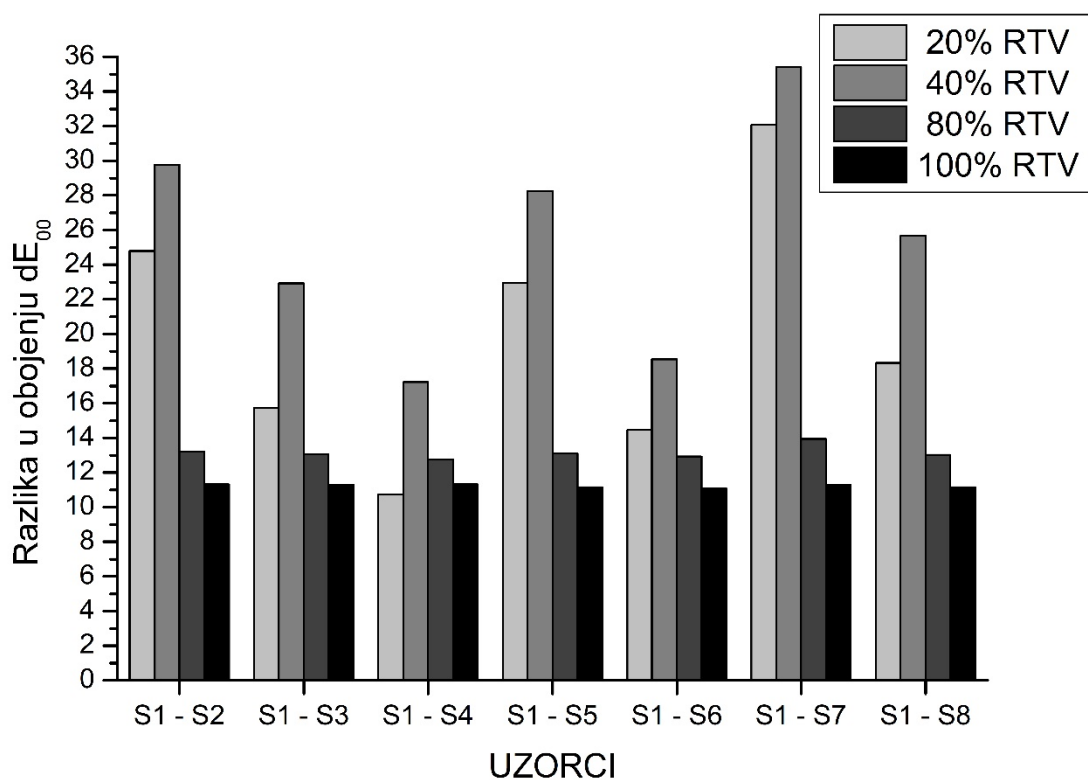




*Slika 13. Mikroskopski prikaz otisaka crne sa minimalnom (S7), optimalnom (S2) i maksimalnom (S8) količinom nanosa bijele boje u područjima od 20 %, 40 %, 80 % i 100 %*

Iz uvećanih uzoraka ljudskim okom je vidljivo da uzorak S8 najviše sliči referentnom crnom uzorku te je to ujedno i preporuka za korištenje u ovom segmentu. Najlošiji odabir je uzorak S7 te se njegova realizacija ne predlaže.

Osim denzitometrije kao mjerne metode u grafičkoj industriji se sve češće upotrebljava spektrofotometrijska i kolorimetrijska metoda ispitivanja kvalitete reprodukcije tonova. Na temelju izmjerenih  $L^*a^*b^*$  vrijednosti moguće je odrediti kolorimetrijsku razliku između referentnih i eksperimentalno otisnutih rasterotnskih vrijednosti. Na slici 11. prikazane su kolorimetrijske razlike obojenja između otisaka crne boje i bijelih otisaka nastalih eksperimentalnim varijacijama (1, 2 i 3 nanosa bijele boje, korekcija LUT krivulje za 10 % i 20 % te minimalni i maksimalni nanos boje). Zbog jednostavnosti prikaza i tumačenja rezultata odabrane su četiri specifične rastertonske vrijednosti, i to 20% RTV - a za male vrijednosti, 40% RTV-a za srednju, 80% RTV-a za veliku i 100% (puni ton) za maksimalan RTV.



Slika 11.. Grafički prikaz između otisaka crne boje i bijelih otisaka nastalih eksperimentalnim varijacijama (1, 2 i 3 nanosa bijele boje, korekcija LUT krivulje za 10 % i 20 % te min. i max nanos bijele boje)

Na stupičastom grafu je uočljivo da su najmanje kolorimetrijske razlike otisnutih uzoraka u odnosu na referentni uzorak i imaju površine punog tona (100% RTV-a). Sva nastala odstupanja imaju gotovo istu numeričku vrijednost te prosječna kolorna razlika bijele iznosi  $\Delta E_{\text{srednje}} = 11,21$ .

Na površinama sa 20 %, 40 % i 80 % RTV-a najmanja kolorimetrijsku razliku ostvaruje uzorak S4 ( $\Delta E_{20\%} = 10,74$ ). Srednja i tamna područja bijele tako odstupaju  $\Delta E_{40\%} = 17,21$  i  $\Delta E_{80\%} = 12,76$ . To ujedno i predstavlja kolornu promjenu zadanih tonova i nemogućnost korištenja za potrebe visoko kvalitetnog akromatskog otiskivanja. Na 100 % RTV-a najmanje kolorimetrijsko odstupanje ima uzorak S6 ( $\Delta E_{100\%} = 11,05$ ). Na drugim eksperimentalnim uzorcima takva odstupanja su mala i iznose:  $\Delta E_{20\%} = 11,46$ ,  $\Delta E_{40\%} = 18,52$  i  $\Delta E_{80\%} = 12,93$ . Iz grafa se uočava da su najveća odstupanja ostvaruje uzorak S7. Na njemu će se modifikacijom prirasta od 10% ostvariti kolorna promjena od  $\Delta E_{20\%} = 32,08$ ,  $\Delta E_{40\%} = 35,41$  i  $\Delta E_{80\%} = 11,93$ .

## 6. ZAKLJUČCI

Na otiscima koji su otisnuti na bijeloj podlozi, najveći prirast je u području srednjih RTV-a. Na svim otiscima s različitom debljinom nanosa (S1, S2, S3 i S4) utvrđeno je da najviši prirast ostvaren u području od 20 % do 40 %. Najmanja odstupanja od krivulje idelane reprodukcije S1 ima otisak S4 nastao sa tri nanosa bijele.

Otisci nastali sa reprodukcijom bijele boje sa softverskom korekcijom prirasta bijele boje (S5 i S2) imaju najmanje odstupanje krivulje reprodukcije. Međutim, otisak S6 ima najbližu krivulju referentnoj krivulji. Otisak sa 20 % prirasta ima najmanji prirast te se preporučava za upotrebu višetonskih crno – bijelih otisaka

Odstupanja prirasta su za sve tri krivulje su također najveće u srednjim tonskim vrijednostima i iznose više od 45 %, te je zbog toga potrebna dodatna kalibracija (kompezacijska krivulja).

Na temelju spektrofotometrijskih vrijednosti i izračunatih kolorimetrijskih razlika obojenja punih polja uočeno je malo odstupanje  $\Delta E$ . U odnosu na referentni otisak S1 kolorne promjene iznose  $\Delta E_{100\%} = 11,21$ .

Na rastriranim područjima najmanju kolorimetrijsku razliku ima otisak sa tri nanosa boje. One se kreću u rasponu od  $\Delta E_{20\%} = 10,74$  do  $\Delta E_{40\%} = 17,21$ .

Eksperimentalnom korekcijom LUT krivulje nastati će mala devijacija rastrirane površine. U odnosu na referentnu rastriranu površinu ostvarit će se velike kolorne razlike koje se kreću u rasponu od  $\Delta E_{80\%} = 12,93$  do  $\Delta E_{40\%} = 18,52$ .

Na temelju provedenog ispitivanja dolazimo do preporuke da se za realizaciju Inkjet tiska sa UV bijelom bojom koristi postavka prirasta od 20 % za rastrirane površine i tri nanosa boje za puni ton.

## 7. POPIS LITERATURE

- [1] Sonja Jamnicki Hanzer, “Predavanja iz kolegija tiskarske boje, predavanje: Koloranti tiskarskih boja,” 2018.
- [2] N. Pauler, “Paper Optics - optical and colour science related to the pulp and paper industry.” AB Lorentzen & Wettre, Kista, Sweden, 2012.
- [3] R. M. Slugić Ana, Puhalo Mateja, Majnarić Igor, Bolanča Mirković Ivana, “The influence of NO<sub>x</sub> on the stability white colored Inkjet prints,” in *Wood, Pulp and Paper polygrafia Academica*, 2013.
- [4] T. Leskovec, “Postojanost ink jet otisaka u kratkom vremenskom periodu,” 2007.
- [5] Eldred N.; Scarlett T.,; *What the Printer Should Know about Ink*, 3rd ed. Pittsburgh (PA), 1994.
- [6] R. Shankar and S. C. Development, “Inkjet Inks,” no. May, 2018.
- [7] W. C. for U. P. (Berufsgenossenschaft D. und Papierverarbeitung), *UV technology: a practical guide for all printing processes*. Wiesbaden : Berufsgenossenschaft Druck und Papierverarbeitung, 2007.
- [8] M. Ritchie and P. Manager, “UV white inkjet inks for single-pass label applications,” pp. 1–12.
- [9] FEDRIGONI, “Splendorlux Premium White,” 2012.
- [10] FEDRIGONI, “IMILTIN,” 2011.
- [11] “ECO - UV Inks.” [Online]. Available: <https://www.rolanddga.com/products/inks/eco-uv-inks>.
- [12] Roland, “Roland Versa.” [Online]. Available: <https://www.rolanddga.com/products/inks/eco-uv-inks>.
- [13] X-Rite, “X-Rite eXact instrument User Guide,” *October*, vol. 1, no. October, 1995.
- [14] ISO, “ISO 2470-2,” 2008.

- [15] “DinoLite.hr.” [Online]. Available: [www.dino-lite.hr/](http://www.dino-lite.hr/)
- [16] L. L. Jackson, *Optical dot gain and the off-press color proof*. GATFWorld, 1990.
- [17] M. S. Kurečić, “Predavanja iz kolegija reprodukcijnska fotografija 2, predavanje: Karakteristike višebojne reprodukcije.”
- [18] G. Mijo, M. Igor, Đ. Darija, and M. Marko, “Otiskivanje metalik bojila u litografskom ofsetnom tisku,” *Tisk. i Dizajn*, pp. 1–10, 2015.
- [19] “dE00.” [Online]. Available: <http://www.cie.co.at/>.

## 8. SAŽETAK

Donatela Šarić

U proizvodnji tiskanih medija najveći udio ima jednobojno crno – bijelo otiskivanje. Da bi se otisnule standardne negativske ilustracije (bijeli tekst, crna podloga) potrebno je otisnuti crnu sa velikom površinskom pokrivenošću. Alternativa tomu je realizacija negativskih proizvoda otiskivanjem bijele boje na crnu tiskarsku podlogu. Pri tom je potrebno zbog povećanja kontrasta bijelu otisnuti u više prolaza. U ovom istraživanju je istražena mogućnost nanašanja bijele na bazi TiO<sub>2</sub> pigmenta u kombinacijama jednog nanosa, dva nanosa, tri nanosa, povećanja intenziteta obojenja na jedinici za obojavanje i regulacije prirasta RTV-a sa LUT krivuljama. Pri tom je izvršena direktna komparacija s otiscima crne na bijeloj tiskovnoj podlozi. Na temelju provedenog ispitivanja dolazimo do preporuke da se za realizaciju Inkjet tiska sa UV bijelom bojom koristi postavka prirasta od 20 % za rastrirane površine i tri nanosa boje za puni ton.

**Ključne riječi:** *negativska akromatska reprodukcija, pozitivna akromatska reprodukcija, bijela boja, LED UV Inkjet*

## 9. SUMMARY

In the production of print media the largest market share is monochrome black and white printing. To print standard negative illustrations (white text and black background), it is necessary to print black ink with a large surface coverage. An alternative to this process is the realization of negative prints with printing white ink on a black print substrate. In this case, prints have increase in contrast, with multiple white ink separations. This study investigated the possibility of printing white TiO<sub>2</sub> pigment based on the combination of one layer, two layer, three layer, increased color intensity on the printing Inkjet head and regulation of TV changing LUT curves. Result will be comparated with print of black ink on a white printing substrate.

Based on the performed test author give recommendation for printing with UV Inkjet inks and suggests: use UV white color with increase dot gain of 20% and application three layers on solid areas.

**Key words:** *negative achromatic reproduction, positive achromatic reproduction, white ink, LED UV Inkjet*