

# Specijalni efekti u elektrofotografiji korištenjem praškastih tonera

---

Željковиć, Petra

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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:216:817227>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-17**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET**

**PETRA ŽELJKOVIĆ**

**SPECIJALNI EFEKTI U  
ELEKTROFOTOGRAFIJI  
KORIŠTENJEM PRAŠKASTIH  
TONERA**

**DIPLOMSKI RAD**

Zagreb, 2021



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

**PETRA ŽELJKOVIĆ**

**SPECIJALNI EFEKTI U  
ELEKTROFOTOGRAFIJI  
KORIŠTENJEM PRAŠKASTIH  
TONERA**

**DIPLOMSKI RAD**

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Igor Majnarić

Student:

Petra Željковиć

Zagreb, 2021

Rješenje o odobrenju teme diplomskog rada

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se svom mentoru izv. prof. dr. sc. Igoru Majnariću na svom trudu, strpljenju i pomoći oko izrade mog diplomskog rada. Bila mi je izrazita čast raditi sa Vama u proteklih nekoliko mjeseci.

Posebno hvala svim profesorima i kolegama koji su moj studentski život učinili zanimljivijim i na svom stečenom iskustvu i znanju u proteklih 5. godina.

## **SAŽETAK:**

Tehnologije digitalnog tiska sve su zastupljenije u grafičkoj industriji. Nekada su se koristile samo CMYK toneri (realizacija kolornih otisaka) dok je danas moguće realizirati i bijelu boju, lak, zlatnu, srebrnu, fluorescentni cijan, fluorescentnu magentu i fluorescentnu žutu. Tako će se osim standardnog kolora moći realizirati reprodukcije sa izraženom fluorescencijom i metalik sjajem. Da bi se to postiglo morati će se upotrijebiti modularni elektrofotografski tiskarski stroj koji to može ostvariti (tisak standardnog CMYK, fluorescentni CMY, bijela, lak, srebro i zlato). To omogućuje Xerox Versant 180 Press na kojemu je moguće mijenjati kućišta tonera sa razvijačkim valjcima.

U ovom radu cilj je istražiti mogućnost realizacije fluorescentnih (FC, FM, FY) i metalnih nijansi (PANTONE 877C, PANTONE 871C) otisnutih s primarnim sekundarnim tonovima (10%, 20%, 40%, 70%, 100%). Isti metalik motiv biti će otisnut sa tiskarskim strojem Heidelberg GTO 52 čije su tiskovne forme napravljene sa Kodak Lotem 400 te otisnute PANTONE bojama Huber Alchemy. Takvi uspoređeni uzorci su s metalik EA tonerom. Za ispitivanje je korištena standardna papirna tiskarska podloga (Maxi Gloss 170 g/m<sup>2</sup>) koja je u skladu sa FOGRA 51 standardom. Metoda korištena u eksperimentalnom istraživanju je kolorimetrijska (X-Rite eXact) gdje se na temelju većeg broja mjerenja odredile CIE LAB kolorimetrijske vrijednosti, te izračunale kolorimetrijske razlike razlike CIE L\*a\*b,  $\Delta E_{2000}$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta C$ .

Rezultati pokazuju da FM raster od 150 dpi bolji te daje prirodnije rezultate standarda FOGRA 51. Također će Xerox fluorescentni toneri ostvariti povećanje fluorescencije u odnosu na standardni toner za vrijednost  $\Delta B=1$ .

**KLJUČNE RIJEČI:** elektrofotografija, metalik EA toneri, fluorescentni EA toneri, kolorimetrija, CIE L\*a\*b\*

## **ABSTRACT:**

Digital printing technologies are all represented in the printing industry. In the past, only CMYK toners were used (realization of color prints), while today it is possible to realize white, lacquer, gold, silver, fluorescent cyan, fluorescent magenta and fluorescent yellow. Thus, in addition to the standard color, it will be possible to realize reproductions with pronounced fluorescence and metallic luster. To achieve this prints it will be necessary to use a modular electrophotographic printing machine that can realize (standard CMYK printing, fluorescent CMY, white, lacquer, silver and gold). It Xerox Versant 180 Press on which it is possible to change toner housings and developer rollers.

In this paper, the aim is to investigate the possibility of realization of fluorescent (FC, FM, FY) and metallic shades (PANTONE 877C, PANTONE 871C) printed with primary and secondary tones (10%, 20%, 40%, 70%, 100%). The same metallic motif will be printed with the Ofset Heidelberg GTO 52 printing press, whose printing forms are made with the CTP Kodak Lotem 400 and printed in PANTONE in Huber Alchemy colors and compared with metallic EA toner. For the test, a standard paper printing substrate (Maxi Gloss 170 g/m<sup>2</sup>) was used, which is in accordance with the FOGRA 51 standard. The method used in the experimental research is colorimetric (X-Rite eXact), where it is based on a number of CIE measurements LAB colorimetric values, and calculated the colorimetric differences of the difference CIE L\*a\*b,  $\Delta E_{2000}$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta C$ .

The results show that the best prints are achieved using a standard FM raster (150 dpi,  $\Delta E < 2,5$ ) as opposed to AM raster (300 dpi,  $\Delta E > 2,5$ ) and the silver and gold prints are similar to the standard ones in terms of characteristics in electrophotography offset prints.

The results show that the 150 dpi FM raster is better and gives more natural results standard FOGRA 51. Xerox fluorescent toners will also achieve an increase in fluorescence compared to standard toner by a value of  $\Delta B = 1$ .

**KEY WORDS:** electrophotography, metallic EA toners, fluorescent EA toners, colorimetry, CIE L\*a\*b\*

# Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	3
2.1 Uvod u elektrofotografiju.....	3
2.1.1 Kolorimetrija pri izradi tonera .....	11
2.1.2 Veličina čestice pigmenata .....	12
2.1.3 Protok i prijanjanje tonera.....	13
2.1.4 Dvokomponentni toneri .....	13
2.1.5 Jednokomponentni toneri.....	14
2.1.6 Prijenos tonera .....	14
2.2 TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE PRAŠKASTIH TONERA .....	15
2.2.1 Komponente tonera.....	15
2.2.2 Polimerne smole u toneru .....	15
2.2.3 Koloranti u toneru .....	16
2.2.4 Dodaci za kontrolu naboja .....	17
2.2.5 Aditivi za smanjenje površinske napetosti.....	18
2.2.6 Dodaci za poboljšanje magnetskih svojstava.....	18
2.2.7 Ostali dodaci .....	18
2.3 METALIK EFEKTI.....	19
2.3.1 Vrste i karakteristike apsorbirajućih bojila .....	19
2.3.2 Pigmenti sa efektom.....	20
2.3.3 Vrste metalnih pigmenata .....	21
2.4 FLUORESCENTNI EFEKTI – IZVORI SVJETLOSTI .....	24
2.4.1 Fluorescentne, termokromne i fotokromne boje.....	24
3. EKSPERIMENTALNI DIO .....	30
3.1 Opis eksperimenta.....	30
3.2 STROJEVI I MJERNI UREĐAJI.....	32
3.2.1 Xerox Versant 180 Press.....	32
3.2.2 Heidelberg GTOZP 52 (2/0).....	37
3.2.3 X – rite eXact spektrofotometar.....	38
3.3 Materijali korišteni u eksperimentu .....	40
3.3.1 Tiskovna podloga.....	40
3.4 EA toneri .....	41
3.4.1 Standardni CMYK toneri.....	41
3.4.1.1 Amorfni silicijev dioksid (SiO <sub>2</sub> ).....	42
3.4.1.2 Titan dioksid (TiO <sub>2</sub> ) .....	44
3.4.1.3 Žuti pigment .....	44
3.4.1.4 Cijan pigment .....	44

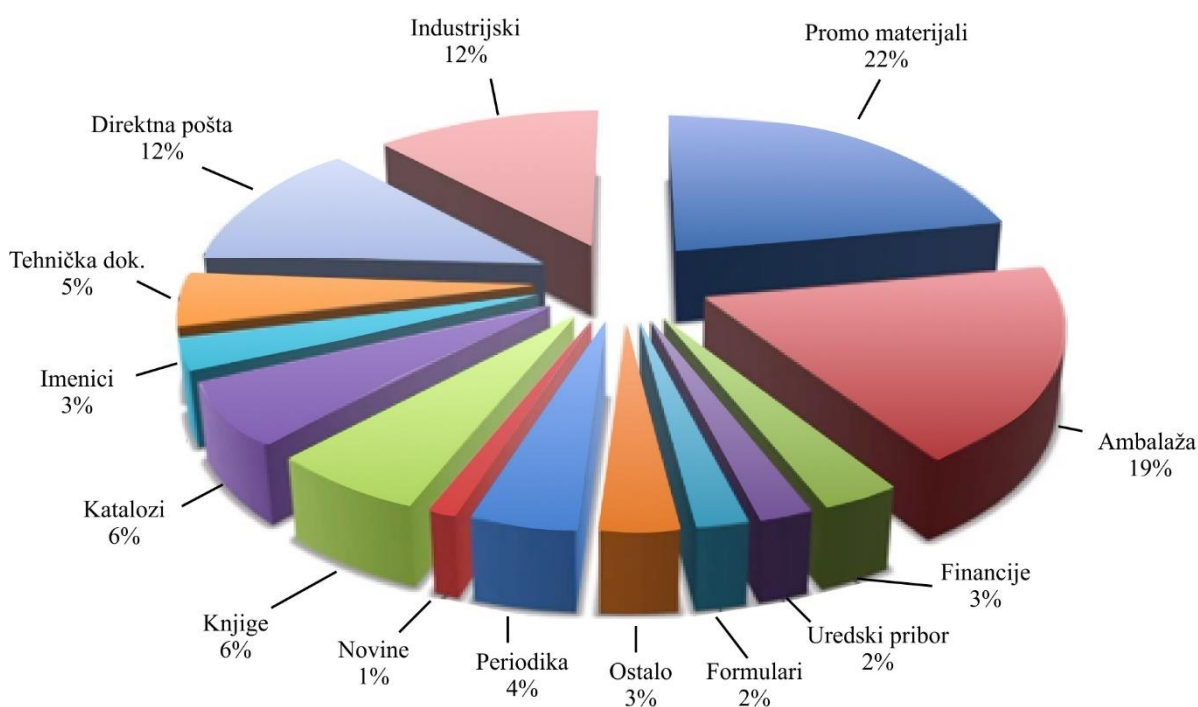


3.4.1.5	Magenta pigment .....	45
3.4.1.6	Crni pigment od čađe.....	45
3.4.1.7	Fluorescentni CMY toneri.....	45
3.4.1.8	Poliesterska smola .....	46
3.4.1.9	Parafinski vosak.....	46
3.4.2	Metalizirani toneri.....	46
3.4.2.1	Aluminij (eng. Aluminium).....	46
3.4.3	Huber Alchemy ofsetna tiskarska bojila.....	48
3.4.3.1	Pantone 877C – srebrna jednokomponentna ofsetna tiskarska boja .	48
3.4.3.2	Pantone 877C – srebrna dvokomponentna ofsetna tiskarska boja ....	48
3.4.3.3	Svojstva i upotreba srebrnog bojila .....	49
3.4.3.4	Pantone 871C – zlatna jednokomponentna ofsetna tiskarska boja....	49
3.4.3.5	Pantone 871C – zlatna dvokomponentna ofsetna tiskarska boja.....	50
3.4.3.6	Svojstva i upotreba zlatnih metaliziranih pigmenata za ofsetni tisak	51
4.	REZULTATI I RASPRAVA .....	52
5.	ZAKLJUČAK.....	68
6.	LITERATURA .....	69
7.	POPIS SLIKA I GRAFOVA.....	72
8.	POPIS TABLICA.....	77

## 1. UVOD

Tijekom prijašnjih godina grafička tehnologija doživjela je veliki rast, ne samo u području dizajna, već i u samom procesu digitalizacije procesa otiskivanja grafički proizvoda. Iako se danas i dalje upotrebljavaju klasični strojevi za otiskivanje, u sve većim mjerama zamjenjuju ih strojevi za digitalni tisak. Razlog tomu je širok spekatar mogućnosti. Brzina otiskivanja proizvoda znatno je napredovala (tisak i dorada su direktno povezani), a samim time i automatizacija procesa otiskivanja. Rukovanje spotnim bojama i specijalnim lakovima postalo je jednostavnije pa samim time dolazi do povećanja mogućnosti korištenja specijalnih efekata (metalik i fluorescentne tiskarske boje/pigmenti).

Sam proces otiskivanja uz smanjenju potrošnju papirnog materijala zamijeniti će direktno slanje dokumenata putem web sučelja što će funkcionalni industrijski dizajn prilagoditi novom principu otiskivanja (zamijeniti konvencionalne tehnologije). Katalozi, knjige, upute, formulari te uredski materijal zamijeniti će se digitalnim proizvodima, te samim time povećat će se mogućnost razvijanja novih proizvoda i novih tržišta. Trenutno globalno stanje grafičke tehnologije prikazano je na slici 1. [1]



Slika 1. Grafički prikaz trendova u grafičkoj industriji

Izvor: Romano F. (2021). *The Future of Printing*, Virtual Drupa Symposium Bridging Education, Research and Industry in Graphic Communication, Print and Media, stream 2, Dusseldorf

Za potrebe ovog diplomskog rada i za testiranje specijalnih efekata primijenjen je standardni papir za umjetnički tisak (Maxi Gloss 170 g/m<sup>2</sup>) i Xerox Versant 180 Press koji može otiskivati standardni CMYK toner, fluorescentni CMY toner, bijelu boju, lak, srebrnu i zlatnu boju. Za otiskivanje primijenjena je tiskovna forma su tri klina podešena po uputama proizvođača (standardni CMYK, RGB klinovi) od 0 – 100% u koraku od 5%. U RIP-u Fiery EX 180 Print Server korištena su dva načina rastriranja: AM - amplitudno modulirani (300 dpi) i FM - frekventno modulirani raster (150 dpi). Za provjeru ostvarenih metalik efekata korišten je i standardni ofset (Heidelberg GTOZP 52) koji je otisnuo dvije Pantone metalik boje (PANTONE 877C, 871C). Svi dobiveni otisci vrednovani su kolorimetrom X-rite eXact te uspoređeni sa vrijednostima FOGRA 51. Dobiveni rezultati CIE L\*a\*b,  $\Delta E_{2000}$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta C$  su grafički prikazani u aplikaciji Origin 8,5.

U ovom radu postavljene su sljedeće hipoteze:

I. Primjenom novih specijalnih efektnih tonera ostvarit će se potpuno nova kolorna reprodukcija. Praškasti fluorescentni CMYK toneri dati će značajno izraženije tonske vrijednosti ( $\Delta E > 5$ ) u odnosu na standard.

II. FM raster biti će bliži (bolji) standardnim vrijednostima u odnosu na AM raster, te će srebrni i zlatni otisci u digitalnoj elektrofotografiji biti će po karakteristikama slični standardnim ofsetnim otiscima ( $\Delta E < 3,5$ ).

Za ispitivanje mogućnosti realizacije metalik efekata u tehnici elektrofotografije koristit će se također i praškasti toneri uz njihovu usporedbu sa standardnim elektrofotografskim tonerom. Također će se ispitati utjecaj različitog rastriranja (linijature 150 i 300 dpi) koristeći standardnu tiskovnu podlogu za umjetnički tisak.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1 Uvod u elektrofotografiju

Prilikom razvijanja svakog novog tiskarskog proizvoda, veliku ulogu igra ideja i sama vizija konačnog proizvoda. U samim začecima elektrofotografije veliku važnost pridodajemo Chesteru Carlsonu, realizatoru takve tehnike otiskivanja. Njegova sama zamisao bila je omogućiti ljudima da u uređina izvode kopiranje velikih količina pisanih dokumenata. Međutim, presudnu važnost u realizaciji takve tehnologije imali su patenti iz Bellova laboratorija na temelju kojih je razvijen prvi elektrofotografski stroj. Početkom 30-ih godina dvadesetog stoljeća Carlson je radio na jednostavnijim uređajima za fotokopiranje temeljenim na srebro-halogenidnoj fotografiji. Međutim, zbog same složenosti fiksiranja slike i nastajanja negativa, primjenjuje novije ideje Estermana Kodaka (verifax proces), 3M-ov (thermofax proces) i Agfa (difuzijski transferni proces) čija se uporaba zasniva na premazanim papirima koji fiksiraju toner uslijed djelovanja topline. Svoje revolucionarno izvođenje otiskivanja 1937. godine naziva elektrofotografijom, pri čemu je primijenio dvije vlastite ideje (patente):

1. Za formiranje elektrostatske latentne slike koristio se selektivno neutraliziranim površinama poluvodiča koje su prethodno bile nabijene;
2. Razvijanje tako definirane slike napravljeno je pomoću obojenog praškastog pudera koji je elektrostatički nabijen.

Međutim, s vremenom se pokazalo da princip nabijanja tonera i nanos na poluvodiče poznat i od prije, tj. tvorac tog patentna bio je Linchtenberg to Selenij (1777. godina). On je u stvari prvi stvorio praškasti otisak na čistom poluvodičkom materijalu bez primjene selektivnog osvjetljavanja. Uz pomoć kolege Otta Korneia Chester Carlson je 1938. godine napravio eksperiment koji je patentirani u cijelosti objavljen 1942. godine. Za formiranje buduće tiskovne forme korištena je cinkova pločica premazana sumporom koja se u zamračenoj prostoriji trljala pamučnom maramicom, čime se postizao jednoliki površinski električni naboj. Cinkova pločica se kratko osvjetljavala kroz originalno mikroskopsko staklo, čime se formirala virtualna tiskovna forma. Nakon faze osvjetljavanja slijedilo je nanošenje žutog likopodijskog praška koji se odlično apsorbirao na neosvijetljenu sumpornu površinu. Vidljivi otisak dobiven je prijenosom likopodijskog praška na voštani papir te je nakon taljenja voska i njegova ponovnog skrućivanja na papiru ostvaren suh i konzistentan otisak. [2]

Tijekom narednih 20 godina ovakva tehnologija je znatno napredovala te samim time olakšan je i ljudski rad. Kao što danas ne možemo zamisliti život bez pametnih telefona, računala i sl. isto tako umnožavanje ne možemo zamisliti bez fotokopirnih uređaja. Sama mogućnost fotokopiranja omogućava napredak uredskog poslovanja, te olakšava baratanje velikim količinama dokumenata koji su ujedno i kopije. Uspoređujući konvencionalne tehnike otiskivanja sa fotokopirnim procesom, sa sigurnošću možemo reći da je složeniji proces, jer se za formiranje jednog otiska moraju izvesti šest faza.

U prvoj fazi (da bi se stvorilo pozitivno nabijanje površine), virtualna tiskovna forma mora sadržavati pozitivan i negativan naboj. Ako želimo dobiti pozitivno nabijen fotoreceptor, morati će se ukloniti neželjeni elektroni iz fotoreceptora te će se upotrebom korone i okolnog zraka (oko fotoreceptora) stvoriti pozitivan naboj.

Sam uređaj korotron sastoji se od žice korotрона, štita, korone i napajanja. Korotron sadrži centralnu tanku žicu koje se naziva i koronska žica te se nalazi unutar kućišta zatvorena sa tri strane i spojena na izvor napajanja. Samim time izvor napajanja, korotronska kućište i fotoreceptorska podloga povezani su s uzemljenjem. Tijekom nabijanja stvara se veliki istosmjerni napon, te se oslobođeni elektroni kreću u smjeru korotronske kućišta koji će sav višak oslobođenih iona zbrinuti pomoću uzemljenog kućišta.

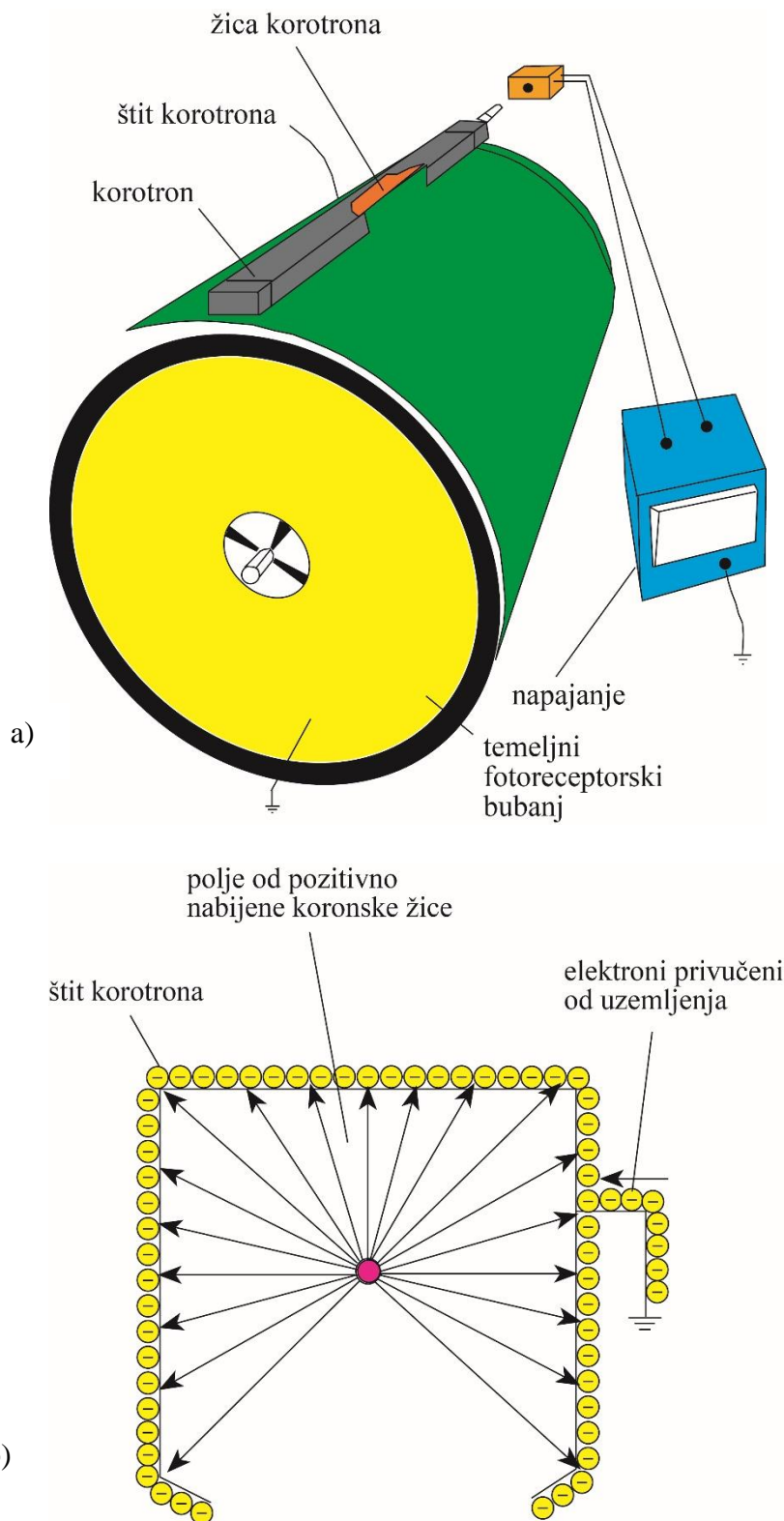
Pri samom kretanju oslobođenih elektrona doći će i do sudaranja molekula okolnog zraka što će rezultirati sa nastajanjem pozitivnog naboja. Također moramo napomenuti da fotoreceptor koji nije izložen svjetlosnom izvoru zadržava svojstva izolatora (osvjetljeni fotoreceptor mora biti dobar vodič).

U drugoj fazi, provodi se selektivno osvjetljavanje fotoreceptora. Pritom dolazi do selektivne neutralizacije fotokonduktora (napon u fotokonduktoru se mijenja). Ovisno o primijenjenoj tehnologiji u ovoj fazi dolazi i do same neutralizacije fotokonduktorske površine.

Trenutno razlikujemo dva tipa elektrostatskih uređaja za osvjetljavanje:

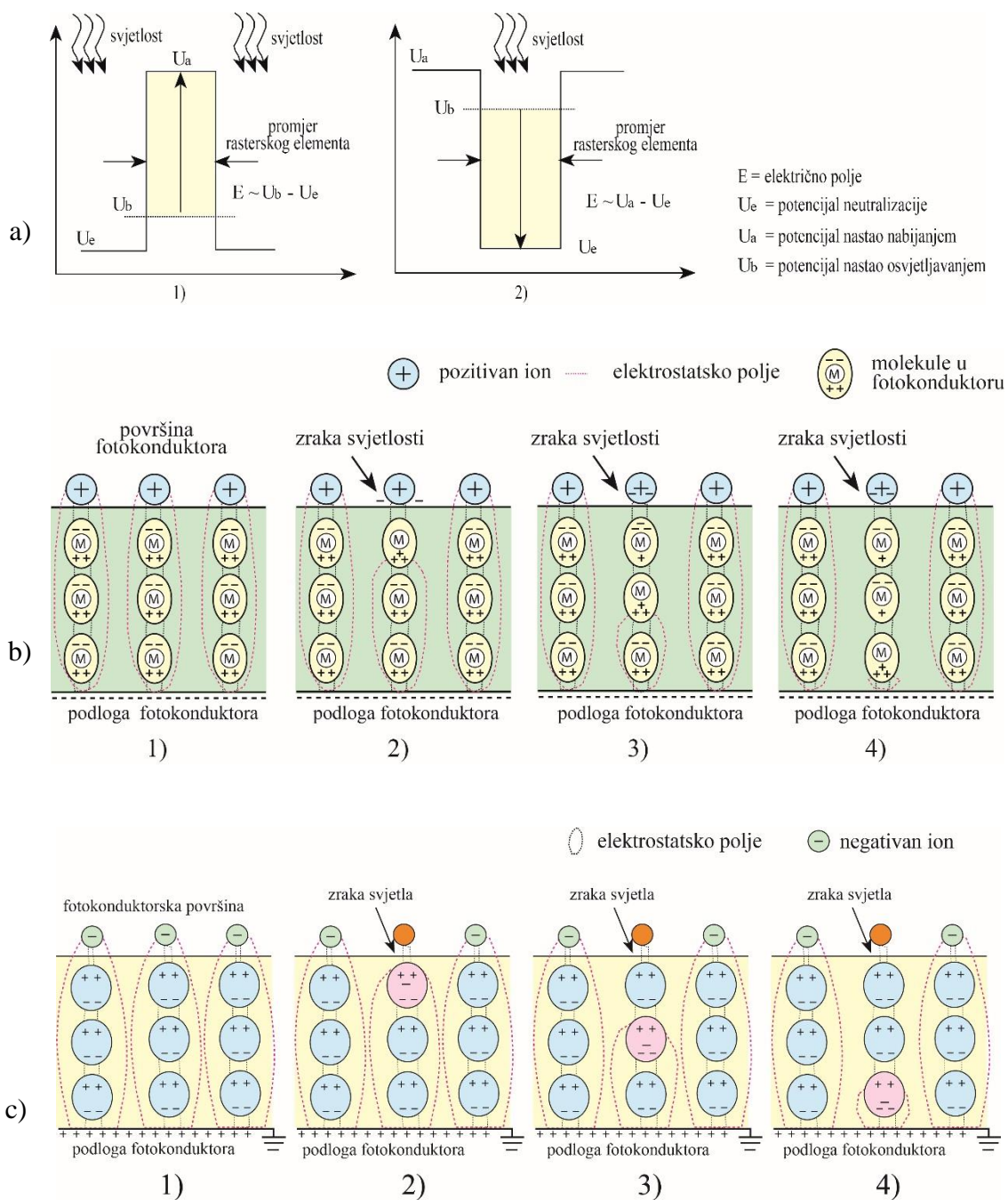
- a) na bazi rasterskih optičkih skenera (ROS = *Raster Optical Scanner*) i
- b) na bazi svjetloemitirajućih dioda (LED = *Light Emitting Diodes*).

ROS tehnika osvjetljavanja primjenjuje se u konstrukciji manje kvalitetnih stolnih elektrofotografskih pisaa. Slikovna informacija na fotoreceptoru generira se uključivanjem i isključivanjem laserskih zraka, te nastali elementi koji formiraju sliku pretežno su pikseliziranog oblika. Samo osvjetljenje točkice tvore tiskovne elemente koji se još nazivaju i crni pikseli. Sama rezolucija (kvaliteta) slike određuje se brojem uočljivih elemenata po inču. Trenutno najčešća rezolucija je 1200 x 1200 dpi. [2]



Slika 2. Pozitivno nabijanje fotoreceptora: a) Uzemljene komponente potrebne za pozitivno nabijanje; b) Prikaz nastalog elektrostatskog polja uspostavljenog između korotronske žice i koronske žice

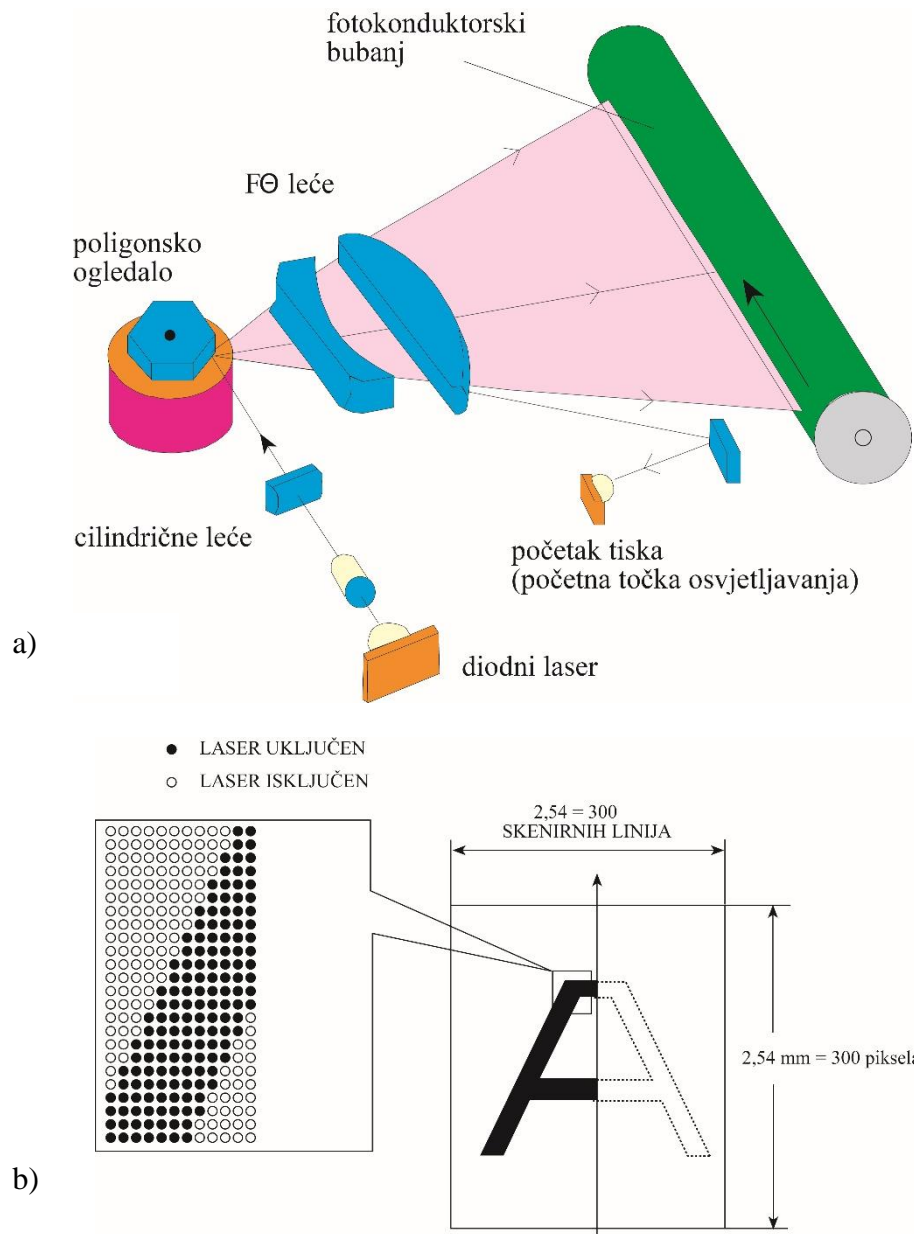
Izvor: Majnarić I. (2015). Osnove digitalnog tiska, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb



Slika 3. Oslikavanje fotoreceptora: a) Negativsko (CAD); b) pozitivsko (DAD) osvjetljavanje; c) Reakcije u fotokonduktoru tijekom negativskog osvjetljavanja (CAD); d) Reakcije u fotokonduktoru tijekom pozitivskog osvjetljavanja (DAD)

Izvor: Majnarić I. (2015). Osnove digitalnog tiska, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb



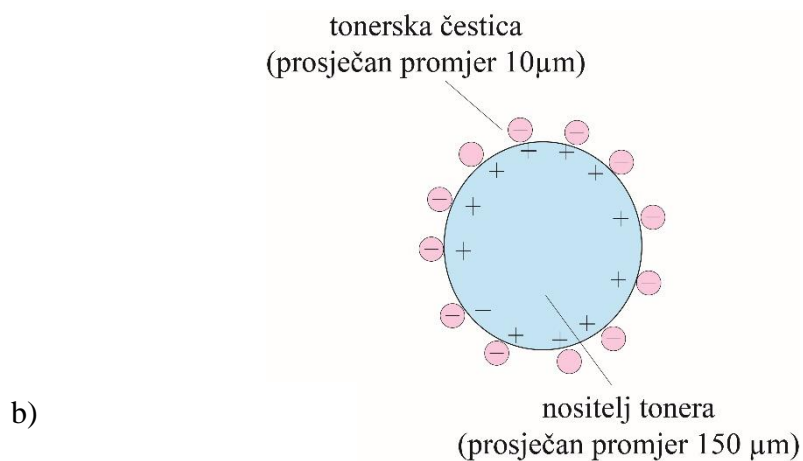
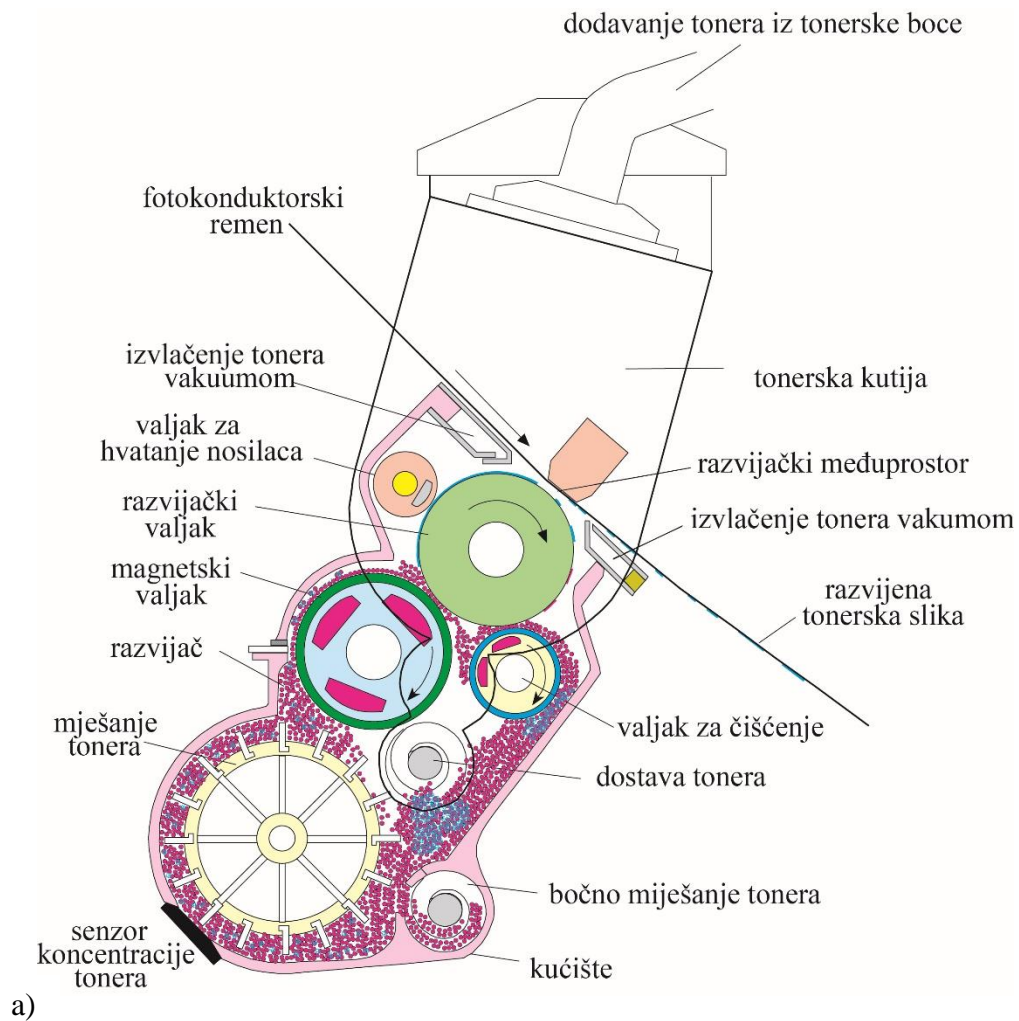


Slika 4. Konstrukcijsko rješenje laserske glave zasnovane na ROS tehnologiji:  
 a) ROS sistem sa korekcijskom optikom; b) Segment elektrofotografske slike nakon laserskog osvjetljavanja

Izvor: Majnarić I. (2015). Osnove digitalnog tiska, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb

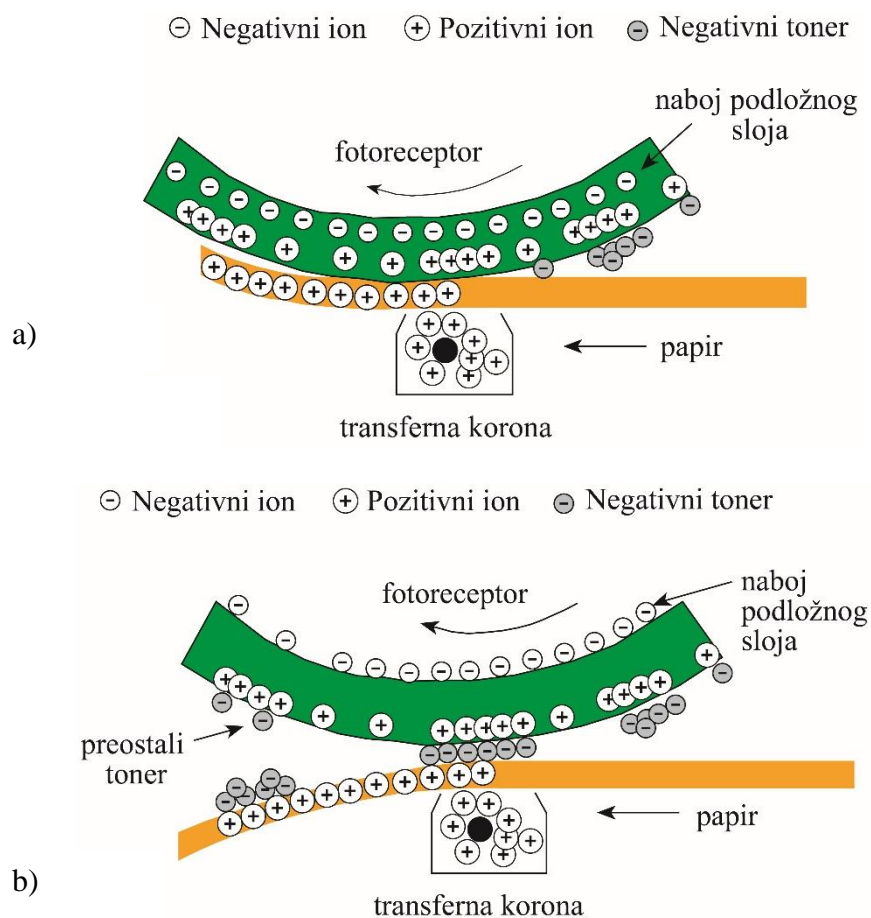
U trećoj fazi, nastoji se latentnu sliku učiniti vidljivom. Pritom se na fotoreceptor nanosi materijal (boja) koji će se kasnije nanijeti na tiskovnu podlogu. Takav se materijal još naziva i praškasti toner. Razvijački proces se odvija u dva koraka: Prvi distribucija tonera iz spremnika nakon čega slijedi nabijanje tonera. Pritom se mogu primjeniti dva procesa razvijanja: dvokomponentni i jednokomponentni sistem razvijanja. Usljed elektrostatskog polja (koje je stvoreno nabijanjem fotoreceptora odgovarajućim nabojem) dolazi do prihvaćanja tonera za tiskovne elemente te formirana slika postaje vidljiva ljudskom oku. [2]





Slika 5. Razvijanje u EP: a) princip suvremenog dvokomponentnog razvijanja; b) Shematski prikaz razvijaača koji se upotrebljava u dvokomponentnom razvijanju  
Izvor: Majnarić I. (2015). Osnove digitalnog tiska, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb

U četvrtoj fazi slika stvorena od praškastog tonera prenosi se na papir. To se provodi pomoću prijenosne korone koja se nalazi ispod uložene papirne podloge. Tijekom prijenosa papir se dovodi u kontakt s razvijачkom slikom fotoreceptora, pri čemu se mora ostvariti točan registar (rub papira se točno pozicionira u odnosu na rub fotoreceptora). Na samom kraju transfernog procesa papir se odvaja od fotoreceptora i napušta tiskarsku jedinicu. Pritom se primjenjuje elektrostatski proces kako bi se toner zadržao na papiru. Samim time sprečava se raspršivanje čestica tonera tijekom procesa otiskivanja. [2]

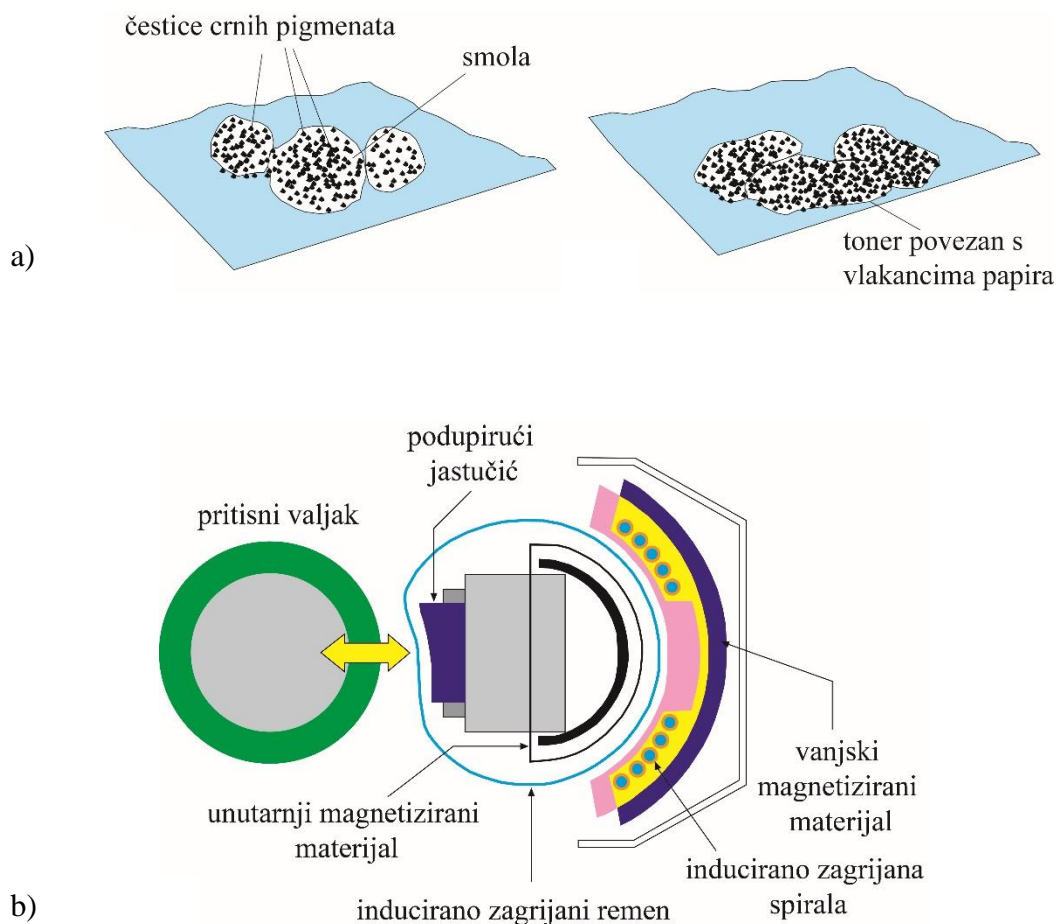


Slika 6. Prijenos tonera na papir pomoću transferne korone: a) formiranje pozitivnog naboja na papiru; b) generiranje elektrostatskih polja u zoni transfera

Izvor: Majnarić I. (2015). Osnove digitalnog tiska, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb

U petoj fazi (prije samog završetka) važno je fiksirati čestice tonera na papiru. Takav proces se još naziva i fuziranje. Fuziranje je vrlo složena faza koja se provodi na praškastim tonerima u elektrofotografiji, pri čemu se u kontakta dovode čestice tonera i papirne podloge te dolazi do međusobnog privlačenja elektrostatskim silama, ali i međumolekularnim Wandervalsovim silama. Kako takvo privlačenje čestice tonera i papirne podloge nije ujednačeno, provodi se i dodatno fuziranje tehnikom vrućeg uprešavanja. [2]

Drugim riječima, tijekom fuzerskog procesa čestice tonera moraju se pretvoriti u tekuće agregatno stanje kako bi došlo do penetracije u papirnu podlogu hlađenjem formirao površinski kruti sloj. Pritom se mogu primijeniti različiti fuzerski procesi: fuziranje vrućim valjcima, fuziranje hladnim valjcima i fuziranje zračenjem. [2]



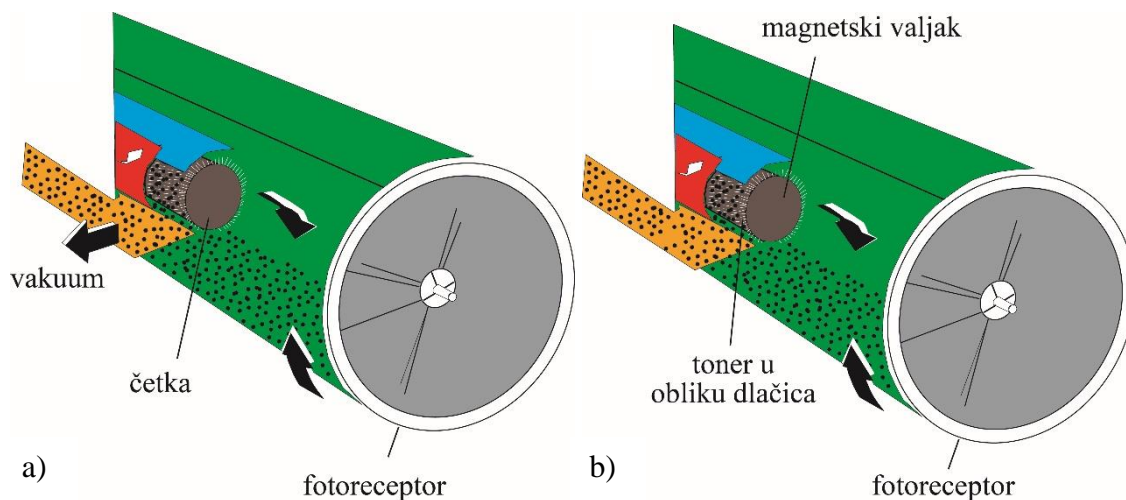
Slika 7. Fuziranje otiska: a) shematski prikaz promjene agregatnog stanja tonera; b) moderna inducirano zagrijavanog fuzerskog grijajača  
 Izvor: Majnarić I. (2015). Osnove digitalnog tiska, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb

U šestoj fazi (nakon formiranja elektrostatskog otiska) fotoreceptor se priprema za sljedeće otiskivanje. Nakon transfera tonera fotoreceptor sadržava ostatke praškastog tonera te ga treba očistiti. Tijekom čišćenja moraju se izvršiti dva postupka: brisanje ostatka prethodno generirane slike (neutralizacija) i uklanjanje čestica tonera koje su zaostale na fotoreceptoru. Tako će se eliminirati bilo kakav naboj na fotoreceptoru kako bi prilikom sljedećeg otiskivanja bio potpuno neutralna površina.

Nakon izvršavanja transfera, ostaci tonera se fizički otklanjaju s površine fotoreceptora, pri čemu završavaju u posudi za taloženje. [2]

Ta se ta faza obično izvršava mehaničkim djelovanjem plastičnog noža ili četke.

U nekim slučajevima toner se može ukloniti elektrostatskim postupkom gdje su sa magnetskim valjkom i njihovim elektrostatskim svojstvima (jako elektrostatsko polje) prihvaćaju ostaci tonera.



Slika 8. Čišćenje u elektrofotografiji: a) princip čišćenja četkastim valjkom;  
b) princip čišćenja magnetskom četkom

Izvor: Majnarić I. (2015). Osnove digitalnog tiska, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb Toneri u elektrofotografiji

Prilikom samog razvoja tonera, uključeni su razni procesi i komponente. Kako se u samoj proizvodnji najčešće primjenjuje polimer, svaka dodatna komponenta mora odgovarati specifičnim zahtjevima. Za svaku takavu karakteristiku razvija se metoda koja olakšava odabir komponente, koje su jedinstvene za kserografski princip otiskivanja. Samim time, razlikujemo jednokomponentne i dvokomponentne tonere. [2]

### 2.1.1 Kolorimetrija pri izradi tonera

Prilikom proizvodnje tonera, vrlo veliku ulogu ima optička gustoća. Kod proizvodnje crnog tonera, potrebno je ostvariti dovoljnu veličinu optičke gustoće koja se u praksi ostvaruje tako da na bazi čađe u odnosu na druga bojila oko 5% više pigmenata. Za tonere u boji također postoje specifične karakteristike koje zahtijevaju točnu optičku gustoću obojenja. Količina potrebna za to razlikovati će se o jakosti pigmenta, koja može također varirati. Isto tako, veliku ulogu igra nijansa samog pigmenta, koji će najviše zadovoljiti potrebe svakog potencijalnog kupca.

Glavni cilj prilikom definiranja obojenja pigmenata je stvoriti optimalnu paletu tonova procesnih boja (cijan, magenta i žutog tonera), te samim time raspon boja koji ovisi o spektralnoj apsorpciji različitih pigmenata. Glavni alat koji koristimo prilikom mjerenja spektralne apsorpcije je spektrofotometar. [3]

Pomoću spektrofotometra može se izračunati raspon obojenja koji je moguće postići određenim setom pigmenata. Samim time mogu se procijeniti razne kombinacije CMY pigmenata kako bi se pronašao optimalan set.

Problemi mogu nastati prilikom pronalaženja CMY pigmenata koji će se morati podudarati sa crvenim, zelenim i plavim setom filtera (koriste se za optičko odvajanje obojenja). Samim time, kolorna slika se pretvara u skup zasebnih elektronskih podataka (kolorne separacije) te se vrši prilagodba jačine svake kolorne separacije, ovisno o cjelokupnom signalu o obojenju. Takva će se slika formirati na fotoreceptoru laserskog pisača te onda otisnuti na papiru. U drugom slučaju, može se koristiti crni toner kako bi se na slici smanjila količina nanesenog tonera u boji i ostvario veći kontrast.

Također, veliku ulogu prilikom proizvodnje pigmenata ima svjetlosna postojanost. Svjetlosna postojanost je važna zbog tonova koje stvara EP tiskarski stroj. Stupanj (trajnost zapisa) potrebne svjetlosti tako će ovisi o samom pigmentu gdje je cilj dobiti vrijednosti koje su dovoljne za gotovo svaku primjenu. [3]

### **2.1.2 Veličina čestice pigmenata**

Tijekom godina, veličina čestica (eng. *particle size*) se smanjivala. Promjer čestica se sada kreće u rasponu od 7 do 12  $\mu\text{m}$ . Utvrđeno je da su manje veličine čestica superiorne u reprodukciji kolornih slika, dok će veće čestice obično ostvariti neravne linije i točke čime pogoršavaju kvalitetu reprodukcije. Međutim, prilikom proizvodnje tonera, polimeri manjih veličina čestica zahtijevaju duže vrijeme mljevenja, te samim time su i veće cijene proizvodnje. Također, manje čestice zadržavaju nečistoće (pri točnom masenom omjeru) što uzrokuje bržu degradaciju razvijaača.

Veličinu samih čestica mjerimo pomoću Coulter mjerača ili grandometrom. Uređaj radi na principu smještanja čestice tonera u provodljivu tekućinu te ispituje promjene u signalu tijekom prolaska kroz mjerni otvor. Sam instrument je osjetljiv na promjenu volumena tekućine koja se dodaje tako da svaka čestica tonera utječe na točno mjerenje raspodjele tonerskog volumena. Ostvarena razlika najčešće se prikazuje geometrijskim (logaritamskim) odstupanjem.

Prilikom određivanje veličine čestice također se može koristiti optički uređaj za analizu. Ova metoda promatra projekciju čestica u ravnini objekta te se može koristiti za linearna ili površinska mjerenja. Sama metoda može se kombinirati sa spektrografom za određivanje naboja koji simulirano mjeri veličine i naboja tonera. [3]

### 2.1.3 Protok i prijanjanje tonera

Protok tonera (eng. *toner flow and adhesion*) opisuje kako se toner ponaša u kontaktu sa samim sobom (kohezija), dok se prijanjanje tonera opisuje kao ponašanje tonera u kontaktu s drugim materijalom (npr. tiskovna podloga). Često se dobar protok tonera navodi kao važno svojstvo jer, prilikom prijenosa, zahtijeva što nižu adheziju tonera. Međutim, budući da niska kohezija podrazumijeva nisku silu prijanjanja, mjerenje protoka često je dobra metoda za prepoznavanje svojstava tonera sa poboljšanim karakteristikama.

Za mjerenje protoka praha postoje razni načini. Većina njih svodi na mjerenja dinamičkih svojstava tonera: kut odvajanja (mjeri se kako toner klizi), promjenu volumena ili mase, lakoća pakiranja. Sama kohezivnost tonera određuje se koliko lako toner prolazi kroz mrežicu različitih gustoća. Tijekom posljednjih godina adheziju tonera kao jedinstveno svojstvo puno češće koristimo. Razlog tome je povećanje prisutnosti fotokopirnih strojeva, gdje su prijenosna svojstva svih tonera važna za optimalnu kvalitetu ispisa, te povećanog prihvaćanja od strane donorskog valjka. Tako se protok i adhezija tonera obično kontrolira pomoću dodataka za poboljšanje površinskih svojstava. [3]

### 2.1.4 Dvokomponentni toneri

Nosače u dvokomponentnom sustavu (eng. *two-components developers*) imaju dvije glavne funkcije. To su: stvaranje naboja i ostvarivanja transporta tonera kroz kućište razvijaa. Prilikom trenja nosač čestica generira željenu veličinu i naboj na toneru, stvarajući tzv. neutralni razvijaa. Pritom se čestice tonera prihvaćaju na zrno nosača elektrostatičkim silama čime je stvoren preduvjet da se mogu pomicati kroz stroj djelovanjem magnetizma sa jezgre magnetskog nosača.

Zbog mogućnosti premazivanja jezgre raznim polimerima ostvarena je sposobnost nosača da kontrolira naboj tonera. Uspoređujući polimere u toneru (obično se ciljano bira zbog svojstva reologije) polimer nosača može se odabrati isključivo zbog svojstva stvaranja naboja. Zahtjevi pri nanašanju polimera na zrno nosača vrši se obilatim nanašanjem polimera u tekućem obliku (otopine ili suspenzije) ili u obliku suhog praha koji se može prihvatiti za površinu. U praksi najčešće se odabire polimeri za nosače koji će moći utjecati na razinu prihvaćanja tj. do razine u toneru izvan razine opsega korisnog naboja fotoreceptora u pozitivnom smjeru tiskovnih elemenata, te izvan opsega korisnog naboja u negativnom smjeru slobodnih površina. [3]

Samim time u konačnici nosač presvučen metakrilatom može nabiti toner do  $40 \mu\text{C/g}$ , dok će nosač presvučen fluoropolimerom isti toner nabiti nabojem do  $50 \mu\text{C/g}$ .

Također, u ovoj funkciji korisna je i transportna funkcija nosačkih čestica. Gotovo uvijek se za nabijanje koristi ili rotirajući magnet ili magnetiziran lopatasti valjak koji se koristi za transport razvijaa kroz razvijaačku zonu uz stvaranje magnetske četke za prijenos tonera na latentnu sliku fotoreceptora. Velika većina jednokomponentnih sustava zadržava upotrebu posebnog magneta za prijenos tonera. Međutim to zahtijeva upotrebu magnetskog tonera, koji je uz crne boje ili ima vrlo ograničen broj magnetnih pigmenata u boji. [3]

### **2.1.5 Jednokomponentni toneri**

Postoji čitav niz prednosti koje jednokomponentna tehnologija tonera (eng. *single-component developers*) posjeduje u odnosu na dvokomponentne tehnologije. Najveća od njih odnosi se na samu količinu koja zauzima nosač. U proteklih nekoliko godina trend je da se smanjuju dimenzije strojeva i pisača, kako bi se kupcima otvorile mogućnosti koje su prije bile teško dostupne. To su lagani i jeftini EP strojevi. Samim time, uklanjanjem kuglica nosača, smanjuje se volumen kućišta a samim time i veličina spremnika sa tonerom. Međutim, i dvokomponentna kućišta postaju sve manja, a da se pritom ne utječemo na same performanse pisača. Kako bi održali točnu koncentraciju tonera, razvijeni su sistemi za praćenje koncentracije što uključuje ugradnju dodatne opreme poput senzora i sredstva za kontrolu izbacivanja tonera. Jednokomponentni sustavi samim time su jednostavniji, smanjuju troškove i poboljšavaju pouzdanost u radu.

Također, jednokomponentni sustavi omogućuju bolju učinkovitost. Niži omjeri naboja i mase tonera omogućuju veće mase, a time i veći nanos na fotoreceptoru po završetku stupnja faze neutralizacije naboja. Jednokomponentni sustavi također se ne moraju boriti s relativno teškim zrcima nosača pa stoga mogu raditi na razini nabijenosti ispod  $10 \mu\text{C/g}$ . Velika većina jednokomponentnih tiskarskih sustava zahtijeva veliko magnetsko opterećenje za kontrolu kretanja tonera kroz samo razvijaačku kućište. [3]

### **2.1.6 Prijenos tonera**

Glavni izazov kod jednokomponentnih sustava je transport tonera kroz kućište razvijaa. U dvokomponentnim razvijaačima čisti toner distribuira se iz boce s tonerom u razvijaačko kućište. Najčešće se takav postupak vrši pomoću spužvičastog valjka, magnetskim četkama ili spiralnim valjcima.



Posljednja faza, ujedno i najpraktičnija faza je odvajanje boce s tonerom od razvijaačkog kućišta. U jednokomponentnom razvoju, nedostatak razvijaača za transport zahtijeva nove karakteristike protoka tonera. Zbog toga se u praksi, svim jednokomponentnim tonerima dodaju aditivi kao npr. silikonsko ulje za poboljšanje protoka tonera. [3]

## **2.2 TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE PRAŠKASTIH TONERA**

### **2.2.1 Komponente tonera**

Glavni sastojci kserografskog tonera su bojila otopljena u vezivoj smoli. Osim ove komponente, određeni toneri mogu sadržavati aditive za kontrolu naboja (kontroliraju razinu naboja na fotoreceptoru), površinske aditive za kontrolu transfera i svojstva dobrog čišćenja, magnetske dodatke za pomoć vezivanja tonera te voskove za pospješivanje taljenja tonera na grijačem valjku (fuzerski valjci). [3]

### **2.2.2 Polimerne smole u toneru**

Uloga polimerne smole (eng. *resin*) u tonerima je vezivanje pigmenta za papir ili termostabilni prozirni materijal kako bi se u konačnici stvorila trajna slika. To se obično postiže točnim odabirom polimera koji će se rastopiti na određenoj temperaturi tj. usljed primjene topline i visokog pritiska zagrijanih valjaka koji toner uprešavaju u papirna vlakanca. Materijali za ovu primjenu su obično polipropileni, kopolimeri etilen-vinil-acetat ili smjese tih materijala. Prednost ovih materijala je fiksiranje pri niskoj temperaturi i tlaku. Međutim, glavni nedostatak je stvaranje slike visokog sjaja koji se trljanjem lako može oštetiti.

U drugim primjenama odnosno pri taljenju tonera i penetraciji u papirna vlakna, primjenjuju se kontinuirani izvori topline, kao što su kvarcna lampa ili Wolframova žarulja. Viskoznost tonera u kratko vrijeme i uz dopušteno zagrijavanje doseže vrlo nisku vrijednost (oko 500 milisekundi) zbog čega se često koriste poliesteri i epoksidi.

Pri upotrebi blijeskanog svjetla visokog intenziteta toner se također rastapa i penetrira u papir za manje od 5 milisekundi, pritom temperature tonera obično dosežu i do 200 °C. Većina fotokopirnih uređaja koristi tople fuzirajuće valjke za fiksiranje slike. Papir sa rastaljenim tonerom prelazi kroz prostor koji čine zagrijani valjak i hladni pritisni valjak koji su u međusobnom kontaktu. Ova kombinacija temperature i tlaka daje najbolje rezultate za većinu primjena, te se koristi kod kopolimera stirena (stiren akrilata, metakrilata i butadiena). Molekularne težine pritom se kreću od 30 000 do 100 000 mola, a temperature prijelaza u staklastu fazu iznose od 50 do 65 °C. [3]



Kada se rastapa više slojeva tonera, poliesterski toner sa niskim talištem ima veliku ulogu i od velike su važnosti. Zbog toga ga koristi i većina suvremenih kopirnih uređaja i pisača u boji. Poliesterski polimeri se mogu posebno dodavati i u monomere kako bi se modificirala razina nabijenosti. Međutim, primarna uloga polimerne smole je poboljšati otisnutu sliku.

Poliesterske smole obično su skuplje od stiren akrilnih smola te imaju limitiranu tendenciju korištenja u kolornim tonerima ili crnom toneru namijenjenom za korištenje u kombinaciji sa tonerima u boji. Također je moguće formirati hibride poliestera i stiren akrilata zbog poboljšanih svojstava kolornih otisaka. [3]

Tablica 1. Najčešće smole u plavom toneru

Naziv polimera ili klasa	Morfologija	Svojstva taljenja Tg ili Tm (°C)	Molekularna težina ( $\times 10^{-3}$ )	Primjena u pisaču
Polistiren n-butil metakrilat	Amforni	Tg (50 – 60 °C)	50 – 60	Fuzija valjaka + bljeskalica
Polistiren n-butil akrilat	Amforni	Tg (50 – 60 °C)	50 – 60	Fuzija valjaka + bljeskalica
Poliester	Amforni	Tg (50 – 60 °C)	8 – 30	Toplinsko zračenje + valjanje
Epoksi polietilen	Amforni kristal	Tg (50 – 100 °C) Tm (86 – 130 °C)	1 – 10 0,5 - 15	Pritisak valjaka + bljeskalica; Hladni pritisak i stapanje
Polipropilen	Kristalna	Tm (130 – 165 °C)	3 – 15	Hladni pritisak, pritisak valjaka i sredstva za otpuštanje

\*Tg = temperatura staklaste faze; Tm = temperatura taljenja.

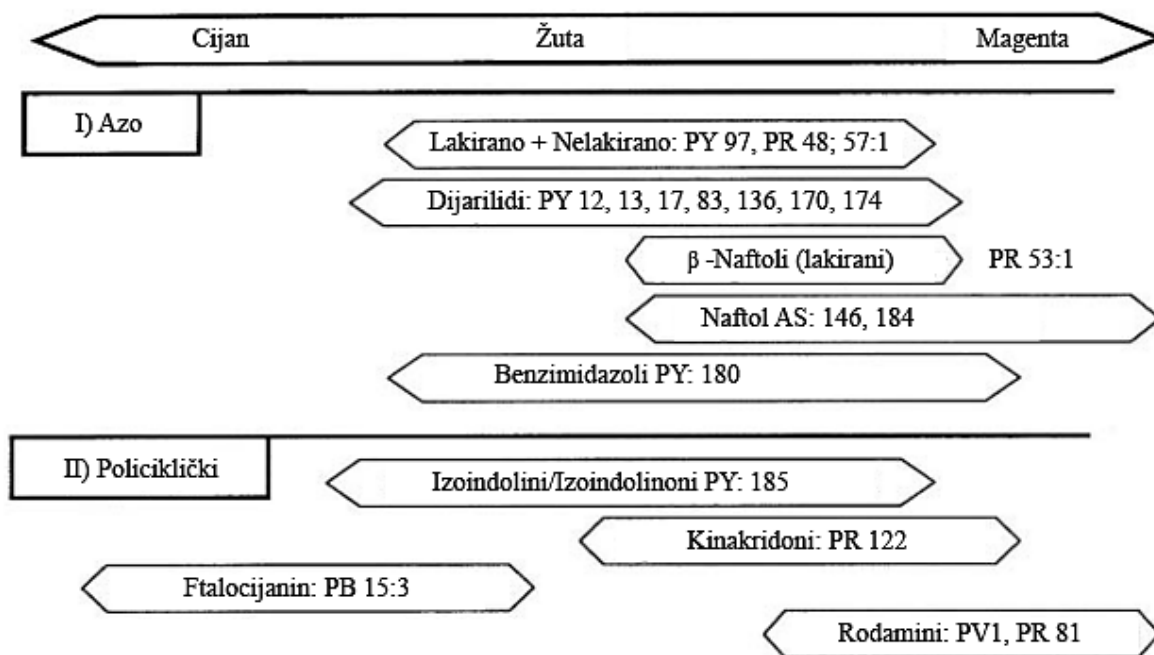
Izvor: Baur, R., and Macholdt, H. T. (1995). *Organic pigments for digital color printing. Eleventh International Conference on Advances in Non-Impact Printing, Hilton Head, SC.*

### 2.2.3 Koloranti u toneru

Najčešći izvor pigmenta za kserografske tonere je čađa. Važna svojstva čađe za kserografsku primjenu je njena disperzibilnost u smoli pri miješanju s vrućom talinom i te zadržavanje tendencije pozitivnog ili negativnog naboja. Ugljikova crna boja obično se koriste u tonerima sa udjelom od 5 do 15%. Osim čađe, postoji još nekoliko materijala koji se mogu zbog cijene i koristiti pri izradi crnog tonera. Magnetit se često koristi u tonerima kako bi ostvarili magnetsku kontrolu tonera. Takve tvari su obično crna i rijetko u sebi sadrži pigment. Međutim, ona su često opterećenje za magnetska svojstva što je ponekad dovoljno da dodatne pigmente ne dodajemo. [3]

Aditivi poput nigrozina (aditiv za kontrolu naboja) dobri su i crni pigmenti, a njihova upotreba u toneru može dovesti do smanjenja ili uklanjanja sadržaja čađe. Ostale tipične boje koje se koriste za ovu primjenu su crvena, plava, zelena i smeđa, koje su napravljene od jednog pigmenta ili mješavine pigmenata.

Druga glavna primjena u stvaranju kolornog otiska je da se koristi suptraktivni pigmenti cijan, magenta i žuta. Takvi pigmenti su posebno odabrani zbog točnih kolorimetrijskih svojstava kao što su spektralna karakteristika i njihova sposobnost stvaranja što šireg raspona boja kada se međusobno miješaju. Za izradu suptraktivnih pigmenata danas se koriste isključivo organski pigmenti. Tako se bakar ftalocijanin često koristi za cijan plavu boju, azo pigmenti za žutu, i kinakridon ili rodinam za magenta crvenu boju. Pigmenti u toneru su kemijski aktivni materijali, pa samim time utječu na njihova kserografska svojstva. Na slici 9. grafički je prikazan raspon pigmenata po bojama i različitim kemijskim formulacijama. [3]



Slika 9. Kolorni toneri i pigmenti koji se koriste u kserofotografiji  
 Izvor: Baur, R., and Macholdt, H. T. (1995). *Organic pigments for digital color printing*. Eleventh International Conference on Advances in Non-Impact Printing, Hilton Head, SC.

#### 2.2.4 Dodaci za kontrolu naboja

Aditivi za kontrolu naboja (eng. *charge control additives*) često se dodaju u toner kada je pigment ugrađen u polimer. Međutim, on ne daje odgovarajuću razinu nabijenosti ili brzinu nabijanja. To svojstvo se može dogoditi i kod pozitivnih i negativnih tonera. Za pozitivno nabijene tonere primjenjuje se aditivi koji koriste amonijeve soli. Ti su spojevi bezbojni, što daje veliku prednost prilikom upotrebe u kolornim tonerima.

Nigrozin je organski pigment koji je učinkovit u postizanju pozitivnog naboja, međutim, neprikladan je za većinu aplikacija u boji jer je i izvornog crnog obojenja. Za negativno nabijene tonere, koristi se zakiseljena čađa. Razlog tomu je njena uspješnost kao sredstvo za kontrolu naboja. [3]

### **2.2.5 Aditivi za smanjenje površinske napetosti**

Pod dodacima za smanjenje površinske napetosti (eng. *surface additives*) svrstavamo: silicijev dioksid, titan dioksid, silicij, cinkov stearat. Površinski aditivi imaju višenamjensku prednost te im se u posljednjih nekoliko godina povećala važnost. Kada na površinu tonera dodajemo materijal kao što je silicijev dioksid, svojstva prenašanja se znatno poboljšavaju, te samim time utječu na tiskarska svojstva primjenjenih tonera. Kao što je navedeno, silicij smanjuje prihvaćanje tonera na fotoreceptor a samim time poboljšava prijenos tonera na papirnu podlogu. Istodobno; poboljšavaju i stabilnost naboja smjese tonera i nosilaca. Pri fazi čišćenja nožem za skidanje tonera, površinski aktivne tvari poput cinkova stearata dobro se miješaju sa tonerom što rezultira dobrim podmazivanjem oštrice noža koja prelazi preko fotoreceptora. [3]

### **2.2.6 Dodaci za poboljšanje magnetskih svojstava**

Pod pojmom magnetski dodaci (eng. *magnetic additives*) ubrajamo spoj kao što je magnetit. Magnetit se primarno dodaje u jednodokomponentne tonere, gdje omogućuje transport tonera kroz kućište razvijaa, izbjegavajući pritom stvaranje mutne latentne slike. Zbog toga su pod magnetskom kontrolom, dodane čestice koje su u veličini od nekoliko desetaka mikrometara. Također, utvrđeno je da se magnetit nalazi i u dvokomponentnim tonerima. Međutim, u ovom slučaju on sprečava i kontrolira najstajanje nečistoće u EP stroju. Bez posjedovanja magnetita, toner sa malim nabojem stvara prljavštinu te samim time dugoročno utječe na rad stroja. Tipično ostvarena opterećenja su oko 15 do 20% , dok su za potrebu transporta kreću u rasponu od 60 do 70%. Ako je unutar same formulacije tonera prisutna dovoljna magnetska reminencija, toner se može primjenjivati i za prepoznavanje oznaka otiskivanih sa magnetskom bojom (MICR). Takva boja se koristi kao specijalna kserografska aplikacija za sortiranje čekova. [3]

### **2.2.7 Ostali dodaci**

Pod ostale dodatke ubrajamo sredstva za otpuštanje tonera. To su obično silikonska ulja koja sprječavaju prianjanje tonera na vruću površinu fuzerskih valjka. Također, polimeriziranje tonera djelomično pomaže u sprječavanju prianjanje tonera na površinu zagrijanih valjaka, te se ova tehnika koristi za tonere u boji. [3]

## 2.3 METALIK EFEKTI

### 2.3.1 Vrste i karakteristike apsorbirajućih bojila

Prema samoj klasifikaciji, tiskarska bojila se mogu izraditi pomoću 15 različitih fizičkih mehanizama. Ti procesi uključuju proizvodnu nositelja obojenja koji imaju karakterističnu intonaciju između elektromagnetskih zračenja svjetlosti i obojenih tvari (elektronima atoma, molekula, čestica ili kristala materijala).

Samo izvor apsorpcijskih pigmenata može se svesti na procese apsorpcije i raspršivanja. Takvu vrstu interakcije zovemo selektivnom jer je učinkovita u uskom području valnih duljina vidljivog dijela spektra. Svjetlost se raspršuje sa čestica pigmenata pod uvjetom da su zadovoljena prva dva uvjeta:

- a) da su čestice i valne duljine svjetlosti istih veličina,
- b) da molekule bojila pokazuju višestruku prostorno odvojenu raspodjelu električnog naboja (takozvani multipoli).

Apsorpcijski pigmenti također nose naziv i obojeni pigmenti ili skraćeno samo pigmenti. Sastavom su anorganskog ili organskog podrijetla koji u oba slučaja tvore kristale raznih vrsta. Zbog svojstva razdvajanja naboja u više polova, morfološki su nejednoliki kristali veličine čestice od 10 nm do 1  $\mu\text{m}$ . Sve vrste pigmenata, u koje spadaju apsorpcijski pigmenti i efektni pigmenti, nisu topivi u vezivu ili bilo kojoj polimernoj rešetki. Pigmenti se dobro dispergiraju u takvim materijalima. Međutim, pojedinim pigmentima je potrebno dodatni aditiv. Takvi pigmenti se koriste pri nanašanju na polimerne materijale, vlakancu celuloze u papir, obojenih lakova i pasta. U sintetičkim polimerima pigmenti imaju tendenciju skupljanja u amorfnim područjima. Samim time utječu na mehanička, toplinska i električna svojstva formiranog spoja. [4]

Anorganski pigmenti sastoje se od: spojeva oksida, sulfida, sulfata, silikata, kromota, karbonata i metalnih kompleksa. Sama prednost anorganskih pigmenata je snaga kolornog raspršivanja. Samim time zbog svoje stabilne i jednostavne molekularne strukture, anorganski pigmenti imaju bolja reološka svojstva, bolju pokrivnu moć te povećanu otpornost na vremenske uvjete. [5]

Organski se pigmenti dijele na: azo – pigmente, policikličke i antrakinonske pigmente. U usporedni sa anorganskim pigmentima glavna značajka organskih pigmenata je njihovo prepoznatljivo obojenje. Samim time, organska bojila imaju tendenciju boljeg dispergiranja u polimernim vezivima te ostvarivanju niže tendencije migracije i povećanu vremensku trajnost. [4]

Crni pigment (črna) i bijeli pigmenti ( $\text{TiO}_2$ ) imaju posebnu ulogu u proizvodnji industrijskih bojila. Sam bijeli pigment se ističe zbog sposobnosti potpunog (idealnog) raspršivanja svjetlosti u vidljivom spektru, te se koristi prilikom proizvodnje čiste bijele boje (za otiskivanje pokrivnije podloge). Međutim, kod crnih pigmenta (črna) dominantna je apsorpcija. Najčešće se primjenjuje u malim količinama sa ciljem ostvarivanja većeg kontrasta. Prilikom korištenja crnih ili bijelih pigmenta, provodi se često i kalibracija primjenjene svjetlosti (između minimalnog raspršenja za čisti crni pigment, i maksimalnog raspršenja za bijeli pigment). [5]

### **2.3.2 Pigmenti sa efektom**

Pigmenti sa efektom ostvarili su nove mogućnosti u fizici boja, a posebice na istraživačkom i industrijskom razvoju grafičkih proizvoda. Sam proces proizvodnje bojila sa efektom uzrokovano je anizotropnim procesima poput pojedinačnog ili višestrukog odbijanja svjetlosti (interferencijom ili difrakcijom). Stvaran dojam obojenja efektnih pigmenta izuzetno ovisi o kutu gledanja. To je funkcija kuta i osvjetljenja i smjera promatranja. Ljudsko oko percipira boje iz apsorberajućih boja, te samim time osjećaj promatranja efektne boje drugačije je percipiran sa strane ljudskog oka. Samim time, bojila sa efektom iziskuju dodatne proizvodne metode u usporedbi sa apsorpcijskim pigmentima. Također zahtijevaju opsežniju karakterizaciju, mjerne tehnike, primjenu i završnu obradu. [4]

Prosječna veličina čestica efektnih pigmenta je u rasponu od 1  $\mu\text{m}$  do 1mm, što je 10 do 1000 puta više od apsorberajućih pigmenta. Debljina čestica također se kreću između 10 nm do 1  $\mu\text{m}$ . Kao i kod apsorpcijskih tiskarskih bojila, pigmenti sa efektom se također dijele na anorganske i organske pigmente. Efektne pigmente možemo tako podijeliti na četiri osnovne skupine: metalni pigment, sedefasti pigment, interferencijski pigment, difrakcijski pigment. Metalni pigmenti obično se sastoje od čistih metala ili legura metala. Metalni sjaj biti će im intenzivniji što su čestice ravnomjerno orijentirane (paralelno s graničnim površinama premaza). Samim time metalni efekt je posljedica usmjerenog ili difuznog odbijanja sa površine ili rubova čestica. [5]

Sedefasti pigmenti, suprotani su od metalik pigmenta te se nanosi u dva ili više slojeva s visoko izraženim indeksom razlike loma (po vrijednosti on se obično kreću između 1,5 do 2,9). Najčešće korištena podloga je sljud (eng. *Mica*), ali se također mogu primjenjivati metali ili metalni oksidi. Biserni sjaj sedefastih pigmenta ovisi o permutaciji slojeva, te ovaj sjaj potječe od jedne ili više refleksija na granicama sloja, koju obavezno prati interferencija svjetlosnih valova. [4]

Različiti optički slojevi stoje iza opće funkcije interferencijskih pigmenata. Podgrupa interferencijskih pigmenata su takozvani optički promjenjivi interferencijski pigmenti. Interferencijske boje karakteriziraju visok omjer indeksa loma, zajedno s otiskivanjem u različitim debljinama slojeva. Strukturne rešetke difrakcijskih pigmenata odbijaju dolaznu svjetlost, te rezultirajući efekt propisujemo valnoj prirodi svjetlosti. Sama podloga se tako sastoji od jako reflektirajuće i feromagnetske tvari. Feromagnetske čestice se pritom usmjeruju vanjskim magnetskim poljem prije umrežavanja sa vezivom. [5]

### **2.3.3 Vrste metalnih pigmenata**

Za razliku od apsorbirajućih pigmenata metalni pigmenti uglavnom sadrže metalne čestice koje se sastoje od superponiranih zrcalnih i difuznih komponenata koje proizvode neobične efekte u boji. Metalne čestice imaju prosječnu bočnu dimenziju u rasponu od 5  $\mu\text{m}$  do 50  $\mu\text{m}$ , varijabilne debljine od 100 nm do 1  $\mu\text{m}$ . Međutim, u ekstremnim slučajevima takve čestice mogu imati i do 10 puta veće dimenzije. Sam odnos debljine i promjera čestice naziva se i faktor oblika te se on obično kreće u omjeru od 1:50 do 1:500. Najveću primjenu metalnih čestica pronalazimo u tiskarskim bojilima, lakovima, plastičnim materijalima i bojama, kemijskim proizvodima, građevinskim materijalima, eksplozivima ili pirotehnici. [4]

Kao što je od prije definirano, zbog refleksije i apsorpcije dobivamo tipičan metalni sjaj te karakterističnu boju metala. Razlog tomu je oslobađanje veznih elektrona iz metalnih atoma. Sami elektroni tvore ionizirajući plin koji se raspoređuje među preostalim ionima tako da je svaki ion fiksiran na odgovarajućem položaju unutar rešetke.

Vanjski svjetlosni val zbog svoje interakcije s elektronima prodire u ionizirajući plin, te samim time dio svjetlosti se reflektira, a dio apsorbira. Prilikom promjene gustoće ionizirajućih plinova na površini metala, rezultira disperzijom svjetlosti u vidljivom području. U tablici su prikazani indeksi loma  $n$ , apsorpcije  $n\kappa$ , refleksije  $r$  ( $n$ ,  $\kappa$ ) i temperature taljenja  $T_m$ . [5]

Tablica 2. Refleksija, indeks loma, indeks apsorpcije za okomito upadno svjetlo valne duljine  $\lambda=589,3$  nm i temperature od  $T=293$  K, kao i talište metala koja se koriste za metalne pigmente

Metali	Refleksija $r$ (n, $\kappa$ )	Indeks loma $n$	Apsorpcija $n\kappa$	Temperatura taljenja $T_m$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
Ag	0.99	0.052	3.91	1,235
Al	0.912	1.181	6.99	933
Au	0.888	0.280	2.91	1,336
Cu	0.804	0.493	2.80	1,356
Zn	0.768	2.74	5.77	693
Ni	0.667	1.71	3.61	1,726
Fe	0.586	2.91	3.58	1,809
Mo	0.575	3.40	3.56	2,890
Ti	0.565	2.09	3.11	1,933
W	0.524	2.83	3.02	3,683

Izvor: Klein G.A. (2010). *Industrial Color Physics, Spring series in optical sciences, New York*

Sama refleksija sa pigmentnih čestica ovisi o detaljima morfologije, tj. posebice o: površinskoj hrapavosti, veličini i raspodjeli veličine čestica, debljini čestica, orijentaciji pigmenta u mediju za nanošenje. Osim same disperzivnosti i veličini čestica, na kvalitetu otiska metalik boje utječu i ostali čimbenici. Među te čimbenike ubrajamo: tip metala ili legure, način proizvodnje i finalne obrade čestica te viskoznost veziva. Za prirodni sjaj metalnog pigmenta odgovoran je odabrani sirovinski materijal, te se metalik boje mijenjaju od: svijetlo bijele (Ag, Ni), bijele (Al, koji je zamjena za Ag), plavkasto bijele (Zn), narančasto – žute (Au), crvenkaste (Cu) i sive (Fe, Mo, Ti, W). Dodatne metalik boje (prirodne) mogu se ostvariti korištenjem mješavina metalnih pigmenta kao što su nikal (Ni – posvjetljuju) a čestice željeza (Fe – dodaju se sivom metalik efektu), legurom poput mesinga (Cu + Zn) postiže se zlatno – žućkasta do crvenkasta nijansa boje. [4]

Tablica 3. Klasifikacija metalik pigmenata

Metalik pigment	Tipični primjeri upotrebe
<b>Metalne ljuske bez premaza</b>	Aluminij („alumijska bronca“, „srebrna bronca“), bakar, cink, legure bakra / cinka (70/30, 85/15, 90/10: „zlatne bronca“), legure bakra / aluminija (4–12% Al : alumijska bronca), željezo (austenitni čelik, maks. 11% Cr), nikal, kositar, srebro, zlato, titan
<b>Smrvljeni PVD filmovi</b>	Folije od polietilen tereftalata, polistirena ili polipropilena: pare presvučene aluminijom, kromom, magnezijem, bakrom, srebrom, zlatom (PVD postupak)
<b>Čestice presvučene apsorpcijskim pigmentima</b>	Anorganski ili organski pigmenti u presvlaci silicij-dioksida ili akrilata učvršćeni na čestica od aluminija ili "zlatne bronca" kao podloga (CVD postupak)
<b>Djelomično oksidirane i oksidno presvučene metalne čestice</b>	Djelomično oksidirane s površine alumijske čestica, bakrene pahuljice, cink / bakrene čestica („vatrene boje“); presvučene alumijske čestice: željezo-III-oksidi, kositreni oksid, cirkonijev oksid, željezni titanat, kobalt titanat

Izvor: Klein G.A. (2010). *Industrial Color Physics, Spring series in optical sciences, New York*

Čestice pigmenata na bazi prirodnih materijala imaju najveću raznolikost. Međutim, da bi se postigle čestice sa posebno ujednačenim površinama potrebno je proizvesti PVD metodu.

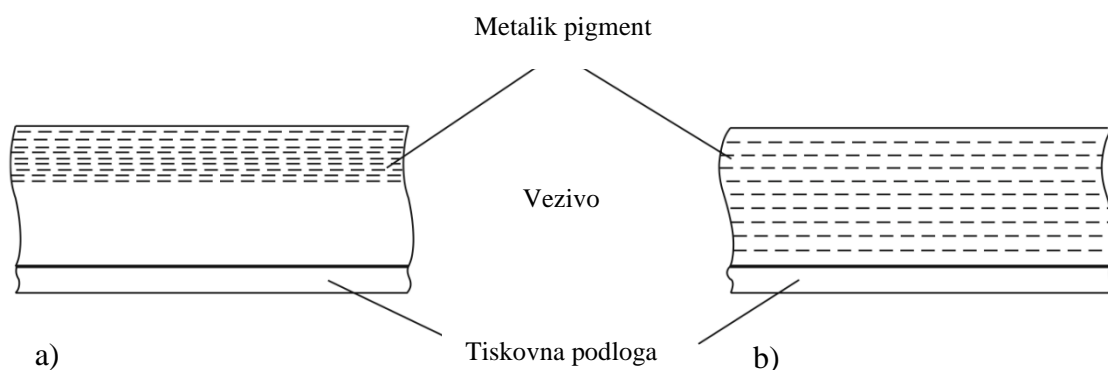
Usitnjene PVD čestice dobivaju se vakumskim postupkom presvlačenjem polimernih folija metalom i nakon toga se drobe na temperaturi koja je ispod temperature prijelaza u staklenastu fazu polimernog materijala.

Zahvaljujući razvoju kemijske tehnologije, danas se mogu proizvesti i obojene metalne čestice na dva načina:

- a) Apsorpcijskim postupkom gdje su pigmenti prikladno učvršćeni na površinama čestica kemijskim taloženjem (CVD);
- b) Metodom koja je temeljena na metalnim česticama koje djelomično oksidiraju na površini ili su obložene metalnim oksidom. Samim time takve metalne čestice imaju intenzivan efekt obojenja, te ih nazivamo kolokvijalno „vatrene nijanse“.

[5]





Slika 10. Dvije različite distribucije metalnih čestica u obojenom sloju:  
 a) ljuskasto nizanjanje na površini; b) bez ljuskastog nizanjanja  
 Izvor: Klein G.A. (2010). *Industrial Color Physics, Spring series in optical sciences, New York*

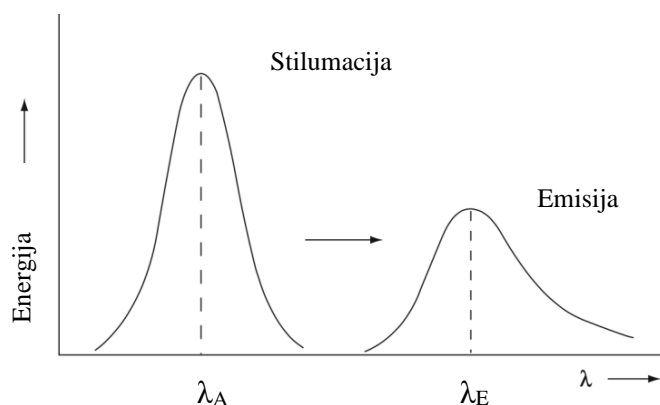
## 2.4 FLUORESCENTNI EFEKTI – IZVORI SVJETLOSTI

### 2.4.1 Fluorescentne, termokromne i fotokromne boje

Jedan od češće primijenjenih specijalnih efekata je tisak s fluorescentnim bojama. Osnova takvog procesa je nanašanje fluorescentnih pigmenata na tiskovnu podlogu čime se vrši povećanje spektralnih refleksija u vidljivom i UV području spektra. Sam fenomen fluorescencije otkrio je George Gabriel Stokes, koji je izvodio brojna ispitivanja oslobodanja energije zračenja unutar UV područja i okom vidljivog područja elektromagnetskog spektra. Pritom je zamijetio da u području UV spektra dolazi do apsorpcije valnih duljini  $\lambda A$ , što čini kašnjenje u vremenu od 10 ns. Nakon toga slijedilo je novo emitiranje. Međutim, sada kao zračenje koje je vidljivo u višim valnim duljinama  $\lambda E$ . Takva se emisija sada vidi i ljudskim okom kao i u području IR spektra (slika 11.).

Ako je fluorescencija okarakterizirana s izrazom  $\lambda A < \lambda E$ , tada je riječ o tzv. Stokesova emisiji. Međutim, postoji i anti Stokesova emisija gdje se fluorescencija postiže samo istodobnom apsorpcijom svjetlosti i toplinske energije. Da bi se ona ostvarila energija emitirane svjetlosti morati će biti veća od energije apsorpcije ( $\lambda E > \lambda A$ ). Da bi mogli dobiti točne rezultate fluoroscencije (stimulacijsku i emisiju fluorescenciju) mjerni uređaji mogu raditi na dva principa:

- a) primijenom polikromatske rasvjete uz veći broj mjerenja jedne boje,
- b) sekvencijalno monokromatsko osvjetljavanje za višekromatsko mjerenje. [4][6]

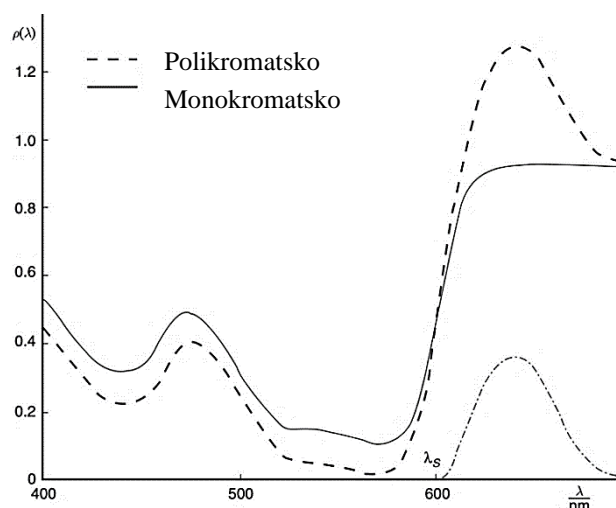


Slika 11. Shematski prikaz normalne stimulacije i emisije fluorescencije

Izvor: Konica Minolta (1998). Sakai.Osaka 590-8551, *Color control from perception to instrumentation, Japan (3-91)*

Pri polikromatskom osvjetljenju (uz veći broj izvršenih mjerenja) uzorci sa otisnutom fluorescentnom tiskarskom bojom biti će osvjetljeni ksenonskom ili živinom lampom. Samo mjerenje se mora obavezno ponavljati u nekoliko serija primjenjujući uske tračne filtere (monokromator) s točnom definiranim valnim duljinama (unutar vidljivog spektra). Tako će izmjerene spektralne vrijednosti odgovarati vizualnom podražaju boje, pod uvjetom da se mjerenja i promatranje izvode sa istim izvorima svjetlosti.

Ako se primijenjuje sekvencijalno monokromatsko osvjetljavanje, monokromator će provoditi osvjetljenje zasebno za svaku zadanu valnu duljinu. Emisijski fluorescentni spektar tako će se mjeriti na svim valnim duljinama vidljivog dijela spektra. Samim time, dobiva se veličina opsega emisije fluorescencije između prvog i drugog mjerenja. Na slici 12. prikazana su dva primjera mjerenja reflektirajuće krivulje jedne crvene fluorescentne boje. [4][6]



Slika 12. Spektralna refleksija crvenog fluorescentnog bojila pri polikromatskom i monokromatskom osvjetljenju na valnoj duljini presjeka  $\lambda_s = 600 \text{ nm}$

Izvor: Konica Minolta (1998). Sakai.Osaka 590-8551, *Color control from perception to instrumentation, Japan (3-91)*

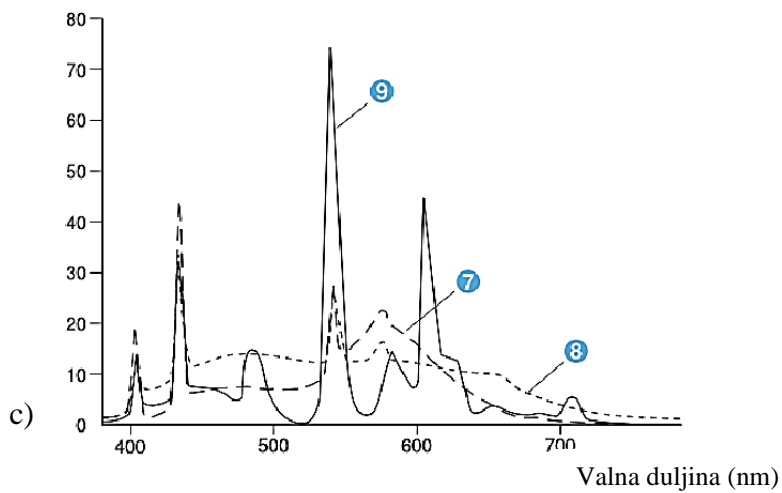
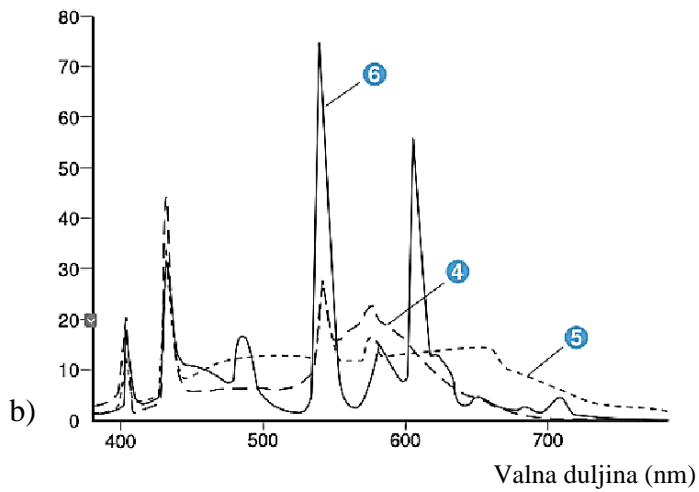
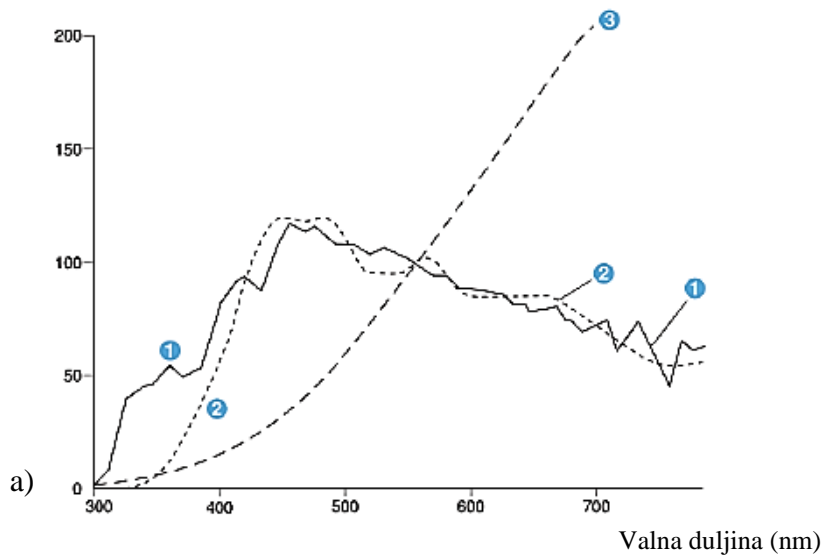
U konačnici izmjereni efekt fluorescencije ovisiti će o čimbenicima kao što je visina i širina primijenjenih emisijskih spektara, pri čemu valna duljina  $\lambda_s$  mora biti veća od boje bez izražene fluorescencije. U slučaju fluorescentnog bojila bitne su karakteristike: koncentracija fluorescentnog pigmenta (intenzitet emisije se povećava s porastom koncentracije, ali se intenzitet i smanjuje približavanjem koncentraciji zasićenja), tip i formulacija pigmenta, vrsta i mehanizam djelovanja aditiva, kemijska i fizikalna građa veziva te vrsta otapala i primijenjeni polimer.

Na temelju prethodno definiranih spoznaja i iskustvima pod različitim izvorima svjetlosti svjetlosni boje će izgledati drugačije. Za mjerenje bojila, CIE komisija je definirala za točne spektralne karakteristike za nekoliko nama poznatih užarenim tijelima. Na slici 13. dan je prikaz spektralne raspodjele snage tipičnih rasvjetnih tijela.

[4][6]

To su sljedećih 9 izvora:

1. *Standardno osvjetljenje D65 ili prosječna dnevna svjetlost (sa vidljivim područjem ultraljubičaste valne duljine) s koreliranom temperaturom boje od 6504 K,*
2. *Standardna rasvjeta C: prosječna dnevna svjetlost (koja ne uključuje područje ultraljubičastog zračenja) s koreliranom temperaturom boje od 6774 K,*
3. *Standardna rasvjeta A: lampa sa koreliranom temperaturom boje od 2856 K (koristi se za mjerenje uzoraka koji će biti osvijetljeni žaruljama sa žarnom niti),*
4. *F2: hladno (bijeli) izvor svjetlosti,*
5. *F7: dnevno svjetlo,*
6. *F11: hladna bijela sa tri karakteristična pika,*
7. *F6: hladni bijeli izvor svjetlosti,*
8. *F8: dnevno bijelo svjetlo,*
9. *F10: dnevno bijelo svjetlo s tri karakteristična pika. [7]*



Slika 13. Spektralna distribucija rasvjetnih tijela: a) CIE rasvjetnih tijela;  
 b) Fluorescentna rasvjetna tijela preporučena za CIE mjerenja;  
 c) Fluorescentna rasvjetna tijela preporučena za JIS mjerenja  
 Izvor: Konica Minolta (1998). Sakai.Osaka 590-8551, Color control from perception to instrumentation, Japan (3-91)

U proizvodnji papira fluorescentne komponente često nazivamo i kao sredstva za povećanje optičke bjeline papira (eng. *OBA=Optical Brightness Aditives*). OBA se prvenstveno koriste u osnovnoj proizvodnji papira i tekstila kao standardno sredstvo koje će osigurati dobro kolorno otiskivanje. Tako će se njihovim dodavanjem u granicama od 1,5 % do 3,5 % ostvariti povećanje spektralnih refleksija u vidljivom području spektra, a time i viših bijelina. U proizvodnji papira trenutno je najpoželjnija diaminostiben disulfonske kiseline. Sadržaj aktivnog sastojka uglavnom je između 20% i 27%. Kako je centralni dio disulfonirani diaminostilben, svi ostali tipovi OBA se razlikuju po broju rubnih skupina sulfonske kiseline. Tipovi OBA sa samo dvije sulfo skupine tako čine oko 11% papirnog tržišta, dok tetrasulfonirani derivati sa celulozno pozicioniranom supstancijom čine oko 80%. Ostalo su tipični heksasulfonirani tipovi optičkih bjelila.

Da bi se prepoznala i rangirala optička bjelina i floroscencija tiskovnih podloga i otisaka primjenjuje se dvije skale. Tako se za papirnu industriju koristi ISO norma 2470-2, dok se za tiskarsku industriju koristi ISO 13655. [7,8]

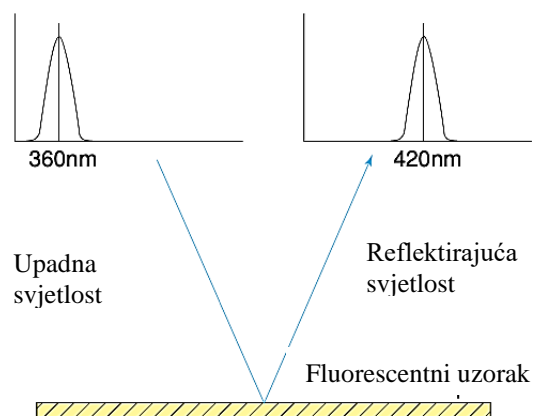
Iako su one jednako definirane (skala sa 6 numeričkih ocjena) način njihova izvođenja je drugačiji. Na tablici 4. prikazane su vrijednosti skala za određivanje stupnja bjeline papirnih tiskovnih podloga. [9]

Tablica 4. Definicija i uvjeti mjerenje bijela papirnih tiskovnih podloga

Stupanj bjeline	Grafička industrija $\Delta b$ (M1-M2) u skladu sa ISO 13655 (promatrač 2°, 0°/45°)	Papirna industrija $\Delta B$ Određivanje UV indeksa u skladu sa ISO 2470-2 (promatrač 10°, Izvor D65)
Nema optičke bjeline	0 – 0.5	0 - 1
Slaba optička bjelina	0.5 – 1.8	1 - 4
Niska optička bjelina	1.8 – 3.6	4 - 8
Srednja optička bjelina	3.6 – 6.3	8 - 14
Jaka optička bjelina	6.3 – 11.3	14 - 18

Izvor: Hofmann D., *Printers-Guide Newsletter 109, Kemnitz 11\_2019, str. 15-16, Print Promotion Cernitz 2019, dostupno na: [https://printpromotion.de/wp-content/uploads/2020/07/Printers-Guide\\_191125\\_PP\\_Newsletter\\_No\\_109\\_11\\_2019.pdf](https://printpromotion.de/wp-content/uploads/2020/07/Printers-Guide_191125_PP_Newsletter_No_109_11_2019.pdf)*

Prilikom proučavanja fluorescentnih boja možemo procijeniti jedno prividno svijetljenje nanese boje iako ona nije izložena djelovanju izvora svjetlosti. Kada svjetlost pada na fluorescentni materijal (bojilo ili podlogu), zrake svjetlosti se apsorbiraju i ponovno emitiraju kao nova vidljiva svjetlost ali u drugim područjima spektra, takve zrake su obično na većim valnim duljinama (područje vidljive svjetlosti od 380 nm do 780 nm). Na slici 14. grafički je prikazan mehanizam refleksije na fluorescentnoj podlozi. [10]



*Slika 14. Grafički prikaz upadnog svjetla i refleksije sa fluorescentne podloge  
Izvor: Konica Minolta (1998). Sakai.Osaka 590-8551, Color control from perception to instrumentation,  
Japan (3-91)*

Pri kolornom mjerenju između samog izvora i uzorka ili između uzorka i senzorskog prijamnika (detektora) može se postaviti disperzivni element. Međutim, da bi se samo mjerenje fluorescentnih uzoraka slagao s obojenjem koju percipira ljudski vid, disperzivni element se postavlja uvijek između uzorka i detektora tako da uzorak bude osvjetljen cijelom spektralnom površinom i valnim duljinama. Prilikom mjerenja fluorescentnih boja spektrofotometrom, mora se kontrolirati spektralnu raspodjelu snage izvora svjetlosti uključujući i ultraljubičasto područje blisko vidljivom dijelu spektra (UV C područje). [10]

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

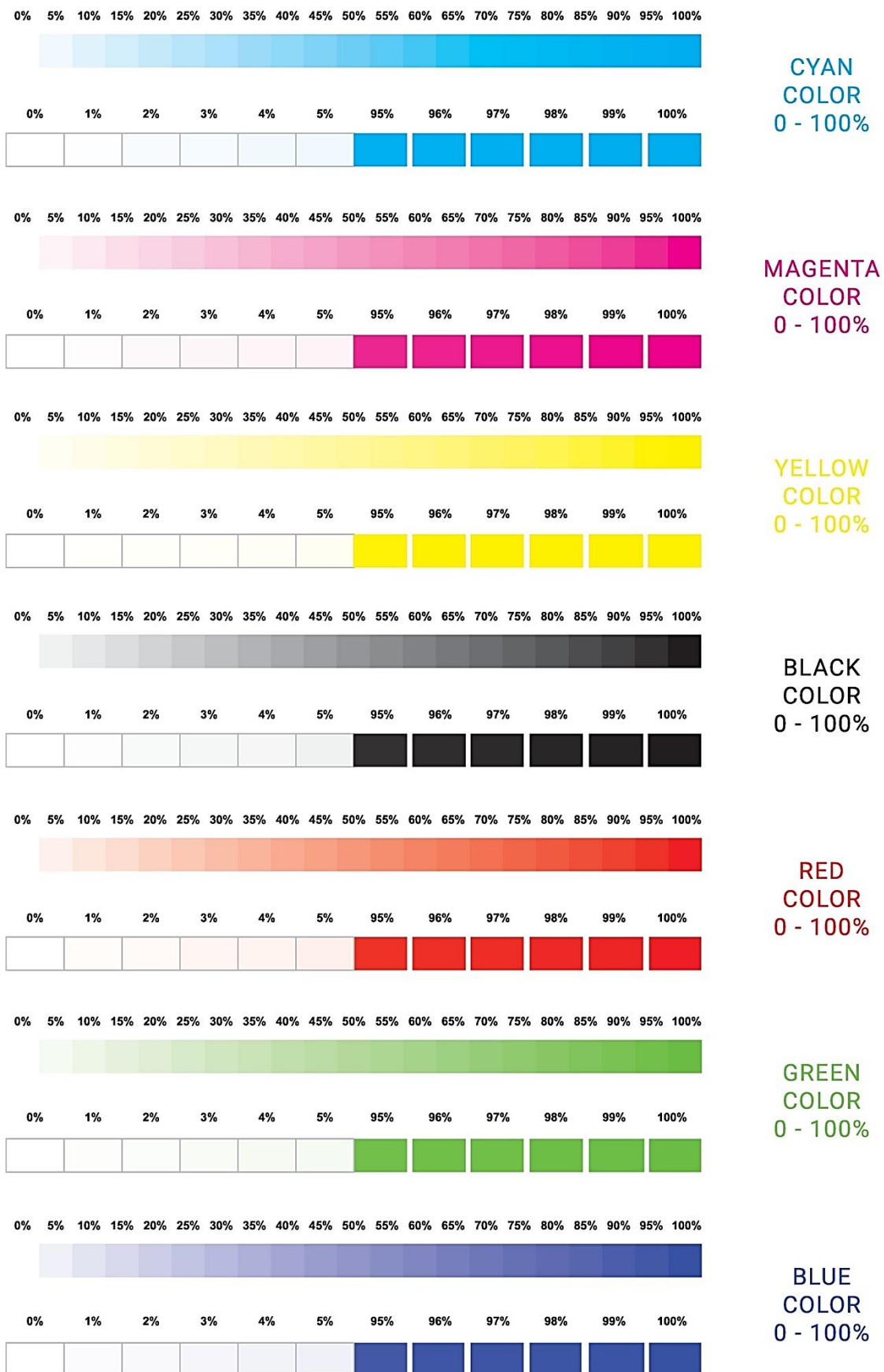
#### 3.1 Opis eksperimenta

Glavna zadaća ovog diplomskog rada je ispitivanje promjenjivog CMY tonera kreiranog za tiskarski stroj Xerox Versant 180 Press. To znači da sada kserografski tiskarski stroj može primjenjivati standardni CMYK set tonera, fluorescentni CMY set tonera te specijalne tonere u koje spada zlatni, srebrni, bijeli i bezbojni (lak toner).

Realizacija ispitivanja započeta je definiranjem tri specijalne tiskovne forme dimenzija 320 mm x 450 mm. Za njihovo definiranje i izradu korišten je Adobe Creative Suite Illustrator CC (program za vektorsku grafiku). Prva PDF tiskovna forma sastojala se je od standardnih spotnih CMYK + RGB boja. Druga PDF tiskovna forma sadržavala je zlatne i srebrne tonove dok je treća PDF tiskovna forma generirana sa fluorescentnim CMY bojama. Kako bi Xerox Versant 180 Press mogao prepoznati tiskovu formu sa zlatnim i srebrnim tonovima svaka boja morala je biti definirana kao spotna boja te se moralo paziti na njihovo nazivlje. Ono točno glasi SGold (PMS PANTONE 871C) i SSilver (PMS PANTONE 877C). Na isti način definirana su nazivlja za fluorescentne boje, koja glase FCyan (100% cijan), FMagenta (100% magenta) i FYellow (100% žuta). Svaka tiskovna forma sadržava rasterska polja od 0 do 100% RTV-a za mjerenje raster tonske vrijednosti sa korakom od 5% (Slika 15.).

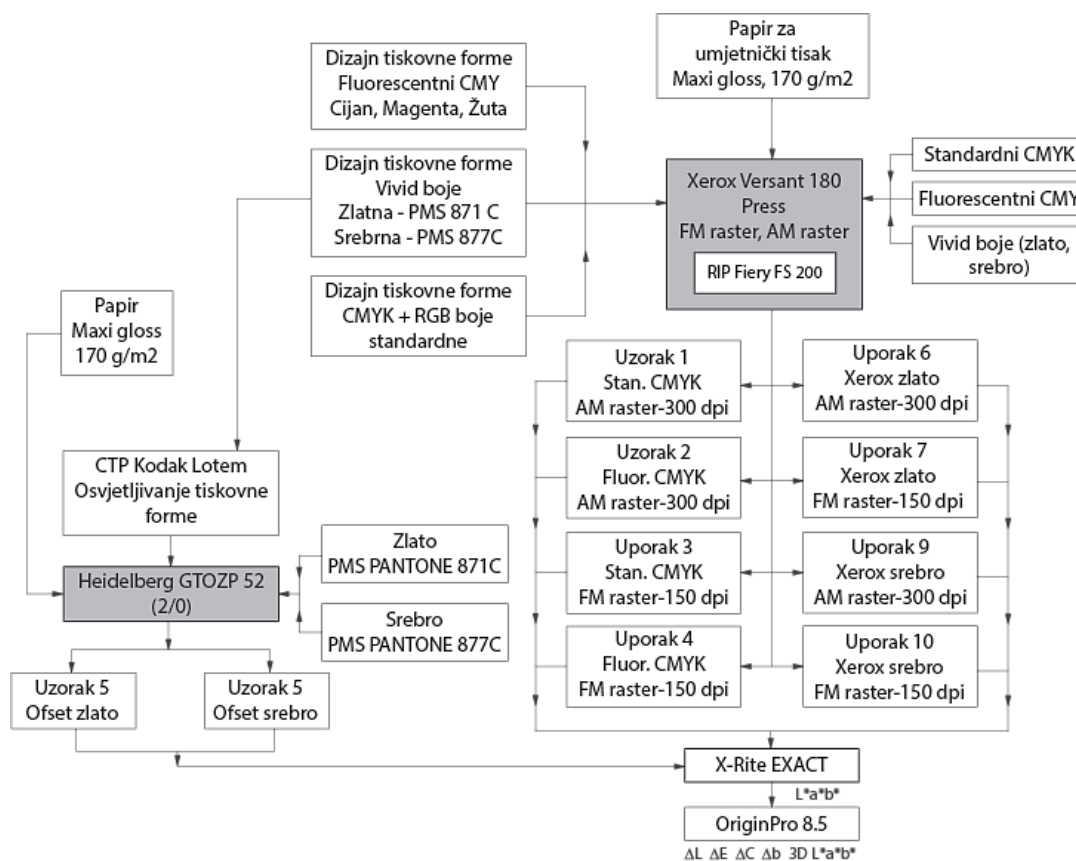
Nakon definiranja polja na tiskovnim formama, za daljnji tijek istraživanja potrebno je bilo otisnuti tiskovne forme pomoću RIP Fiery® FS 200. Pritom je variran tip konvencionalnog rastera tj. amplitudno modulirani (AM 300 lpi) te stohastičkog rastera tj. frekventno modulirani (FM 150 lpi). Otiskivanje je izvršeno na mat premazanom papiru za umjetnički tisak, Maxi Gloss 170 g/m<sup>2</sup>.

Za potrebu usporedbe ostvarenih efekata primijenjen je klasični način otiskivanja u litografskom ofsetu (stroj dvobojni Heidelberg GTOZP 52). Za tu potrebu izrađene su dvije tiskovne forme sa zlatnom i srebrnom bojom koje su osvijetljene termalnim fotoosjetljivačem Kodak Lotem 400. Time je ostvarena direktna usporedba kvalitete otiska između dvije tehnike otiskivanja. Nakon završetka eksperimentalnog otiskivanja, izabrano je ukupno 10 otisaka na kojima je izvršena detaljna kolorimetrijska analiza. Za analizu korišten je spektrofotometrom X-rite eXact kojim su mjerena karakteristična rasterska polja od 10%, 20%, 40%, 70% RTV i puni ton 100% RTV. Pritom su dobiveni CIE LAB podaci iz kojih su određene razlike  $\Delta L$ ,  $\Delta E$ ,  $\Delta C$ ,  $\Delta b$  i konstruiran 3D LAB dijagram. Svi podaci prikazani su pomoću aplikacije Origin 8.5. Na slici 16. prikazan je shematski dijagram eksperimentalnog dijela rada.



Slika 15. Klinovi na tiskovnim formama sa CMYK + RGB tonovina korištene za ispitivanje





Slika 16. Shematski prikaz izvršenog eksperimenta

## 3.2 STROJEVI I MJERNI UREĐAJI

### 3.2.1 Xerox Versant 180 Press

Xerox Versant 180 Press (slika 17.) je elektrofotografski stroj koji može koristiti tri seta praškastih tonera (standardni CMYK, fluorescentni CMY te zlatni, srebrni, bijeli toner i transparentni lak toner). Njihova promjena izvodi se u nekoliko minuta pri čemu se izmjenjuju samo razvijačka kućišta. Na slici 18. prikazan je princip zamjene Xerox tonera. Uz produkcijsku brzinu od 80 str./min. A4 formata, Xerox Versant 180 Press otiskuje dva kolorna moda, kromatski (CMYK) i akromatski (crna). Maksimalna površina otiskivanja iznosi 317 mm x 482 mm, uz izlaznu razlučivost ROS laserske glave od 2400 dpi x 2400 dpi (23,6 x 23,6 točaka/min.). Za potrebu našeg istraživanja koristen je RIP Fiery® FS 200 uz konvencionalni raster (amplitudno modulirani AM – 300 lpi) i stohastički raster (frekventno modulirani FM – 150 lpi) raster. Potrebno vrijeme zagrijavanja fuzera je kratko (5 minuta sa sobne temperature od 20 °C) što omogućava kratko vrijeme strojne pripreme. Xerox Versant 180 Press dodatno može sadržavati skener veličine 297 mm x 432 mm (A3 format), 4. dodatne ulagače ladice i doradne komponente koje koriste drugi Xerox uređaji. U tablici 5. prikazane su tehničke karakteristike za Xerox Versant 180 Press. [11]

Tablica 5. Tehničke karakteristike Xerox Versant 180 Press

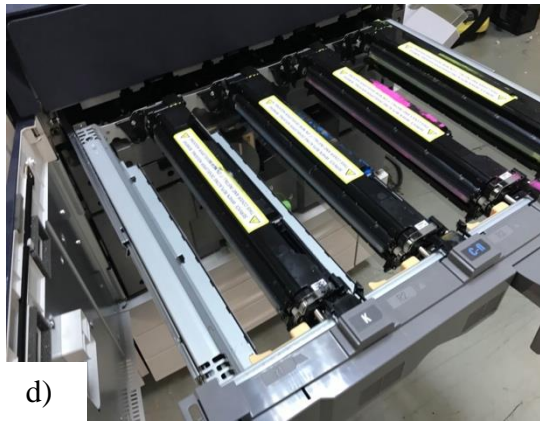
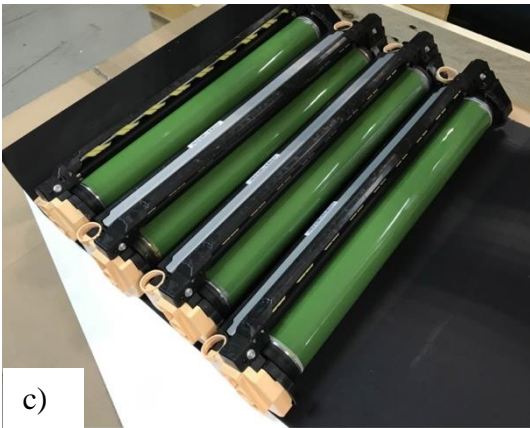
<b>Brzina tiska</b>	80 str./min. A4 formata (CMYK ili crna)
<b>Način tiska</b>	Kromatski (CMYK) i akromatski (crna)
<b>Maksimalna površina tiska</b>	317 x 482 mm
<b>Dimenzije papira</b>	Minimum: 140 mm x 182 mm Maksimum: 330,2 mm x 488 mm
<b>Izlazna razlučivost</b>	2400 dpi x 2400 dpi (23,6 x 23,6 točaka/min.)
<b>Vrijeme zagrijavanja fuzera</b>	5 min./sobna temp. 20 °C
<b>Veličina i brzina skenera</b>	297 mm x 432 mm (A3 format) – 200 kopija/min.
<b>Dodaci:</b> <b>Mogućnost fotokopiranja</b> <b>Ulagača jedinica</b> <b>Operativni sistem</b>	Da Ladica 1: 1 200 listova Ladica 2: 1 800 listova Ladica 3: 600 listova Ladica 4: 280 listova Server 2003, Microsoft Windows Vista, Windows 7

Izvor: Xerox (2021). Welcome to Product Exploration, dostupno na:  
<https://explorexeroxproducts.com/Home/Index/en-US?Region=NARS>, 2.9.2021



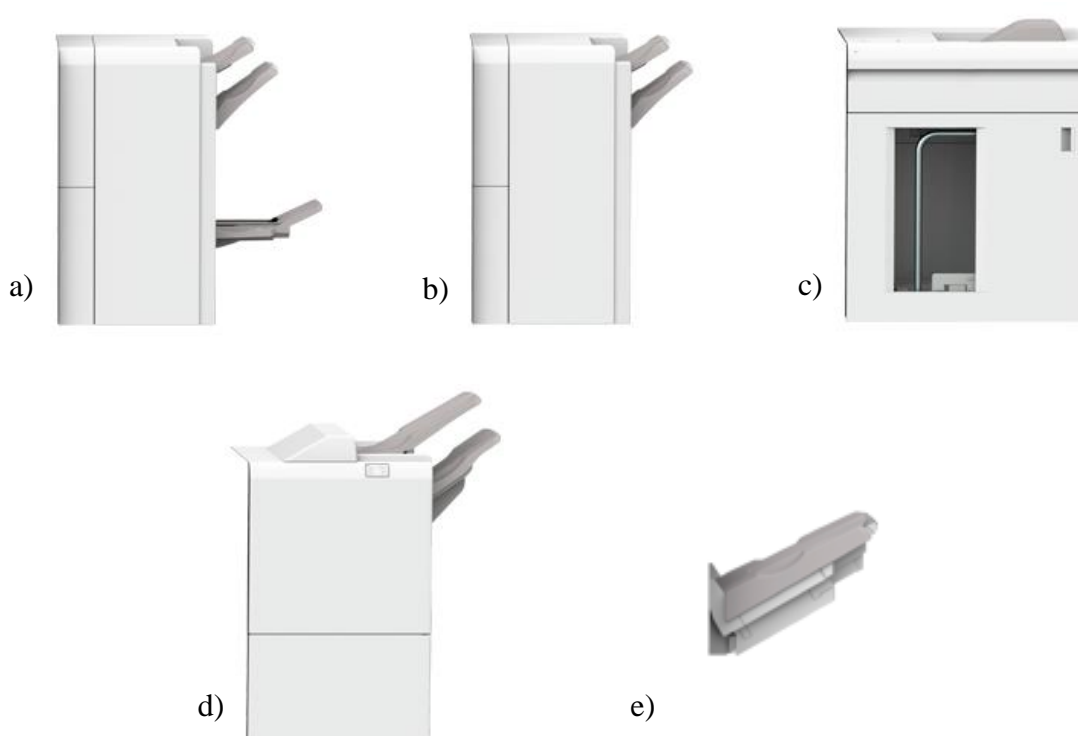
Slika 17. Osnovna tiskovna jedinica i shematski prikaz Xerox Versant 180 Press – Xerox EX 180 i pripadajući RIP Fiery® FS 200

Izvor: Xerox (2021). Welcome to Product Exploration, dostupno na:  
<https://explorexeroxproducts.com/Home/Index/en-US?Region=NARS>, 2.9.2021.



*Slika 18. Postupak promjene seta tonera: a) početni CMYK set; b) CMY set nakon izvlačenja fotokonduktora; c) u fotokonduktoru nakon vađenja iz mašine; d) novi ubačen set sa fluorescentnim razvijajcima i fotokonduktorima; e) stroj u fazi sa izvučenim CMY tonerima; f) ubacivanje kućišta novog seta tonera*

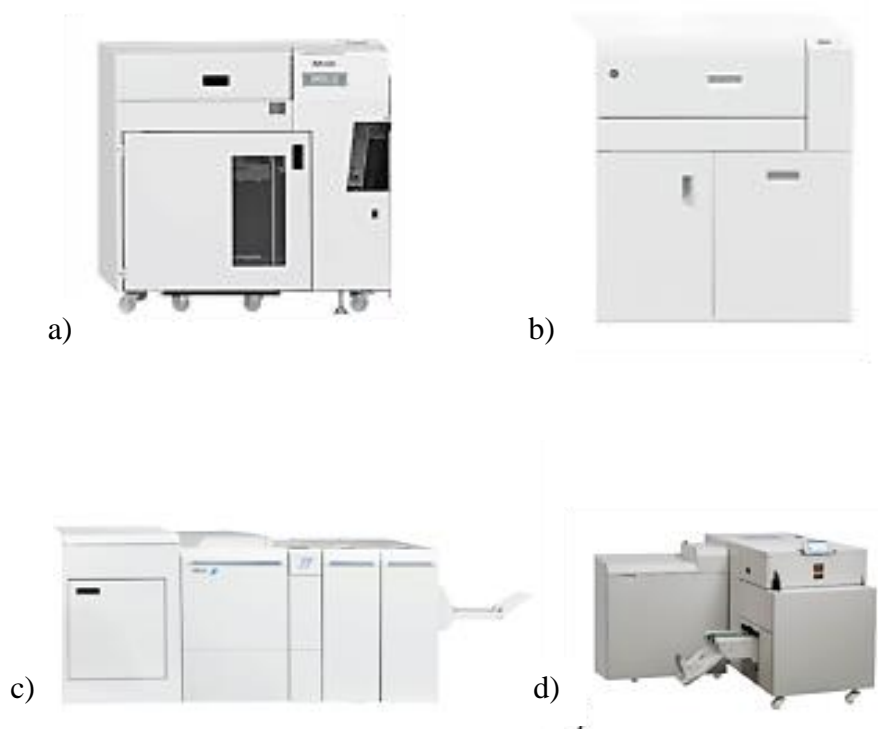
Ovisno o tipu konačnog proizvoda tiskarski stroj Versant Xerox 180 Press može sadržavati 5. doradnih jedinica (Slika 19.). To su: a) doradna jedinica, koristi se prilikom izrade knjižica brošura za poslovne svrhe; b) jedinica koja omogućuje klamanje i probijanje rupa; c) visoko izlaganje sa maksimumom od 5000 listova (na temelju papira sa srednjom linijom od 80 g/m<sup>2</sup>) uz izlaz u ladici/pretincu za probno otiskivanje; d) ladica sa mogućnošću izlaganja 500 listova papira i mogućnost izmicanja svakog seta dokumenata od ostalih tiskovnih kompleta radi lakšeg odvajanja i rukovanja; e) doradni uređaj za klamanje kroz sredinu koji osigurava primjenu visokokvalitetne spajalice za male ili velike dokumente uz mogućnost jednostrukog ili dvostrukog klamanja maksimalnog kapaciteta od 100 listova. [11]



*Slika 19. Doradne jedinice Xerox Versant 180 Press; a) dorada jedinica za izradu brošura; b) jedinica za klamanje i probijanje rupa; c) produženo izlaganje; d) inserter otisnutih priloga; e) uvezivanje klamanjem*

*Izvor: Xerox (2021). Welcome to Product Exploration, dostupno na: <https://explorexeroxproducts.com/Home/Index/en-US?Region=NARS>, 2.9.2021.*

Osim jednostavne dorade na ovakvim strojevima moguće je izvoditi složenije postupke uvezivanja. Zato su potrebni posebni sustavi visokokapacitivnog ulaganja (Slika 20.). To su: a) dvostruki ulagač araka; b) mehanički sustav uvezivanja za stvaranje knjižnih blokova povezanih žicom (klamanje); c) jedinica za izradu knjižnih blokova sa mogućnošću dodavanja korica u boji; d) jedinica za proizvodnju visokokvalitetnih knjižnih blokova četvrtastog ruba. Maksimalna a ujedno i najsloženija konfiguracija stroja Versant 180 Press (RIP, tisak i dorada) prikazana je na slici 21. [11]



Slika 20. Završne doradne jedinice; a) dupli ulagač papira; b) mehanički sustav uvezivanja knjižnih blokova; c) jedinica za meki uvez korica u boji; d) uvezivanje knjižnih blokova četvrtastog oblika

Izvor: Xerox (2021). Welcome to Product Exploration, dostupno na: <https://explorexeroxproducts.com/Home/Index/en-US?Region=NARS>, 2.9.2021.



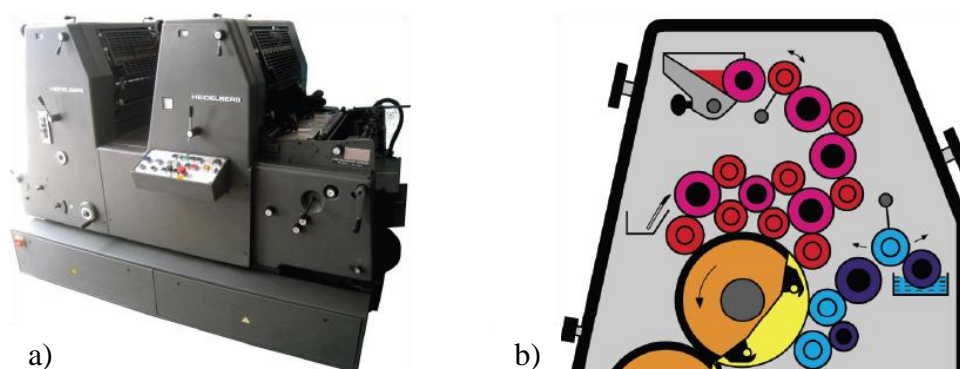
Slika 21. Xerox Versant 180 Press najveća jedinica

Izvor: Xerox (2021). Welcome to Product Exploration, dostupno na: <https://explorexeroxproducts.com/Home/Index/en-US?Region=NARS>, 2.9.2021.



### 3.2.2 Heidelberg GTOZP 52 (2/0)

U eksperimentu je korišten i ofsetni stroj Heidelberg GTOZP 52, koji je korišten za otiskivanje PANTONE zlatne (871C) i PANTONE srebrne boje (877C). Heidelberg GTOZP 52 je dvobojni tiskarski stroj koji spada u indirektnu litografsku tehniku otiskivanja, gdje se boja ne prenosi izravno s tiskovne forme na papir, već posredstvom ofsetne gume tvrdoće 75 °Sh na tiskovnu podlogu. Kao i kod drugih tehnika plošnog tiska, tiskovni elementi i slobodne površine nalaze se u istoj ravnini, te možemo koristiti dvije vrste tiskovnih formi: konvencionalnu tiskovnu formu (primjenjuje klasični uređaj za vlaženje gdje se primjenjuju valjci sa filcanim navlakama) i tiskovnu formu za bezvodni ofset. Da bi se ostvarila jednolika debljina nanosa tiskarskog bojila, stroj sadržava 16. valjaka od kojih su 4 valjka nanosača. Heidelberg ofsetni stroj tipa GTOZP 52 posjeduje univerzalno ulaganje koje mu omogućava otiskivanje od 8 000 otisaka/sat i otiskivanje papira do gramature 350 g/m<sup>2</sup>. Osim otiskivanja, stroj također ima mogućnost dodatnih operacija kao što su: djelomično irezivanje, perforacija i lakiranje. Tehničke karakteristike stroja Heidelberg GTOZP 52 prikazane su u tablici 6. [12]



Slika 22. Ofsetni stroj za tisak PANTONE zlata i srebra:  
a) Heidelberg GTOZP 52; b) jedinica za obojenje i vlaženje  
Izvor: <http://www.heidelberg.com>

Tablica 6. Tehničke karakteristika tiskarskog stroja Heidelberg GTO 52

Najveći arak	360 mm x 520 mm
Najmanji arak	105 mm x 180 mm
Najveći otisak	340 mm x 505 mm
Veličina tiskovne forme	400 mm x 510 mm
Najveća debljina tiskovne podloge	0,35 mm
Maksimalna brzina tiska	8 000 araka/sat
Minimalna brzina tiska	3 000 araka/sat
Visina ulagača	400 mm
Visina izlagača	493 mm

Izvor: <http://www.heidelberg.com>

### 3.2.3 X – rite eXact spektrofotometar

Nakon otiskivanja izvršena je kvantifikacija kolornih otisaka. Za potrebe određivanja punog tona (Dv) i prirasta raster tonske vrijednosti (RTV) koristen je denzitometar i spektrofotometar X-rite eXact. Primijenjena kolorimetrijska metoda omogućuje brojčano izražavanje razlike obojenja između dvije boje, sa ciljem određivanja normi i dopuštenih odstupanja pri proizvodnji bojila ili pigmenata. Za potrebe eksperimenta direktno smo odrediti  $\Delta E$  kolornu razliku uz ucrtavanje koordinata sustava boja u CIE LAB kolorni prostor temeljen na objektivnom vrednovanju boja i vizualnoj percepciji boje.

Također, prilikom mjerenja koristili smo CIE standardnu rasvjetu D55/2° (prosječna dnevna rasvjeta), te M1 standardni uvjet mjerenja za standardne CMYK boje i M2 uvjet sa fluorescentne CMY boje. Sam uređaj može raditi samostalno ili u kombinaciji sa računalom putem USB veze. Tehničke karakteristike eXact uređaja prikazane su u tablici 7. [13]



Slika 23. Densitometar i spektrofotometar X – rite eXact  
 Izvor: X-rite PANTONE, eXact Standard, dostupno na: <https://www.xrite.com/categories/portable-spectrophotometers/exact>, 2.9.2021.

Tablica 7. Osnovne karakteristike uređaja X – rite eXact

<b>Preciznost mjerenja</b>	< 1ΔE max., < 5 prosjek
<b>Spektralni senzor</b>	DRS spectral engine
<b>Spektralni opseg mjerenja</b>	400 – 700 nm – intervali od 10 nm
<b>Brzina mjerenja</b>	2 s po mjerenju
<b>Mjerna geometrija</b>	45°/0°, ISO 5 – 4:2009 (E)
<b>Spektralni izlaz</b>	31 točka spektralnih podataka
<b>Dimenzije</b>	7,6 cm x 7,8 cm x 18 cm
<b>Masa</b>	700 g
<b>Izvor svjetlosti</b>	Plinom punjeni volfram (tip A) i UV LED (D50)
<b>Kut promatranja po CIE</b>	D50/2°
<b>Uvjeti mjerenja</b>	ISO 13655:2009 M1 filter Papirna podloga uključena u mjerenje CMYK + PANTONE
<b>Mjerni zaslon</b>	LCD touch screen

Izvor: X-rite PANTONE, eXact Standard, dostupno na: <https://www.xrite.com/categories/portable-spectrophotometers/exact>, 2.9.2021.



### 3.3 Materijali korišteni u eksperimentu

#### 3.3.1 Tiskovna podloga

Za potrebe istraživanja koristili smo sjajan premazani papir za umjetnički tisak njemačkog proizvođača Igepa (Igepa Maxi Gloss 170 g/m<sup>2</sup>). Ovakav tip papira za umjetnički tisak namijenjen je za izradu časopisa, kataloga, knjiga te višebojnih umjetničkih reprodukcija. Sam papir sastoji se od: bezdrvene pulpe, recikliranih vlakana te malih dijelova recikliranog papira. Papir je premazan s obje strane tankim slojem mineralnih pigmenata (kaolin) i vezivnih sredstva (škroba). Udio mineralnih pigmenata s kojim je premazan papir iznosi 5 – 15 g/m<sup>2</sup> čime se stvara površinska glatkoća pogodna za bojila korištena u višebojnom tisku. Gramatura papira proteže se od 80 – 350 g/m<sup>2</sup>, volumena 0,74 cm<sup>3</sup>/g i bjeline od 95%. Tehničke karakteristike korištene tiskovne podloge prikazane su u tablici 8. [14]

Tablica 8. Karakteristike korištene tiskovne podloge Maxi Gloss

Karakteristika	Metoda	Vrijednost
Gramatura (g/m <sup>2</sup> )	ISO 536	170.0
Debljina (μm)	ISO 534	128.0
Volumen (cm <sup>3</sup> /g)	ISO 534	0.75
Svjetlina (%)	ISO 2470-2	98.0
CIE bjelina (%)	-	125.0
L – vrijednost (D65/10°)	ISO 5631-2	94.5
a – vrijednost (D65/10°)	ISO 5631-2	2.1
b – vrijednost (D65/10°)	ISO 5631-2	-8.4
Opacitet (%)	ISO 2471	97.5
Sjaj Hunter (%)	ISO 8254-1	72.0
Sjaj Lehmann (%)	ISO 8254-2	75.0
Glatkoća (μm)	ISO 8791-4	0.8

Izvor: Igepa, UPM Paper Catalogue, dostupno na: <https://igepa.hr/media/1294/mini-gloss.pdf>, 2.9.2021.

### 3.4 EA toneri

#### 3.4.1 Standardni CMYK toneri

Za potrebe eksperimentalnog rada, korištena su dva tipa tiskarskih bojila. To su: EA (emulzijsko agregacijski) toneri proizvođača Xerox te zlatna i srebrna ofsetna tiskarska boja Njemačkog proizvođača Michael Huber, Huber Alchemy. EA (emulzijsko agregacijski) toneri su zadnje generacije u tehnologiji proizvodnje tonera. Zbog svojeg karakterističnog načina proizvodnje, EA tonerske čestice dosežu veličinu ispod 1 mikrona ( $\mu\text{m}$ ), te samim time omogućuju izvrsnu reprodukciju (kvalitetu) slika u boji. Sam sastav EA tonera čine: Polimerna smola (eng. *resin*), keramički materijali (eng. *ceramic materials*), amorfni silicijev dioksid (eng. *amorphous silica*), titan-dioksid (eng. *titanium dioxide*), te ovisno o nijansi čađa (eng. *carbon black*), cijan, žuti i magenta pigment. U tablici 9. dan je informativni sastav korištenog Xerox EA tonera. [15]

Tablica 9. Opći sastav CMYK EA tonera za Xerox Versant 180 Press stroj

Kemijski naziv	CAS broj	Težina %	Klasifikacija (Reg. 1272/2008)	Upozorenje o opasnosti
Polimerna smola	Posjednički	50-75	-	-
Keramički materijali	66402-68-4	<10	-	-
Žuti pigment	6358-31-2	0-10	-	-
Čađa	1333-86-4	0-10	-	-
Magenta pigment	Posjednički	0-10	-	-
Cijan pigment	147-14-8	0-10	-	-
Amforni silicijev dioksid	7631-86-9	<10	-	-
Titan dioksid	13463-67-7	<1	-	-

Izvor: Xerox, Safety Data Sheet, Toner – Black, Cyan, Magenta, Yellow, dostupno na: <https://www.xerox.com/download/ehs/msds/A-10026.en-us.pdf>, 25.8.2020.

### 3.4.1.1 Amorfni silicijev dioksid ( $\text{SiO}_2$ )

Amorfni silicijev dioksid ( $\text{SiO}_2$ ) se u prirodi pojavljuje u kristalnom i amorfnom obliku. Samim time se još naziva c-silicijev dioksid ali i  $\alpha$ -silicijev dioksid. Silicijev dioksid često se naziva i kvarc. Kvarc je najčešći oblik silicijeva dioksida i drugi najčešći mineral. Oblici  $\alpha$ -silicijevog dioksida klasificiraju se prvenstveno kao prirodni ili mogu biti i kao sintetički  $\alpha$ -silicijevi dioksidi. Prirodni  $\alpha$ -silicijev dioksid (sirovina mu je dijamantna zemlja), sadrži male količine c-silicijeva dioksida (uglavnom kvarca). U industriji,  $\alpha$ -silicijev dioksid namjerno se stvara tijekom određenih industrijskih procesa.

To je proizvodnja ferosilicija i čistog silicija. Pritom će silicijev dioksid reagirati sa mineralnim kiselinama i alkalnim otopinama. Općenito, silicijev dioksid se smatra slabo topljivim u vodi. Međutim, vanjski utjecaji kao što su visoka temperatura i pH povećavaju topivost silicijeva dioksida čime postaje kemijski nereaktivan za okoliš. Utvrđeno je da veličina čestice utječe na brzinu topljivosti. C-silicijev dioksid ima oštre rubove i heterogene veličine čestica između 0,1 do 15  $\text{m}^2/\text{g}$ . Pirogene čestice  $\alpha$ -silicijeva dioksida su neprozirnog glatkog i okruglog oblik s površinskom masom od 50 do 400  $\text{m}^2/\text{g}$ . Nanoskalni oblici silicijeva dioksida sa srednjom veličinom kreću se u rasponu manjem od 100 nm. [16]

Tablica 10. Kemijske karakteristike silicijevog dioksida i spojeva

Kemijske karakteristike silicijevog dioksida i njegovih spojeva			
Karakteristike		Informativni podaci	
Kemijski sastav		Kristali i amforni oblici silicijevog dioksida	
Kemijski naziv		Silicijev dioksid (eng. <i>silica</i> )	
Sinonimi		Silicij dioksid; dijatomejska zemlja; dijatomejski silicijev dioksid; diatomit, istaloženi amorfni silicijev dioksid; silikagel, silicijev dioksid (amorfni); silicijev dioksid koloid	
Registrirani trgovački nazivi		Nema podataka	
Kemijska formula		SiO <sub>2</sub>	
Kemijska struktura		Nije primjenjivo	
CAS registracijski broj		7631-86-9	
Kemijski oblici		Kristalni silicijev dioksid	
Kemijski naziv	Kvarcni	Kristobalit	Tridimit
Sinonimi	α-kvarc; kvarcni; ahat; kalcedon; rožnjača; kremen; jaspis; novaculite; kvarcit; pješčenjak; silicijev dioksid pijesak; tripoli	Silicijev dioksid, kristalni kristobalit; α-kristobalit; β-kristobalit	Silicij dioksid, kristalni-tridimit; α-tridimit; p1-tridimit; β2-tridimit
Registrirani trgovački nazivi	SQZ; DQ 12; Min-U-Sil; Sil-Co-Sil; Snowit; Syukron F300; Syukron F600	Nema podataka	Nema podataka
Kemijska formula	SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>
Kemijska struktura	α-Kvarc: trigonalni kristal	α-kristobalit: tetragonalni kristal	α-Tridimit: ortorombični kristal
CAS registracijski broj	14808-60-7	14464-46-1	15468-32-3

Izvor: Chapter 4. Chemical and physical information, dostupno na:  
 URL:<https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp211-c4.pdf>, 2.9.2021.

Tablica 11. Podaci o veličini čestica za sintetičke amorfne spojeve silicij dioksida

Svojstvo	Informacije			
Kemijski naziv	Izloženi silicijev dioksid	Pirogeni silicijev dioksid	Silicijev gel	Koloidi silicija
Prosječna veličina primarne čestice (nm)	5-100	5-50	1-100	4-60
Agregatna veličina (μm)	0.1-40	0.1-1	0.1-25	0.1-1
Veličina aglomerata (μm)	1-250	1-250	NA	1-250

Izvor: Chapter 4. Chemical and physical information, dostupno na:  
 URL:<https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp211-c4.pdf>, 2.9.2021.

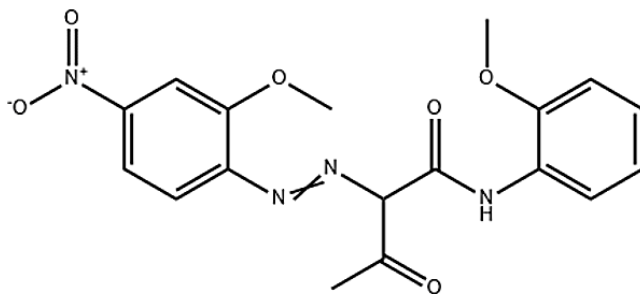
### 3.4.1.2 Titan dioksid ( $\text{TiO}_2$ )

Titan dioksid ( $\text{TiO}_2$ ) je bijeli pigment u prahu koji se koristi za proizvodnju bojila, premaza, plastike, papira, tonera, vlakna, hrane i kozmetike. Titan dioksid posjeduje dobru otpornost na ultraljubičasto svjetlo (UV) te bilježi sve veću primjenu u fotokatalizatorima. Titan dioksid proizvodi se iz ilmenita, rutila ili titanove troske. Prilikom jednostavnije proizvodnje, titan dioksid se ekstrahira sumpornom kiselinom (sulfatni postupak) ili klorom (kloridni način) pri čemu nastaje čišći proizvod.

Titan dioksid se javlja i u obliku kristalnog praha koji je bez mirisa i bez boje. Međutim, u slučaju ako je u bijeloj boji možemo ga pronaći u dva oblika: Anataze i Rutil. Isto tako, titan dioksid nije zapaljiv ni eksplozivan. [17]

### 3.4.1.3 Žuti pigment

Žuti pigment (CAS 6358-31-2) spada u skupinu azo spoj. Spojevi kao što su azo, diazo i azidi vrlo su eksplozivni, što se posebno odnosi na organske azide koji su senzibilizirani dodavanjem metalnih soli ili jakih kiselina. Zapaljivi plinovi mogu nastati miješanjem kiselina i materijala iz skupine alkalnih metala. Sama eksplozivna kombinacija može se dogoditi s jakim oksidansima, metalnim solima, peroksidima i sulfidima. Strukturna formula najčišćeg kemijskog azo žutog pigmenta prikazana je na slici 24. [18]

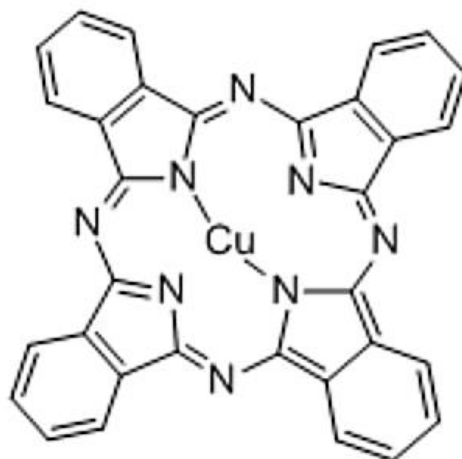


Slika 24. Struktura žutog pigmenta CAS No. 6358-31-2

Izvor: Chemical Book 6358-31-2, dostupno na: [https://www.chemicalbook.com/CASEN\\_6358-31-2.htm](https://www.chemicalbook.com/CASEN_6358-31-2.htm), 2.9.2021.

### 3.4.1.4 Cijan pigment

Cijan pigment (CAS 147-14-8) spada u kategoriju jednodielninskih tvari po nazivu ftalocijanin. Po strukturi i sastavu spada u skupinu organometalnih spojeva. Sami izgled je kristalni prah tamnoplave boje s talištem do 600 °C. Topljivost praha u vodi je < 0,1 g / 100 ml na 20 °C (molekularne težine do 576,07). Najčešće se koristi u obojenim tekućinama i pigmentima te polipropilenskim spojevima. Strukturna formula najčišćeg kemijskog cijan pigmenta prikazana je na slici 25. [19]



Slika 25. Struktura najčišćeg kemijskog cijan pigmenta CAS No. 147-14-8  
Izvor: Chemica Book 147-14-8, dostupno na: [https://www.chemicalbook.com/CASEN\\_147-14-8.htm](https://www.chemicalbook.com/CASEN_147-14-8.htm),  
2.9.2021.

#### 3.4.1.5 Magenta pigment

Za proizvodnju magenta pigmenta koristimo crveni pigment 57:1. Crveni pigment 57:1 ima vrlo nisku viskoznost. Međutim, preporučuje se kao dodatak premaza u prahu, bojilima za tisak, PVC, gumu, PP, PE, ofsetnih bojila, bojila na bazi vode i otapala. Također, predlaže se kao dodatak za PU, PS i UV boje. [20]

#### 3.4.1.6 Crni pigment od čađe

Crni pigment od čađe (eng. *carbon black*) jedan je od najstarijih industrijskih proizvoda. Tijekom povijesti, koristile su se razne metode pri proizvodnji čađe. Danas je najučinkovitija proizvodna metoda pomoću naftne peći. Ovom metodom se dobiva 70% do 90% ukupne proizvodnje čađe. Ostale metode temeljene su na varijacijama u izradi peći (metoda proreza ili termičko pucanje). [21]

#### 3.4.1.7 Fluorescentni CMY toneri

Prilikom vršenja eksperimentalnog rada, uz standardni set CMYK tonera, korišten je i fluorescentni set CMY tonera. Sastav fluorescentnog CMY tonera je poliesterska smola (eng. *polyester resin*), vosak (eng. *wax*), keramički materijali (eng. *ceramic materials*), amforni silicijev dioksid (eng. *amorphous silica*), pigment (eng. *pigment*), titan-dioksid (eng. *titanium dioxide*). [22]

#### **3.4.1.8 Poliesterska smola**

Poliesterska smola (eng. *polyester resin*) je postojana, jeftina ali i opasna za okolinu. Namijenjena je za impregniranje i zaštitu brodova, no isto tako koristi se u proizvodnji bojila i lakova. Nedostatak poliesterske smole su štetna isparavanja koja su intenzivna za vrijeme miješanja, odnosno pri samoj polimerizaciji.

Međutim, proces polimerizacije je trajan proces koji se može provoditi nekoliko mjeseci. Nakon završetka polimerizacijskog procesa, orgoniti prisutni u poliesteru više nisu potencijalno štetni za okoliš, odnosno ne emitiraju štetna isparavanja. [23]

#### **3.4.1.9 Parafinski vosak**

Parafinski vosak (eng. *wax*), također je poznat pod nazivom „parafin“. On je prozirna voštена krutina, bez boje, okusa i mirisa. Čisti parafinski vosak je vrlo zapaljiva tvar, netopiva je u vodi. Međutim, topiva je u naftnim otapalima. Parafinski vosak ima talište između 46°C i 68°C što mu osigurava široku upotrebu u proizvodnji parafinskog papira, svijeća, vodootpornih lakova, materijala za pakiranje hrane, mazivima i kozmetici. [24]

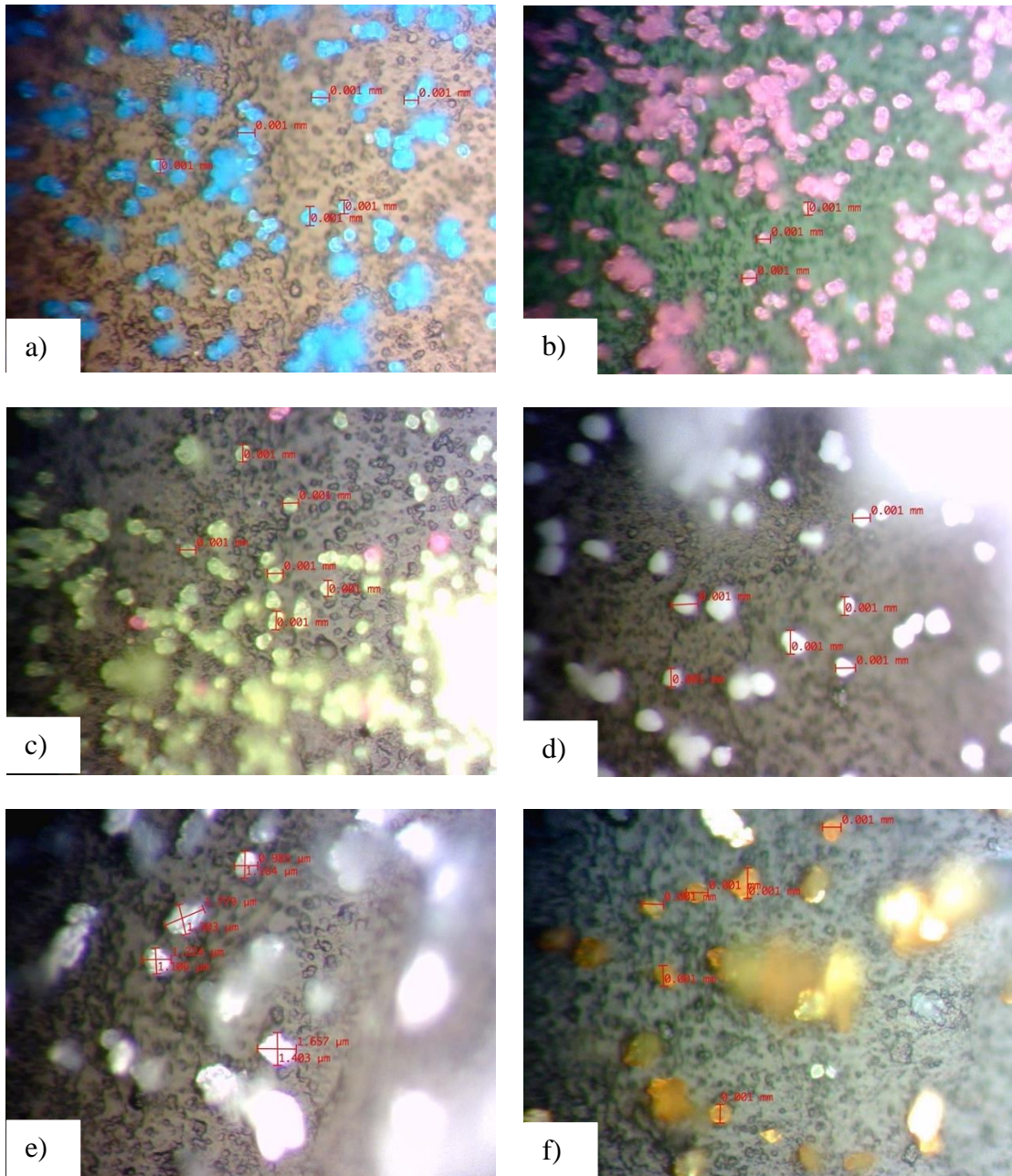
#### **3.4.2 Metalizirani toneri**

Prilikom vršenja eksperimentalnog dijela rada, osim standardnih CMYK i fluorescentnih CMY tonera, koristili smo i metalizirane tonere. Oni se kao i fluorescentni CMY set tonera prvenstveno koristi za postizanje specijalnih efekta na pozivnicama, plakatima, knjigama i sl. Sastav metalik seta tonera je: Polimerna smola (eng. *resin*), keramički materijali (eng. *ceramic materials*), aluminij (eng. *aluminium*), vosak (eng. *wax*), amforni silicijev dioksid (eng. *amorphous silica*), žuti pigment (eng. *yellow pigment*), magentni pigment (eng. *magenta pigment*), titan-dioksid (eng. *titanium dioxide*). [25]

##### **3.4.2.1 Aluminij (eng. *Aluminium*)**

Aluminij spada među tri najzastupljenija elemenata u Zemljinoj kori. Po omjeru on čini oko 8,13% zemljine mase. U prirodi se ne javlja u elementarnom stanju te se često nalazi u kombinacijama oblicima poput oksida ili silikata. Aluminij je metalni prah svijetle, srebrno-bijele boje bez okusa i mirisa. U velikim slučajevima presvučen je slojem aluminijeva oksida. Sam aluminij ima široku primjenu u industriji, dok se aluminijski prah koristi u pigmentima, zaštitnim premazima, tiskarskim bojama, raketnom gorivu, eksplozivima. Talište aluminija je pri 660,323°C, vrelište na temperaturi od 2,519°C. Gustoća aluminija iznosi 2,699 g/cm<sup>3</sup>. Na slici 26. prikazana je struktura i boja korištenih Xerox tonera. [26]





Slika 26. Xerox (AE toneri) povećani optičkim mikroskopom korišteni u eksperimentu; a) toner cijan boje; b) toner magenta boje; c) toner žute boje; d) toner bijele boje; e) toner srebrne boje; f) toner zlatne boje



### 3.4.3 Huber Alchemy ofsetna tiskarska bojila

U drugom dijelu eksperimenta korištena je Huber Alchemy zlatna i srebrna ofsetna tiskarska boja. Metalizirana ofsetna tiskarska bojila izrazito su pogodna za otiskivanje na sjajnim papirima. Također su pogodne za dobivanje metalik efekata, te samim time i za otiskivanje raznih tiskarskih proizvoda, kao što kartonska ambalaža, etikete, brošure, pozivnice i sl. U eksperimentalnom radu koristili smo dvije PANTONE nijanse, PANTONE 871C (zlatna boja) i PANTONE 877C (srebrna boja). Obje boje su jednokomponentne, te su na bazi aluminija (srebra boja) odnosno na bazi bakra i cinka (zlatna boja).

#### 3.4.3.1 Pantone 877C – srebrna jednokomponentna ofsetna tiskarska boja

Tiskarska bojila, u većini slučajeva dolaze spremne za upotrebu. To su ujedno i jednokomponentne ofsetne boje. Sama prednost jednokomponentnih bojila je ta što omogućuje lakše rukovanje, jer ne iziskuju dodatne procese u samoj pripremi (miješanje sa tiskarskim pastama, lakovima i sl). Danas se je proizvodnja ofsetnih tiskarskih bojila znatno unaprijedila, te samim time i jednokomponentna tiskarska bojila omogućuju visoku kvalitetu otisaka i izražen metalik sjaja. Samim time dosegnuta je i kvaliteta starih dvokomponentnih tiskarskih bojila. [27]

Tablica 12. Tipovi srebrnih jednokomponentna tiskarska bojila

<b>ALCHEMY srebrna</b>	46 A 3000	za naknadno dispergiranje - lakiranje
<b>ALCHEMY srebrna</b>	46 A 3100	
<b>ALCHEMY srebrna PANTONE 877</b>	46 A 0087	
<b>Specijalna srebrna za naknadnu doradu (UV – lakiranje)</b>		
<b>ALCHEMY srebrna</b>	46 G 5120	

Izvor: Technical Information, hubertgroup print solutions, Alchemy Silver for the offset process, 07.2020.

#### 3.4.3.2 Pantone 877C – srebrna dvokomponentna ofsetna tiskarska boja

Za razliku od jednokomponentnih tiskarskih bojila, tisak dvokomponentnih bojila zahtijevaju prije upotrebe miješanje sa pigmentnom pastom i lakom. Prilikom same pripreme ovakvog tiskarskog bojila, mora se obratiti pažnja na sam način miješanja komponentna, jer brzo miješanje bojila u miješalicama utječe na zagrijavanje i na kvalitetu otiska.

Pantone Alchemy Silver boja također se može koristiti i kao dodatak ljepilima (46A3050) ali i kao dodatak lakovima (10A0030). Omjeri miješanja dvokomponentnih bojila su:

- a) Veći udio pigmentne paste daje veći metalni sjaj uz nižu otpornost na trljanje,
- b) Veći udio laka poboljšava prijenosne karakteristike i otpornost na trljanje, ali smanjuje metalik sjaj. [27]

#### ***3.4.3.3 Svojstva i upotreba srebrnog bojila***

Najbolji metalik sjaj ofsetne tiskarske boje dobiti ćemo na premazanim papirima. Razlog tomu je glatka i jednolika površina. Ispitivanja su pokazala da nepremazane i mat tiskarske podloge nisu osobitno pogodne za otiskivanje. Samim time su i slabe otpornosti na trljanje. Prije same upotrebe mora se odrediti u kojoj će mjeri tiskarska podloga biti izložena mehaničkim naprezanjima. Metalik pigmenti su izrazito osjetljivi na koroziju. Međutim, ona neće utjecati na izgled srebrnog ofsetnog bojila zbog nastajanja aluminijevog oksida. Preporučeno je da kod srebrnih tiskarskih bojila, pH otopina za vlaženje ne bude manja od 5,5 jer se na taj način negativno utječe na karakteristike sušenja bojila. Pri pripremi ofsetnog stroja preporučeno je koristiti koncentrate za vodu, COMBIFIX 8039 ili neutralni koncentrat za vodu COMBIDRY 8200. Srebrna tiskarska bojila ne smiju se otiskivati na polimerne filmove ili metalizirane filmske podloge zbog problema prijanjanja bojila. [27]

#### ***3.4.3.4 Pantone 871C – zlatna jednokomponentna ofsetna tiskarska boja***

Osim vizualnog dojma ofsetna tiskarska bojima moraju zadovoljavati i neke druge karakteristike. Prilikom proizvodnje prehrambene ambalaže, važno je poštovati uredbe za zaštitu potrošača te spriječiti moguće migracije komponenti iz tiskarskih bojila u tiskarsku podlogu i hranu. Serija tiskarskih bojila CORONA-MGA formulirane su da pomoću izabranih komponenata ne migriraju pri kontaktu sa hranom. Samim time značajno se razlikuju od standardnih ofsetnih bojila. Jednokomponentne boje se uvijek isporučuju spremne za upotrebu, te ne iziskuju dodatne postupke pripreme prije samog otiskivanja. [28]

Tablica 13. *Moguća jednokomponentna zlatna tiskarska bojila*

<b>MGA CORONA Rich Gold</b>	46MGA8000
<b>MGA CORONA Rich Pale Gold</b>	46MGA8100
<b>MGA CORONA Pale Gold</b>	46MGA8200
<b>Sljedeće PANTONE metalik tinte</b>	
<b>MGA CORONA PANTONE Gold 871</b>	46MGA8871
<b>MGA CORONA PANTONE Gold 872</b>	46MGA8872
<b>MGA CORONA PANTONE Gold 873</b>	46MGA8873
<b>MGA CORONA PANTONE Gold 874</b>	46MGA8874
<b>MGA CORONA PANTONE Gold 875</b>	46MGA8875
<b>MGA CORONA PANTONE Gold 876</b>	46MGA8876

*Izvor: Technical Information, hubertgroup print solutions, MGA CORONA Gold, 06.2018.*

#### **3.4.3.5 Pantone 871C – zlatna dvokomponentna ofsetna tiskarska boja**

Prije same upotrebe dvokomponentnih tiskarskih bojila one se miješaju sa pigmentnom pastom i nosačem. Također, prilikom same pripreme tiskarskog bojila mora se obratiti pažnja na način miješanja komponenta, jer brzo miješanje substanci (u miješalicama) dovodi do zagrijavanja koje utječe na samu kvalitetu otiskivanja (vrijeme miješanja za 2,5 kg: max. 2 – 3 minute temperature do 60 °C). Također se mora spriječiti mogućnost onečišćenja boja i premaza/lakova korištenjem prikladne i čiste opreme. Prilikom korištenja otopine za čišćenje koja se miješa s vodom, u završnoj fazi mora se koristiti čista voda.

Budući da se dvokomponentna ofsetna bojila ne suše oksidacijom već se relativno sporo stvrdnjavaju, bitnu ulogu ima završna obrada lakom na bazi vode (npr. ACRYLAC MGA). Lakovi na bazi vode razvijeni su da udovoljavaju zahtjevima proizvodnje prehrambene ambalaže otisnute sa MGA CORONA tiskarskim bojilom. Metalik pigmenti izrazito su osjetljivi na vlagu, posebno kiseline i lužine. [28]

Tablica 14. Dvokomponentna zlatna tiskarska bojila

<b>MGA CORONA Rich Gold pasta</b>	46MGA8050
<b>MGA CORONA Rich Pale Gold pasta</b>	46MGA8150
<b>MGA CORONA Pale Gold pasta</b>	46MGA8250
<b>MGA CORONA Gold vezivo</b>	10MGA8020
<b>Ostale nijanske dostupne na zahtjev</b>	
<b>Preporučena mješavina od 45% paste i 55% veziva</b>	

Izvor: (Technical Information, hubertgroup print solutions, MGA CORONA Gold, 06/2018.)

### 3.4.3.6 Svojstva i upotreba zlatnih metaliziranih pigmenata za ofsetni tisak

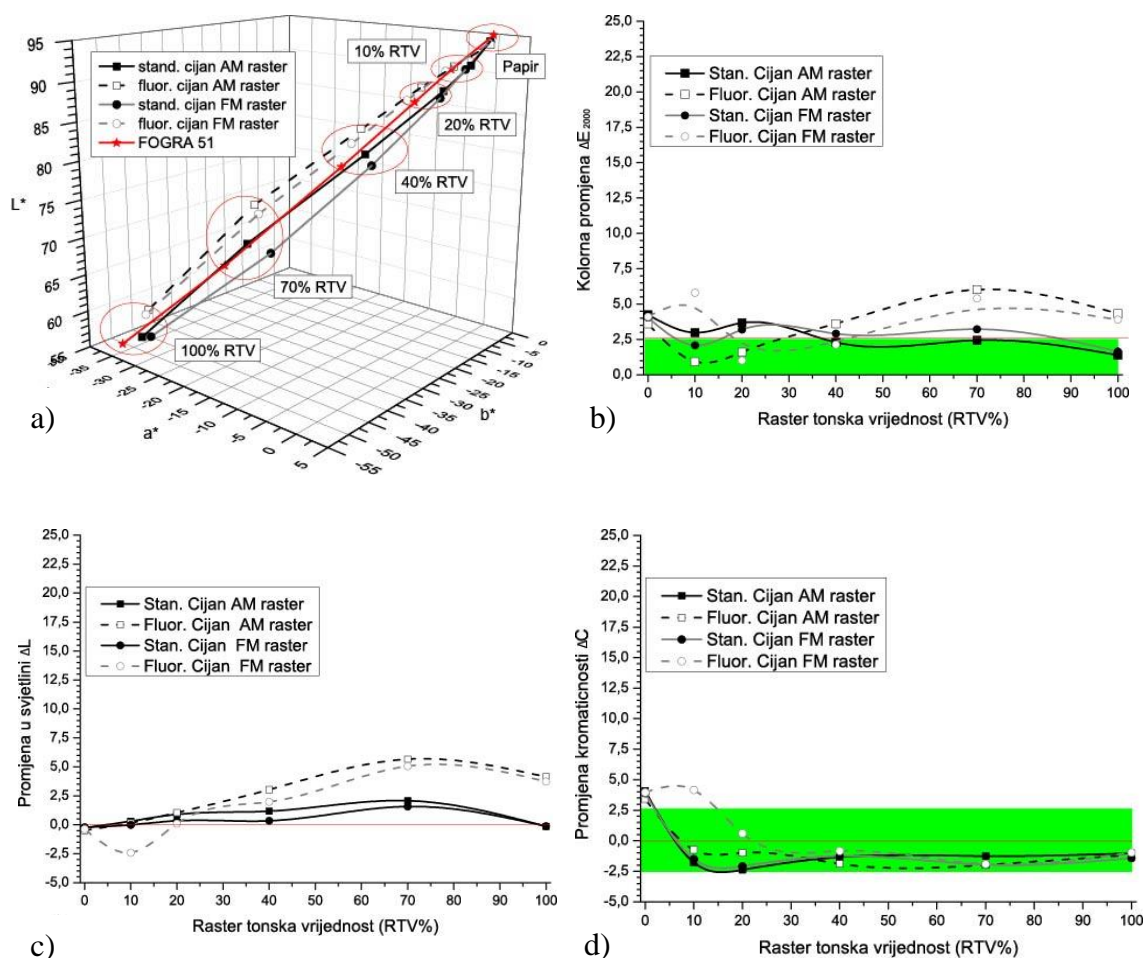
Metalik pigmenti izrazito su osjetljivi na koroziju. Mesing pigmenti (zlatna nijansa) mijenjaju svoje obojenje, pretvarajući je u prljavo smečkastu boju pri čemu ona postaje mat strukture. Količina otopine za vlaženje mora se svesti na minimum, kako bi se nanošenja bojila ostvario što manju, a samim time sprečilo pretjerano emulgiranje i loša kvaliteta premaza. Koncentracija IPE u izvornoj otopini za vlaženje koja koristi COMBIFIX-MGA dodataka i ne smije prelaziti 10% te pH vrijednost mora biti u granicama od 5,0 do 5,4.

U proizvodnji ofsetnih boja Huber je razvio dvije substance za tekućinu za vlaženje: COMBIFIX-MGA 8060 (za tisak s IPA-om) i SUBSTIFIX-MGA 8360 (za tisak bez IPA) ACRYLAC-MGA premaz na vodenoj bazi. Sljedeći premazi su razvijeni za završnu obradu boja. To su: CORONA-MGA (sjajni premaz za jednostrane premaze otporan na trljanje), ACRYLAC-MGA Gloss S 58G1300 (premaz otporan na mokro blokiranje i otpornost na trljanje) ACRYLAC-MGA Gloss 58G1000 (premazi sa dodatnim posebnim svojstvima).

Tako će se COMBIFIX-MGA 8060 koristiti u slučaju kada se otiskuje s tekućinom za vlaženje bez IPA, dok će SUBSTIFIX-MGA 8360 koristiti pri radu ofsetnim strojem koji sadržava IPA u tekućini za vlaženje. Uz SUBSTIFIX dodatak moguće je vršiti i lakiranje otisaka pri čemu se onda koristi lak na bazi vode ACRYLAC-MGA. Metalik boju moguće je lakirati sa dva tipa: CORONA-MGA laka. To su sjajni lakovi otporan na habanje (gloss 58G1300) i visoki otporni lak na habanje gloss 58G1000. [28]

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

Za potrebe kolornog otiskivanja upotrebljavaju se četiri osnovne procesne boje: cijan (C), magenta (M), žuta (Y) i crna (K) boja. Pri kolornom otiskivanju prva se otiskuje cijan boja jer je njena površinska pokrivenost najveća. Parametar koji utječe na realizaciju kolornih slika je tip karakterističnog rastera. Za potrebe analize tonera korištena su dva rastera, amplitudno modulirani (AM) i frekventno modulirani (FM) raster pri čemu je napravljena komparacija za dva tipa tonera (standardnog obojenja i fluorescentnog obojenja).



Slika 27. Graficki prikaz reprodukcija cijan tonera; a) LAB prikaz otiskivanja cijan tonera na papiru za umjetnički tisak; b) kolorna promjena  $\Delta E_{2000}$  za cijan tonere; c) promjena u svjetlini  $\Delta L$  za cijan tonere; d) promjena kromatičnosti  $\Delta C$  za cijan tonere

Na slici 27a. prikazane su 3D krivulje reprodukcije cijana rastriranih otisaka sa standardnim amplitudno moduliranim (AM) i frekventno moduliranim (FM) rasterom uz primjenu boje (standardni i fluorescentni toner).

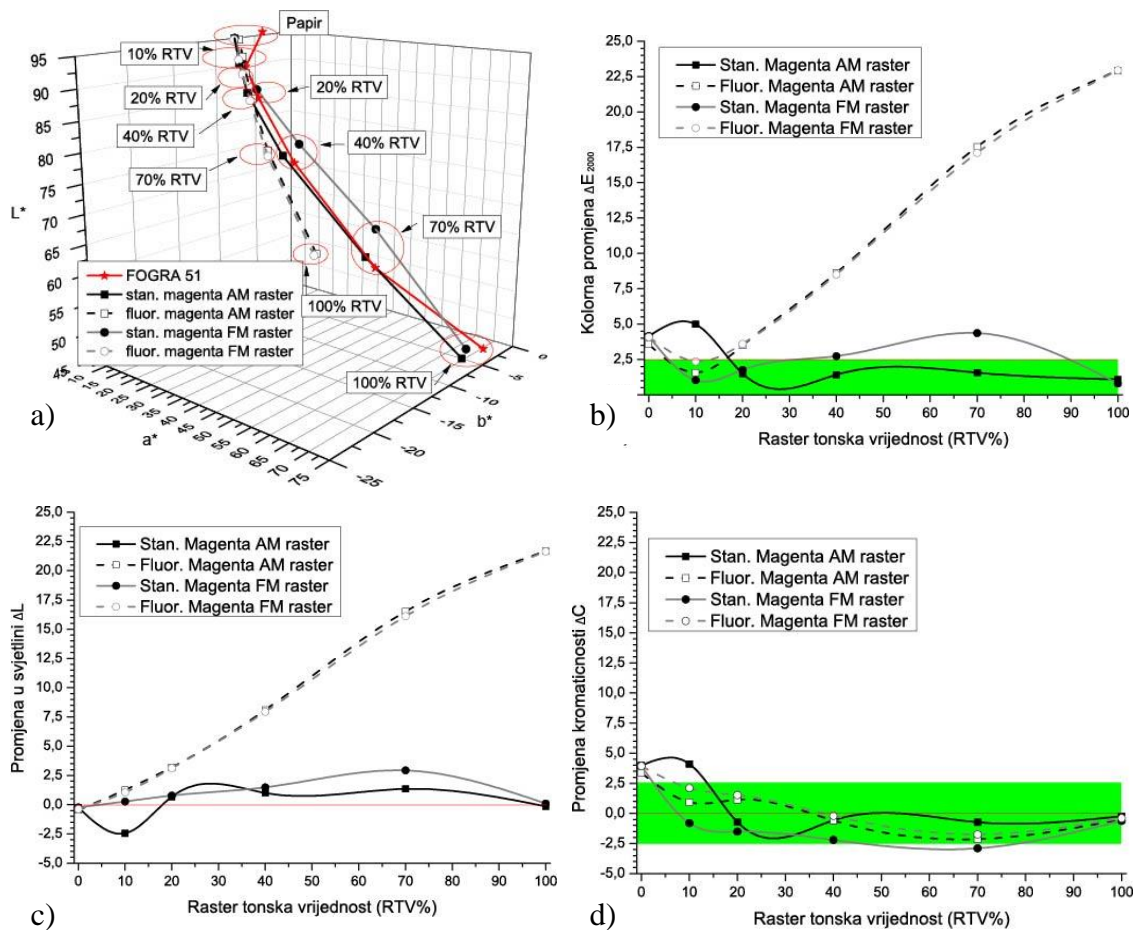
Za praćenje kolorne reprodukcije cijan separacije mjerene su vrijednosti od 10%, 20%, 40%, 70% RTV-a i puni ton (100% RTV).

Ove raster tonske vrijednosti (RTV%) su najkarakterističnije te se mogu uspoređivati sa standardnom FOGRA 51. Ono što se može vidjeti iz grafikona je da su krivulje pravilne i u potpunosti linearne. Samim time imaju svoj regularni kontinuitet, pri čemu se vrijednosti u rasteru od 40% i 70% RTV-a nešto više osciliraju.

Na slici 27b., detaljno su pokazane kolorne razlike između cijan standardnog tonera i cijan fluorescentnog tonera. Iz istih je vidljivo da su cijan otisci rađeni u standardnoj varijanti amplitudno moduliranog rastriranja (AM) i frekventno moduliranog rastriranja (FM) u potpunosti identični. Međutim, razlika između standardnog AM i FM rastera očituje se u tome da je AM raster nešto bolji u srednjim i tamnijim tonovima ( $\Delta E_{40\%}=2,4$ ;  $\Delta E_{70\%}=2,5$ ), dok je FM raster bolji u svjetlijim tonovima ( $\Delta E_{10\%}=2,3$ ;  $\Delta E_{20\%}=2,51$ ). Sve ove razlike su unutar dozvoljenog područja tolerancije za potrebe otiskivanja  $\Delta E < 2,5$ . Promjenom standardnog tonera u opciji fluorescentnoga tonera kolorne promjene se rapidno mijenjaju te za FM raster one iznose  $\Delta E_{100\%}=3,64$  (maksimalna kolorna promjena). Iznimka je polje od 20% RTV-a gdje je ostvareno povećanje samo od  $\Delta E_{20\%}=1,2$ .

Na slici 27c. Prikazane su i promjene u svjetlini  $\Delta L$ . Sve nastale razlike ( $\Delta L$ ) su u plusu što znači da se  $\Delta L$  povećala, odnosno otisci su postali svjetliji. Iz grafikona je vidljivo da su vrijednosti svjetline nastale varijacijom AM i FM rastera u srednjim tonovima najveće ( $\Delta L_{40\%}=1,1$ ;  $\Delta L_{70\%}=0,4$ ), dok se je kod fluorescentnih tonova najveća promjena nastala u najsvjetlijem tonu ( $\Delta L_{10\%}=0,5$ ). Na ostalom tonskom rasponu promjena u svjetlini ostala je više manje ista.

Na slici 27d., primjećuju se promjene u kromatičnosti. Na njima se može zamijetiti da su AM i FM rasteri gotovo identični. Pritom je trend da kromatičnost pada i nalazi se unutar dozvoljenog područja tolerancije. Kod fluorescentnih boja kromatičnost puno više varira kod FM rastera ( $\Delta C_{10\%}=-4,6$ ), dok je kod AM rastera stabilna i nalazi se unutar dozvoljene vrijednosti od 2,5 do -2,5. U ovoj opciji nam je bolje koristiti fluorescentne i standardne boje primjenjene u AM rasteru, te je potrebno izbjegavati FM raster jer nam može izazvati eventualne probleme prilikom cijan otiskivanja.



Slika 28. Graficki prikaz reprodukcija magenta tonera; a) LAB prikaz otiskivanja magenta tonera na papiru za umjetnički tisak; b) kolorna promjena  $\Delta E_{2000}$  za magenta tonere; c) promjena u svjetlini  $\Delta L$  za magenta tonere; d) promjena kromatičnosti  $\Delta C$  za magenta tonere

Na slici 28a. prikazana je 3D reprodukcija magenta tonera. Iz karakterističnih krivulja ovdje se može primijetiti da vrijednosti fluorescentne magente u AM i FM rasteru puno kraća, dok standardni toner daje puno veći i širi raspon reprodukcije. Obje krivulje imaju pravilne odnosno linearne vrijednosti pri čemu su vrijednosti ostvarene s standardnim tonerom puno veće (duže krivulje reprodukcije u odnosu na standard). Samim time ostvarene su i najveće oscilacije u punom tonu (100% RTV).

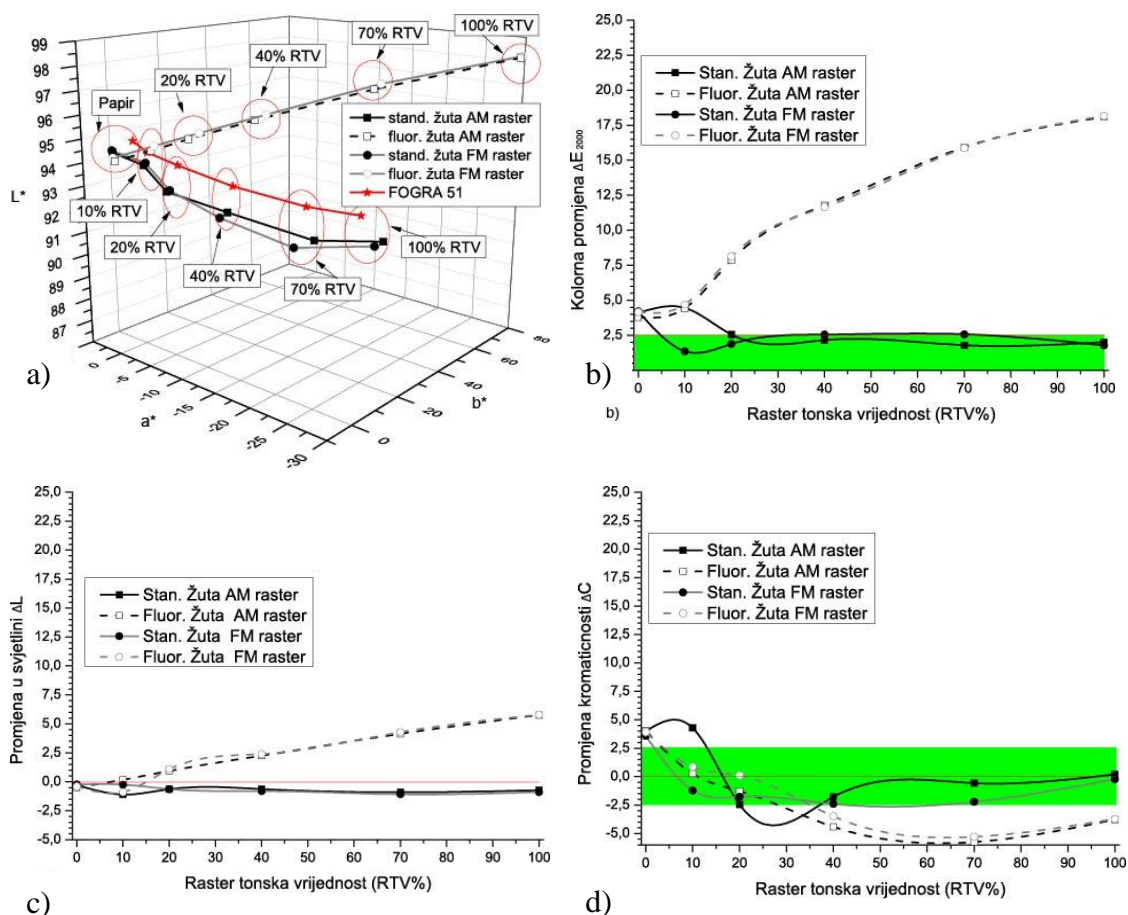
Prilikom uspoređivanja kolornih razlika magentnih tonera (slici 28b.), možemo zamijetiti da su otisci koji su rađeni u standardnoj varijanti AM i FM rastera različiti. Odstupanja možemo zamijetiti u srednjim tonovima ( $\Delta E_{70\%}=2,3$ ) te se vrijednosti još uvijek nalaze u području dozvoljenog standarda  $\Delta E < 2,5$ . Minimalna odstupanja možemo primijetiti u otiscima izrađenim sa fluorescentnim tonerom i AM i FM rasterom. U niskim tonovima ona iznosi  $\Delta E_{20\%}=0,1$ , srednjim tonovima  $\Delta E_{40\%}=0,3$  i  $\Delta E_{70\%}=0,3$  i punom tonu  $\Delta E_{100\%}=0$ .

Na slici 28c. prikazane su promjene u svjetlini kod magenta tonera. I ovdje možemo zamijetiti da su sve tonske vrijednosti i promjene u svjetlosti  $\Delta L$  u plusu.



To znači ujedno da svjetlina tonera  $\Delta L$  za magentu povećava, odnosno otisci su postali svjetliji. Međutim, možemo zamijetiti i oscilaciju kod standardne magente otisnute s AM rasterom koja je u nižim tonskim vrijednostima odstupanja ( $\Delta L_{10\%}=2,1$ ). Najveću promjenu u svjetlini možemo zamijetiti kod fluorescentnih tonera, ona u srednjim tonovima odstupa od standardna za  $\Delta L_{40\%}=7,5$ ;  $\Delta L_{70\%}=16,2$  a u punom tonu  $\Delta L_{100\%}=21,4$ .

Na slici 28d., prikazane su promjene u kromatičnosti magenta tonera. Iz krivulja možemo zamijetiti da su vrijednosti oba tonera rastrirana gotovo pa identične, te se nalaze u dozvoljenim granicama tolerancije. Međutim, prilikom promatranja krivulja kromatičnosti možemo zamijetiti da su otisci napravljeni sa standardnim tonerom i AM rasterom lošiji te imaju malo odstupanje u niskim tonovima ( $\Delta C_{10\%}=4,1$ ). Takav trend ne možemo zamijetiti i kod otiska napravljenim sa standardnim tonerom i FM rasterom, u srednjem tonu imaju minimalno odstupanje od  $\Delta C_{70\%}=-0,9$ . Fluorescentni otisci su kromatski ujednačeni te promjenu postavki RIP-a nemaju veći učinak.



Slika 29. Graficki prikaz reprodukcija žutog tonera; a) LAB prikaz otiskivanja žutog tonera na papiru za umjetnički tisak; b) kolorna promjena  $\Delta E_{2000}$  za žuti tonere; c) promjena u svjetlini  $\Delta L$  za žuti tonere; d) promjena kromatičnosti  $\Delta C$  za žuti tonere

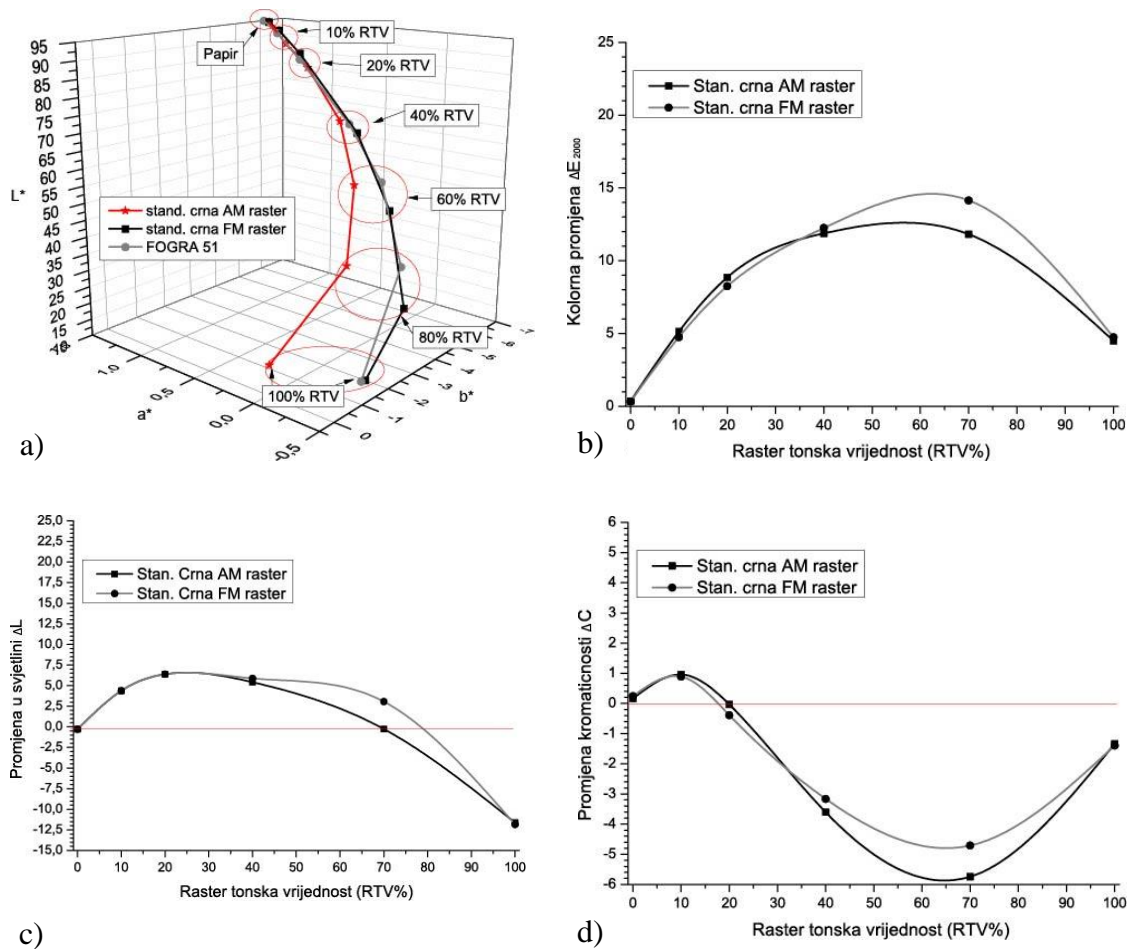


Na slici 29a., prikazana je 3D krivulja reprodukcije žutih tonera. Na njima možemo primijetiti da su vrijednosti promjena u čitavom rasponu tonova pravilni. Kao i kod magenta tonera, možemo zamijetiti da su vrijednosti standardnog žutog otisnutog tonera u AM i FM rasporedu znatno kraće sa najvećim odstupanjem u punom tonu (100% RTV).

Iskazane promjene bolje su vidljive na slici 29b. Prilikom uspoređivanja kolornih razlika žutih tonera, možemo zamijetiti da su otisci rađeni sa standardnim žutim tonerom u varijanti AM i FM rastera potpuno identični. Manja odstupanja tako možemo zamijetiti u niskom tonskom području ( $\Delta E_{10\%}=4,0$ ) iako se vrijednosti još uvijek nalaze unutar dozvoljenog standarda  $\Delta E < 2,5$ . Veća odstupanja možemo primijetiti u otiscima izrađenim fluorescentnim tonovima. U niskom tonu iznosi  $\Delta E_{20\%}=4,8$ , srednjim tonovima pritom će se promjenom rastriranja ostvariti promjene  $\Delta E_{40\%}=12$  i  $\Delta E_{70\%}=16,5$  i u punom tonu  $\Delta E_{100\%}=17,5$ .

Prilikom analize promjena u svjetlini žutih otisaka (slika 29c.) možemo zamijetiti da se otisci otisnuti standardnim tonerom i AM i FM rasterom u negativnom području, odnosno žuta je boja tamnija od standarda. Međutim, otisci otisnuti fluorescentnim tonerom i RIP-ani s AM i FM rasterom imaju koordinate u pozitivnom području (sami otisci su posvijetljeni). To se može zamijetiti u maloj oscilaciji u niskom tonu ( $\Delta L_{10\%}=0,5$ ), gdje su promjene u svjetlini AM i FM otisaka gotovo identične.

Na slici 29d., prikazane su promjene kromatičnosti žutog tonera. Ovdje možemo uočiti varirajući raspon kretanja rezultata za standardni toner i primjene AM i FM rastera. Otisci otisnuti fluorescentnim tonerom sa AM i FM rasterom su gotovo identični, te možemo primijetiti samo manje oscilacije u niskim tonovima ( $\Delta C_{10\%}=0,5$ ). Otisci otisnuti standardnim AM i FM rasterom variraju u cijelom rasponu žute reprodukcije. Najveće oscilacije možemo zamijetiti primjenom standardnog tonera koji oscilira od  $\Delta C_{10\%}=4,5$  (u svjetlijim tonovima) do  $\Delta C_{70\%}=0$  (u tamnim tonovima).



Slika 30. Graficki prikaz reprodukcija crnog tonera; a) LAB prikaz otiskivanja crnog tonera na papiru za umjetnički tisak; b) kolorna promjena  $\Delta E_{2000}$  za crni toner; c) promjena u svjetlini  $\Delta L$  za crni toner; d) promjena kromatičnosti  $\Delta C$  za crni toner

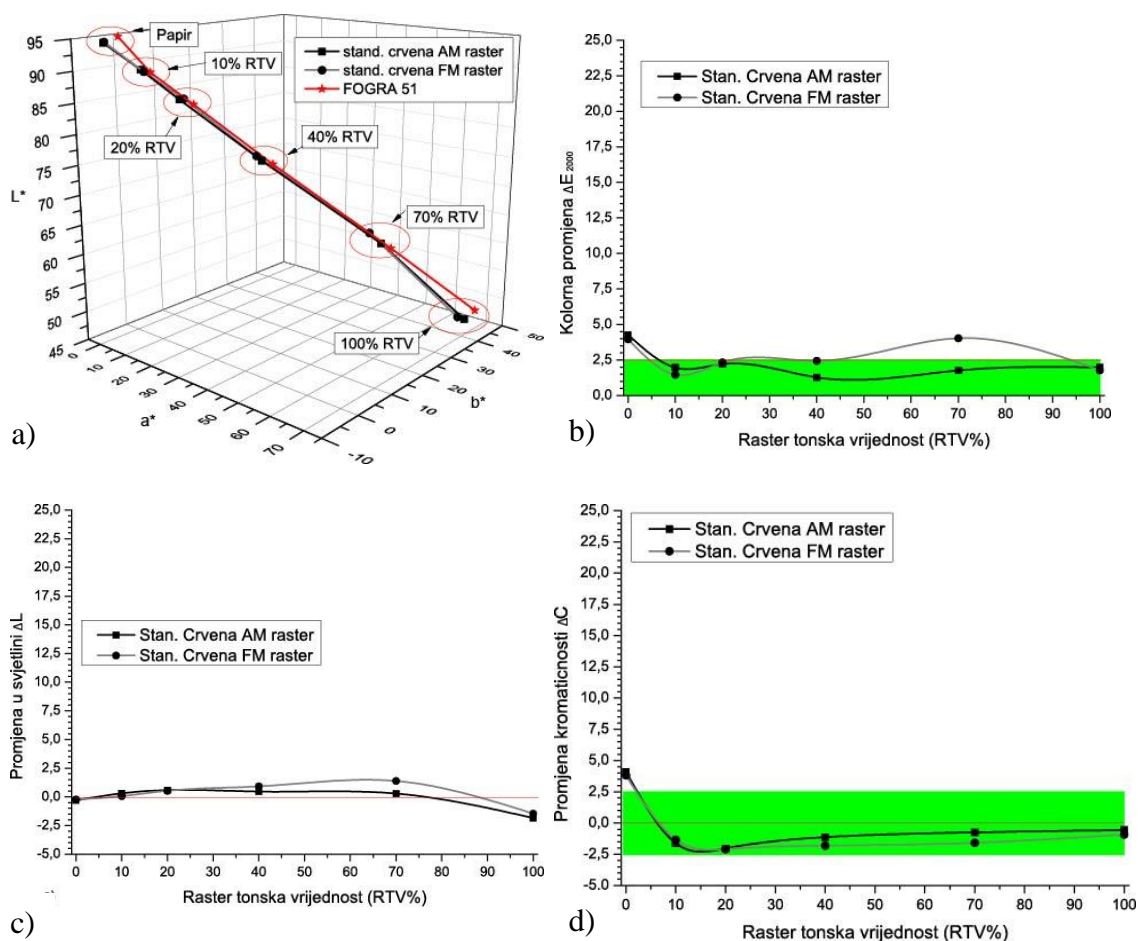
Crni toner ne postoji u verziji fluorescentnog tonera te su zbog toga u grafikonu ucrtane samo dvije krivulje (AM i FM rastriranje crnog standardnog tonera) na slici 30a. Prilikom promatranja 3D krivulja reprodukcije crnog tonera također se zamjećuje isti trend (do 70% RTV) nakon čega slijedi otklon do kromatske osi. Pritom se mogu zamijetiti male oscilacije nastale između standardnog tonera u AM i FM modu u odnosu na standard FOGRA 51.

Na slici 30b., prikazane su kolorne promjene crnih tonova. Iz grafikona možemo primijetiti da su otisci radeni s standardnim tonerom sa AM i FM rastriranjem gotovo identični u rasponu od 0 do 40% RTV ( $\Delta E_{0-40\%}=0,07$ ). Samim time devijacije u rastriranju primjećujemo samo u polju sa 70% raster tonske vrijednosti ( $\Delta E_{70\%}=0,3$ ). U ovom slučaju otisnuti rasteri imaju vrijednosti koje su izvan standarda  $\Delta E < 3,0$ .

Promatranjem oscilacija u svjetlini crnih tonova (Slika 30d.) možemo zamijetiti da ona opada s povećanjem površinske pokrivenosti. Isto tako za AM i FM raster možemo promijetiti i male oscilacije u srednjem tonu iznosi  $\Delta L_{70\%}=2.89$ .

U izračunu ukupne kolorne razlike osim komponente svjetline sudjeluje i komponenta kromatičnosti (Slika 30d.). Ona je najveća u području od 70% RTV  $\Delta C_{70\%}=1,6$ .

Osim procesnih tonova na otisku je moguće ostvariti i spotne boje. One se postižu protiskivanjem (overprintom). Na slikama 31., 32. i 33. prikazane su razlike u crvenim, zelenim i ljubičasto – plavim punim tonovima nastali standardnim setom tonerom i kombinacijom AM i FM rastera. Kao i kod crne fluorescentni set tonera nije uspoređivan zbog njegove očite kolorne razlike, što će biti predmet istraživanja u narednim radovima.



Slika 31. Kolorne razlike crvenih tonova nakon AM i FM rastriranja a) CIE LAB 3D; b) Kolorna promjena  $\Delta E_{2000}$ ; c) Promjena u svjetlini  $\Delta L$ ; d) Promjena kromatičnosti  $\Delta C$

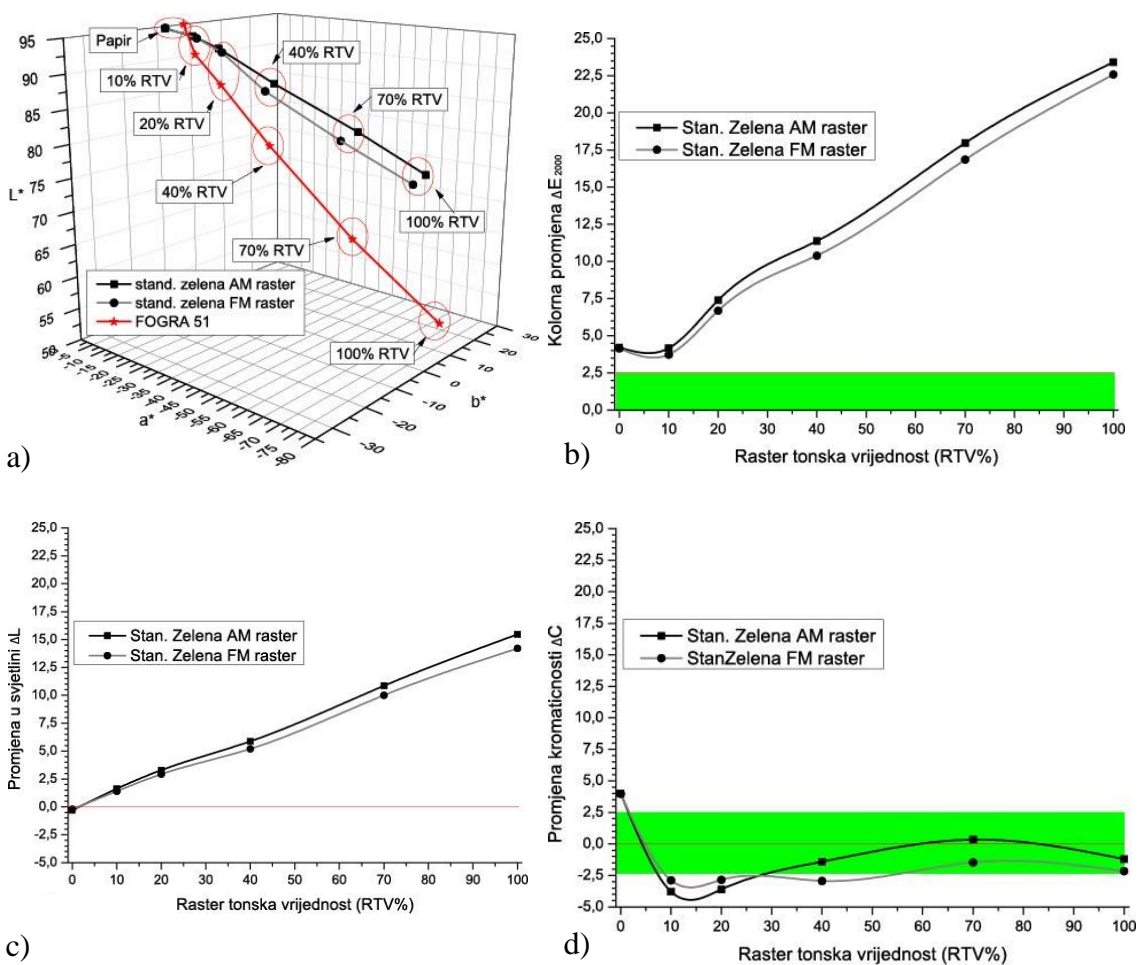
Slika 31a. Prikazuje 3D krivulje reprodukcije crvene boje nastale nakon otiskivanja žute i magente. Iz njega se može uočiti da su krivulje nastale AM i FM rasteranjem u

potpunosti iste (linearne su). U grafikonu postoje manja odstupanja od FOGRA 51 standarda pri realizaciji niskih tonova i u punom tonu.

Na slici 31b. može se zamijetiti da otisci napravljeni sa AM i FM rasterom odgovaraju standardnu. Međutim, također možemo vidjeti da postoje veća odstupanja u srednjim tonovima ako se koristi FM raster ( $\Delta E_{40\%}=1,5$ ;  $\Delta E_{70\%}=3,0$ ).

U grafikonu koji prikazuje promjenu u svjetlini (Slika 31c.) možemo primijetiti da su otisci ostvarili povećanje sa pozitivnim predznakom. To znači da su se otisci neznatno posvijetlili.

Na slici 31d., primjećuju se i promjene u kromatičnosti crvenih tonova. Na njima možemo primijetiti da su crveni otisci otisnuti AM i FM rasteru gotovo identični. Varijacije crvenih tonova postoje pretežno u nižim tonovima, dok nam vrijednost papira izlazi iz standarda  $\Delta E > 2,5$ . Samim time odabrani papir za umjetnički tisak nije pogodan za probno otiskivanje te je došlo do djelovanja strojnog ICC profila.



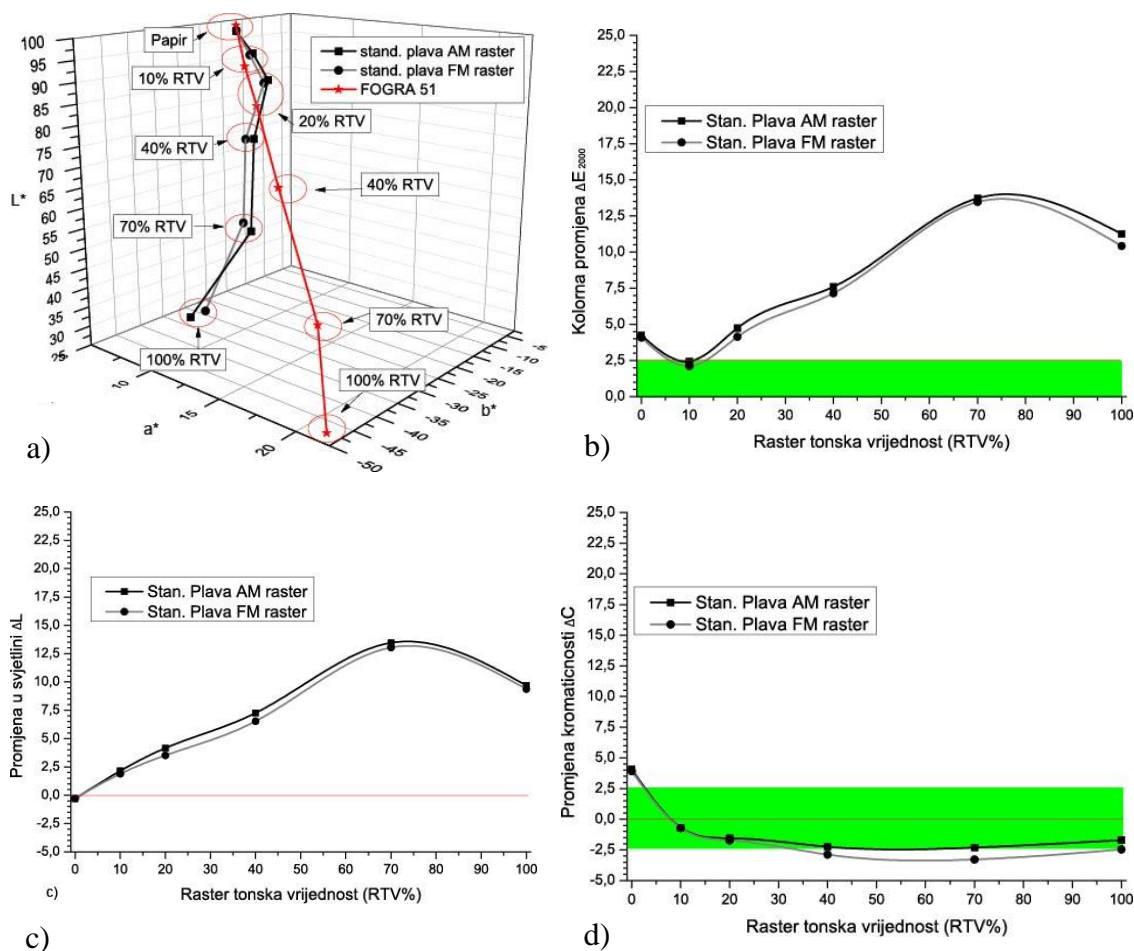
Slika 32. Kolorne razlike zelenih tonova nakon AM i FM rastriranja a) CIE LAB 3D; b) Kolorna promjena  $\Delta E_{2000}$ ; c) Promjena u svjetlini  $\Delta L$ ; d) Promjena kromatičnosti  $\Delta C$

Na slici 32a. Prikazana je 3D krivulja reprodukcije zelenih tonova. U usporedbi FM i AM rastriranih zelenih tonova nastalih iz CMYK, može se zamijetiti njihova velika sličnost. Krivulje standardne zelene u AM i FM rasteru znatno su kraće od standarda FOGRA 51, te najveća odstupanja možemo zamijetiti u realizaciji punog tona (100% RTV-a).

Analizom kolornih promjena zelenih tonova (slici 32b.) možemo primijetiti da su zeleni otisci rađeni u AM i FM varijantni gotovo identični. Međutim, svi zeleni tonovi nalaze se van dozvoljenog FOGRA 51 standardna  $\Delta E > 2,5$ . Najveća odstupanja od standarda mogu se zamijetiti u srednjim tonovima  $\Delta E_{40\%} = 11,5$  i  $\Delta E_{70\%} = 17,5$  te u punom tonu  $\Delta E_{100\%} = 22,8$ . Tako će se promjenom postavki RIP-a ostvariti devijacije od  $\Delta E_{40\%} = 1,7$ ,  $\Delta E_{70\%} = 2,4$  i  $\Delta E_{100\%} = 1,3$ .

Na slici 32c. može se primijetiti uzrok tako velikim oscilacijama. Svjetline svih zelenih tonova su ostvarile promjene s pozitivnim predznakom iz čega se može zaključiti da su se zeleni otisci posvijetlili u odnosu na FOGRA 51 standard. Najveći stupanj posvijetljivanja imaju srednji tonovima ( $\Delta L_{40\%} = 5,9$ ;  $\Delta L_{70\%} = 10$ ) i u punom tonu ( $\Delta L_{100\%} = 15$ ). Drugim riječima varijacijom postavki RIP-a (AM i FM rastera) ostvarit će se devijacije u svjetlini od  $\Delta L_{40\%} = 0,7$ ,  $\Delta L_{70\%} = 1,9$  i  $\Delta L_{100\%} = 1,9$ .

Na ukupnu kolornu promjenu zelenih tonova mogu utjecati i promjene u kromatičnosti (slika 32d). Iz konstruiranih grafova može se uočiti da se vrijednosti pretežno nalaze u dozvoljenim granicama. Međutim, također se može uočiti i odstupanja od standarda kod FM rastera za tonske vrijednosti  $\Delta C_{10\%} = -2,6$ ,  $\Delta C_{20\%} = -2,6$  i  $\Delta C_{70\%} = -2,8$  te kod AM rastriranja za vrijednosti  $\Delta C_{10\%} = -1,8$ ,  $\Delta C_{20\%} = -2,0$ . Samim time promjenom RIP-a (AM i FM rastriranje ostvarit će se sljedeće vrijednosti  $\Delta C_{10\%} = 0,5$ ,  $\Delta C_{20\%} = 0,3$ ,  $\Delta C_{40\%} = 1,7$ ,  $\Delta C_{70\%} = 1,9$  i  $\Delta C_{100\%} = 1,4$ .



Slika 33. Kolorne razlike plavim tonova nakon AM i FM rastriranja a) CIE LAB 3D; b) Kolorna promjena  $\Delta E_{2000}$ ; c) Promjena u svjetlini  $\Delta L$ ; d) Promjena kromatičnosti  $\Delta C$

Na slici 33a. prikazane su 3D krivulje reprodukcije ljubičasto-plave boje nastala otiskivanjem 100% cijana + 100% žutog tonera. Vrijednosti kao i kod ostale dvije spotne boje (ostvarene varirajacijom RIP-a) također pokazuju niže vrijednosti što se vizualno može uočiti u kratkim linijama krivulja. Najveća odstupanja primjetna su u punom tonu.

Analizom kolornih promjena zelenih tonova (slici 33b.) možemo primijetiti da su zeleni otisci rađeni u AM i FM varijatni gotovo identični. Međutim, svi zeleni tonovi nalaze se van dozvoljenog FOGRA 51 standardna  $\Delta E > 2,5$ . Najveća odstupanja od standarda mogu se zamijetiti u srednjim tonovima  $\Delta E_{40\%} = 7,5$  i  $\Delta E_{70\%} = 13,5$  te u punom tonu  $\Delta E_{100\%} = 10,8$ . Tako će se promjenom postavki RIP-a ostvariti devijacije od  $\Delta E_{40\%} = 0,7$ ,  $\Delta E_{70\%} = 1$  i  $\Delta E_{100\%} = 0,8$ .

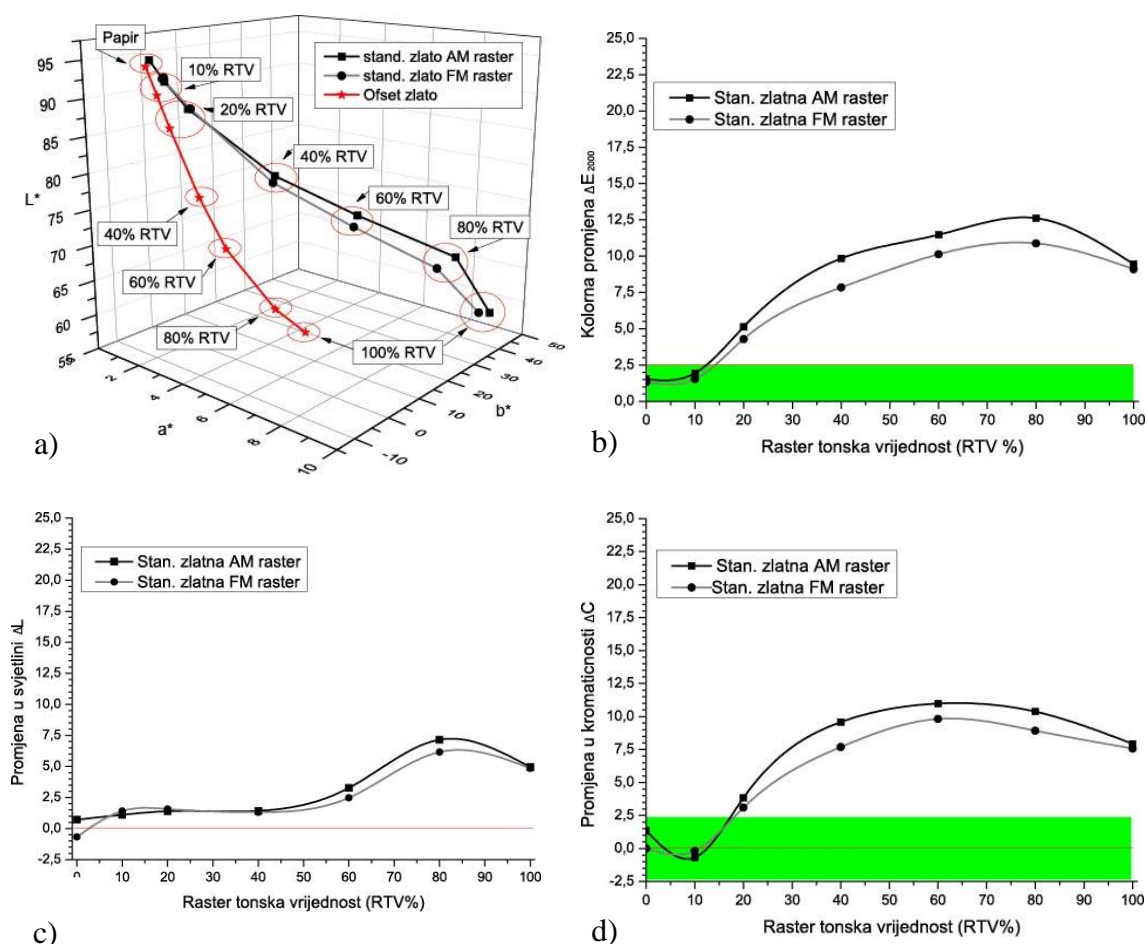
Analizom promjene u svjetlini plavih tonova (slici 33c.) možemo primijetiti da primjenom dva tonera i dva rastera (AM i FM) dobivamo svjetlije otiske. To znači da su se sve mjerene vrijednosti plave lagano povećavaju. Najveću razliku u svjetlini možemo primijetiti u srednjem tonu od 70% ( $\Delta L_{70\%} = 12,5$ ) te u punom tonu ( $\Delta L_{100\%} = 8,8$ ).



Trend promjena plavih tonova nastavlja se i kod kromatičnosti (slika 33d.). Otisci plave boje otisnuti standardnim AM rasterom nalaze u dozvoljenim granicama FOGRA 51 u nižem tonu.

Odstupanje od standardna možemo primijetiti samo kod podloge korištene u eksperimentu. Plavi otisci otisnuti FM rasterom također se nalaze u području dozvoljenog ostupanja. Međutim, drugim riječima vrijednosti RIP-a ostvarit će se promjenom u srednjim područjima koje iznose  $\Delta C_{40\%}=0,7$  i  $\Delta C_{70\%}=1,6$ .

Novosti u elektrofotografskom procesu je otiskivanje sa zlatnim i srebrnim tonerima. Kako za metalik boje ne postoji standard rezultati su uspoređeni s metalik otiscima otisnutim u ofsetu na slikama 34. i 35. prikazane su reprodukcije zlatnih i srebrnih tonova.



Slika 34. Kolorne razlike zlatnih tonova nakon AM i FM rastriranja;  
 a) LAB prikaz otiskivanja zlatnih tonova na papiru za umjetnički tisak;  
 b) Kolorna promjena  $\Delta E_{2000}$  zlatnog tonera; c) Promjena u svjetlini  $\Delta L$  zlatnog tonera;  
 d) Promjena kromatičnosti  $\Delta C$  zlatnog tonera

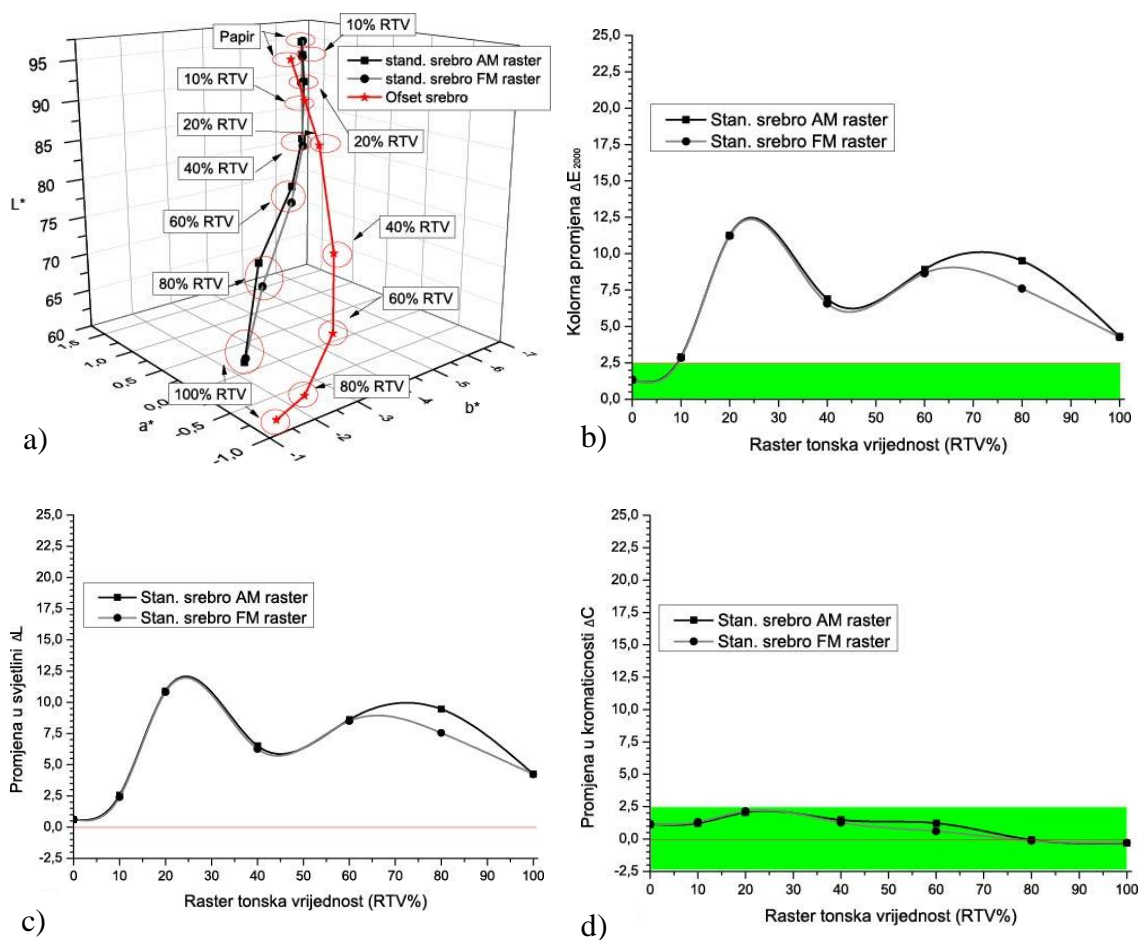
Na slici 34a. Prikazane su 3D krivulje reprodukcije zlatnog EA tonera. Otisci otisnuti AM i FM rasterom ujednačeni su i linearni. Pritom se može primijetiti manja odstupanja u području od 60% do 80% RTV. Međutim, promatravši ofsetni metalik standardni otisak, možemo primijetiti da se odstupanje smanjilo, približavajući se punom tonu.

Na slici 34b., prikazane su kolorne promjene zlatnog tonera. Na dobivenim krivuljama primjećujemo da su otisci otisnuti standardnim AM i FM rasterom nisu identični. U odnosu na varijaciju RIP-a najveća odstupanja su nastala u srednjim tonskim vrijednostima ( $\Delta E_{40\%}=2,5$ ;  $\Delta E_{60\%}=1,1$ ;  $\Delta E_{80\%}=2,3$ ) te u punom tonu ( $\Delta E_{100\%}=0,3$ ). Međutim u odnosu na ofsetni otisak bolju rezoluciju pokazuje FM rastriranje  $\Delta E_{20\%}=5,0$ ,  $\Delta E_{40\%}=7,5$ ,  $\Delta E_{60\%}=11,8$  i  $\Delta E_{80\%}=12,5$ .

Varijacijom postavki RIP-a promjena svjetline u zlatnom tonu su neznatne (slika 34c.). U odnosu na ofset sve vrijednosti AM i FM rastera imaju pozitivni predznak, što znači da su Xerox otisci znatno svjetliji. Devijacijom RIP-a najveći porast svjetline može se primijetiti u vrijednostima srednjih tonova ( $\Delta L_{60\%}=2,5$ ;  $\Delta L_{80\%}=7,5$ ) te u punom tonu ( $\Delta L_{100\%}=5,0$ ).

Na slici 34d., prikazane su promjene u kromatičnosti za zlatni toner. Kao i kod  $\Delta E$  promjena i ovdje se može uočiti da su vrijednosti otisnutih otisaka AM i FM rasterom gotovo identični. Međutim, u odnosu na ofset postoje odstupanja (devijacije) u srednjim tonskim vrijednostima od 40% do 80% ( $\Delta C_{40\%}=2,4$ ;  $\Delta C_{80\%}=1,7$ ;  $\Delta C_{80\%}=2,9$ ) i u punom tonu ( $\Delta C_{100\%}=0,5$ ). Identična je samo vrijednost od 10% RTV-a.





Slika 35. Kolorne razlike srebrnih tonova nakon AM i FM rastriranja;  
 a) LAB prikaz otiskivanja srebrnih tonova na papiru za umjetnički tisak;  
 b) Kolorna promjena  $\Delta E_{2000}$  srebrnog tonera; c) Promjena u svjetlini  $\Delta L$  srebrnog tonera; d) Promjena kromatičnosti  $\Delta C$  srebrnog tonera

Na slici 35a. Prikazane su 3D krivulje reprodukciju srebrnog EA tonera. Otisci otisnuti AM i FM rasterom su linearni, te se u potpunosti poklapaju duž cijelog raspona srebrnih tonova. Međutim, najveća odstupanja u odnosu na srebrni ofsetni otisak možemo primijetiti u vrijednostima srednjih tonova (60% do 80% RTV-a) i u punom tonu od (100% RTV-a). Ona su zabilježena kod AM rastriranja.

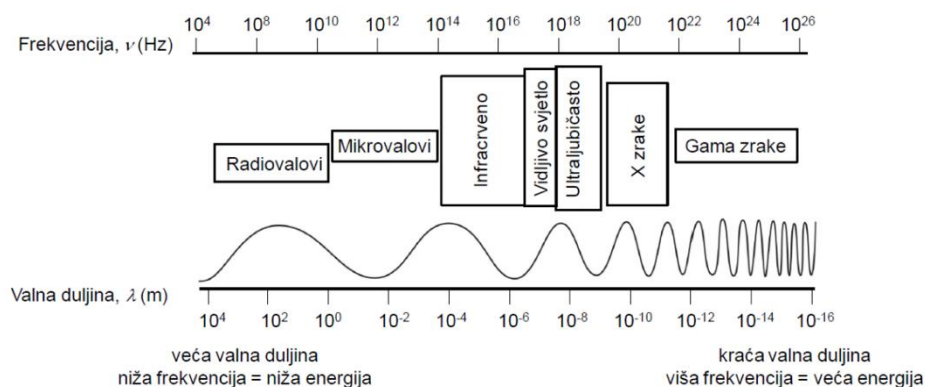
Na slici 35b., detaljnije su prikazane kolorne promjene srebrnog tonera i ofsetnog bojila. Vrijednost tiskovne podloge se jedino nalazi unutar dozvoljenim granicama. Najveća odstupanja se mogu primijetiti u niskim vrijednostima od 20% ( $\Delta E_{20\%}=11,2$ ), te u srednjim vrijednostima od 60% do 80% ( $\Delta E_{60\%}=9,2$ ;  $\Delta E_{80\%}=10,0$ ).

Nastale promjene u svjetlini srebrnih tonova (slika 35c.) ostvarenih sa AM i FM raster biti u pozitivnom smjeru. Samim time Xerox EP otisci su znatno posvijetljeni. Odstupanje u svjetlini može se primijetiti u niskim vrijednostima od 20% ( $\Delta L_{20\%}=11,2$ ) i u srednjim vrijednostima od 60% do 80% ( $\Delta L_{60\%}=8,3$ ;  $\Delta L_{80\%}=9,2$ ).

U slučaju kromatičnosti (slika 35d.) srebrni toner neće varirati te AM i FM raster imaju identične rezultate. Sve tonske vrijednosti nalaze u granicama dozvoljenog standarda za potrebe točnog otiskivanja. Sve vrijednosti imaju pozitivni predznak, a minimalna odstupanja možemo pronaći u punom tonu  $\Delta C_{100\%} = -0,2$ .

## 4.2. Fluorescencija otisaka $\Delta B$

Fluorescencija odnosno luminiscencija (lat. *Lumen*, 2. *lumini* – svjetlo) definirana je kao emisija svjetlosti uzrokovana pobudom raznih oblika energije u tiskovnu podlogu. Postoji više vrsta luminescencije koje se međusobno razlikuju po izvoru energije koji pobuđuje emisiju (fotoluminescencijska - pobuda koja nastaje elektromagnetskim zračenjem UV, Vis, IC). Jedna od najšire korištenih fotoluminescentnih metoda je fluorescencija. Spektar elektromagnetskog zračenja prikazan je na slici 36. [29]



Slika 36. Spektar elektromagnetskog zračenja

Izvor: Šimunović A. (2018). *Fluorescencija čvrstog stanja heteroaromatskih kromofora u funkcionalnim materijalima*, Zagreb

Na fluorescenciju utječu različiti vanjski čimbenici. Najčešće su to temperatura, pH vrijednost, viskoznost, polarnost, vodikove veze. Ostali čimbenici vezani uz molekularne strukture tj, priroda  $S_1$  stanja, rigidnost molekule, učinak teškog atoma, utjecaj supstituenata. Podloga i korišteno bojilo svojim sastavom može prouzrokovati različite efekte fluorescencije. Na slici 37. prikazana je fluorescencija za standardni i fluorescentni cijan, magenta i žuti toner.

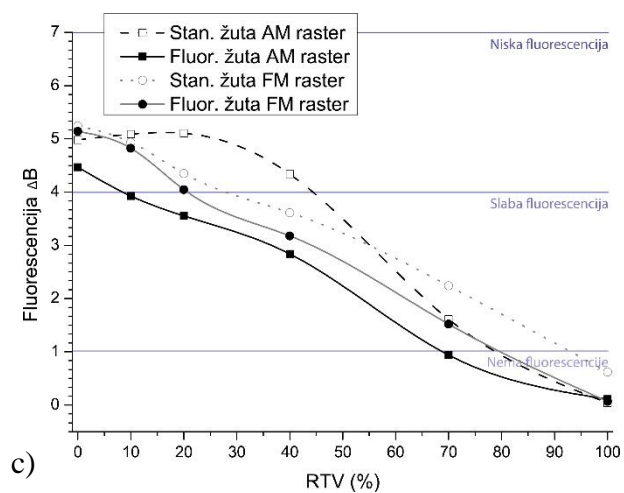
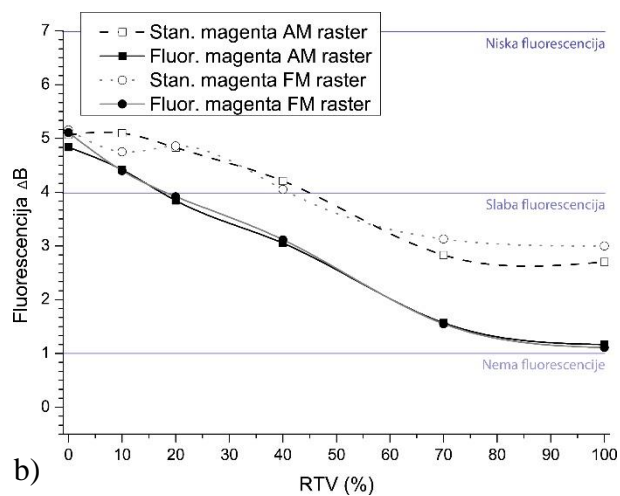
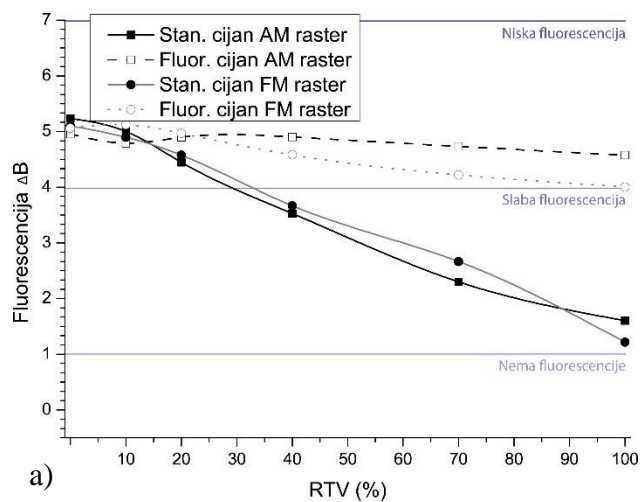
Na slici 37a. prikazane su krivulje ostvarenih standardnih i fluorescentnih  $\Delta B$  cijan Xerox tonerom. Analizom grafa cijan fluorescentnih tonova izraženija je vrijednost fluorescencije. Tako će se sa FM rasterom ostvariti prosječna fluorescencija  $\Delta B_{FM SR.}=4,5$ , dok će AM raster dati veću prosječnu fluorescenciju  $\Delta B_{AM SR.}=4,86$ .

Ona je konstantna tokom cijelog raspona tonskih vrijednosti. Promjenom tonera (standardni ton) uočavamo da fluorescencija opada s povećanjem površinske pokrivenosti.

Početna visoka fluorescencija ostvorena na premazanoj papirnoj podlozi je velika te iznosi  $\Delta B_{FM SR.}=5,1$  jer u sebi sadržava veći udio optičkih bjelila. Samim time nanašanjem veće količine tonera fluorescencija se smanjuje. Kod FM rastera fluorescencija pada sa  $\Delta B_{10\%}=4,8$  na  $\Delta B_{100\%}=1,4$ . AM rastriranje dati će niže vrijednosti fluorescencije u rastriranim područjima. One se kreću od  $\Delta B_{10\%}=5,0$  do  $\Delta B_{70\%}=2,1$  (puni ton nije rastriran).

Na slici 37b. Prikazane su krivulje ostvarene otiskivanjem Xerox magentnog fluorescentnog i standardnog tonera. Za razliku od cijan fluorescentnog tonera magenta fluorescentni toner ostvaruje gubitak fluorescencije s povećanjem površinske pokrivenosti. Ona je kod FM rastrirana izraženija  $\Delta B_{FM SR.}=2,84$ . Promjenom postavki RIP-a prosječna vrijednost fluorescencije iznosi  $\Delta B_{AM SR.}=3,96$  te spada u kategoriju slabe fluorescencije. FM i AM rastriranje ne ostvaruju razlike te prosječna vrijednost iznosi  $\Delta B_{FM i AM SR.}=0$ .

Na slici 37c. prikazane su krivulje Xerox žutog fluorescentnog i standardnog tonera. Kod fluorescentnog otiskivanja žutim tonerom i rastriranim AM rasterom možemo primijetiti da se vrijednosti od 10%, 20% i 40% nalaze u području niske fluorescencije, te nakon 50% fluorescencija počinje opadati te se vrijednosti nalaze u području gdje nema fluorescencije. Srednja vrijednost fluorescencije rastriranje AM rasterom iznosi  $\Delta B_{AM SR.}=2,26$  te će promjenom postavki RIP-a ona iznositi  $\Delta B_{FM SR.}=2,78$ . Samim time promjenom RIP-a dobivamo razliku od  $\Delta B_{FM i AM SR.}=0,52$ .



Slika 37. Ostvareni efekti fluorescencije standardnog i fluorescentnog EA tonera:  
 a) fluorescencija cijan tonera; b) fluorescencija magenta tonea; c) fluorescencija žutog tonera

## 5. ZAKLJUČAK

Cijan otisci nastali sa fluorescentnim i standardnim tonerima ostvaruju kolorne rezultate koji su unutar tolerancija standarda FOGRA 51. Pritom će otisak sa standardnim tonerom i FM rasterom biti najbolji a otisak sa fluorescentnim tonerom i FM rasterom biti najlošiji. Tako će se promjenom seta tonera ostvariti kolorna promjena (devijacija) od  $\Delta E=1,69$ .

Standardni magenta toner ostvaruje točne i precizne reprodukcije koje su unutar standarda gdje promjenom RIP-a (AM i FM raster) ostvaruju promjene od  $\Delta E=0,3$ . Promjenom seta tonera (fluorescentni set tonera) kolorne promjene iznose  $\Delta E=10,6$ .

U odnosu na FOGRA 51 standard, žuti standardni toner je dobro reproduciran ( $\Delta E < 2,5$ ). Varijacijom RIP-a (AM i FM raster) stvaraju kolornu promjenu od  $\Delta E=0,3$ . Fluorescentni set žutog tonera najviše odstupa u odnosu na standardni sa prosječnom vrijednošću od  $\Delta E=11,6$ .

Crna nema fluorescentni toner te je AM raster bolje reproduciran u odnosu na FM raster. Ostvarene razlike iznose  $\Delta E=0,94$ .

Zlatni Xerox EA toner daje reprodukcije tonova PANTONE boje (PANTONE 871C) imaju velike kolorne promjene u odnosu na litografski ofset ( $\Delta E > 7$ ). Varijacijom RIP-a ostvarena je kolorna devijacija PANTONE 871C  $\Delta E=1,1$ .

Srebrna nijansa Xerox EA tonera također ostvaruje velike kolorne promjene. PANTONE 877C će različitim rastriranjem ostvariti promjenu od  $\Delta E=0,2$ .

Sveukupnom analizom nameće se opći zaključak da je FM rastriranje od 150 dpi bolje te daje prirodnije rezultate FOGRA 51.

U slučaju potrebe ostvarivanja izražene fluorescencije najbolje rezultate pokazuje cijan fluorescentni otisci u području niske fluorescencije  $\Delta B=4,62$  a najslabije žuti fluorescentni otisci u području slabe fluorescencije  $\Delta B=3,26$ .

Korištenjem standardnog tonera fluorescencije je manje izraženija. Tako će Xerox fluorescentni toneri ostvariti povećanje fluorescencije u odnosu na standardni toner za vrijednost  $\Delta B=1$ .

## 6. LITERATURA

- [1] Romano F. (2021). *The Future of Printing*, Virtual Drupa Symposium Bridging Education, Research and Industry in Graphic Communication, Print and Media, stream 2, Dusseldorf
- [2] Majnarić I. (2015). *Osnove digitalnog tiska*, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb
- [3] Baur R., Macholdt H. T. (1995). *Organic pigments for digital color printing*, Eleventh International Conference on Advances in Non-Impact Printing, Hilton Head, SC.
- [4] Klein G. A. (2010). *Industrial Color Physics*, Spring series in optical sciences, New York
- [5] Majnarić I., Željковић P., Valdec D. (2021). *Mogućnost realizacije zlatnih tonova sa elektrofotografskim praškastim tonerima*, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb
- [6] Majnarić I., Željковић P., Bolanča Mirković I. (2021)., *Mogućnost realizacije cmy fluorescentnih tonova sa elektrofotografskim praškastim tonerima*, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb
- [7] ISO 2470-2:2008 Paper, board and pulps: Measurement of diffuse blue reflectance factor- Part 2: Outdoor daylight conditions (D65 brightness) International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland 2008.
- [8] ISO 13655:2017 Graphic technology: Spectral measurement and colorimetric computation for graphic arts images International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland 2017.
- [9] Hofmann D., Printers-Guide Newsletter 109, Kemnitz 11\_2019, str. 15-16, Print Promotion Cemnitz 2019, dostupno na: [https://printpromotion.de/wp-content/uploads/2020/07/Printers-Guide\\_191125\\_PP\\_Newsletter\\_No\\_109\\_11\\_2019.pdf](https://printpromotion.de/wp-content/uploads/2020/07/Printers-Guide_191125_PP_Newsletter_No_109_11_2019.pdf)
- [10] Konica Minolta (1998). Sakai.Osaka 590-8551, *Precise color communication, Color control from perception to instrumentation*, Japan (3-91)
- [11] Xerox (2021). Welcome to Product Exploration, dostupno na: <https://explorexeroxproducts.com/Home/Index/en-US?Region=NARS>, 2.9.2021.
- [12] Heidelberg, dostupno na: <http://www.heidelberg.com>, 2.9.2021.

- [13] X-rite PANTONE, eXact Standard, dostupno na:  
<https://www.xrite.com/categories/portable-spectrophotometers/exact>, 2.9.2021.
- [14] Igepa, *UPM Finesse Gloss*, The Biofore Company UPM, dostupno na:  
<https://igepa.hr/media/1294/maxi-gloss.pdf>, 24.6.2021.
- [15] Xerox, Safety Dana Sheet, *Toner – Black, Cyan, Magenta, Yellow*, 25.8.2020
- [16] Chapter 4. Chemical and physical information, dostupno na:  
URL:<https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp211-c4.pdf>, 2.9.2021.
- [17] Terra Organica, *Titanij – dioksid / bijeli pigment / kozmetička sirovina 25 g*, dostupno na: <https://www.terra-organica.hr/titan-titanijev-dioksid-zastita-od-sunca-spf.html>, 24.6.2021.
- [18] Chemical Book (2017). *Pigment Yellow 74*, dostupno na:  
[https://www.chemicalbook.com/CASEN\\_6358-31-2.htm](https://www.chemicalbook.com/CASEN_6358-31-2.htm), 2.9.2021.
- [19] Chemical Book (2017). *(29H,31H-phthalocyaninato(2-)-N29,N30,N31,N32)copper*, dostupno na: [https://www.chemicalbook.com/CASEN\\_147-14-8.htm](https://www.chemicalbook.com/CASEN_147-14-8.htm), 2.9.2021.
- [20] Zeyachem, Pigment Red 57:1 – Corimax Red 4BGL, dostupno na:  
<https://www.zeyachem.net/pigment-red-571.html>, 5.9.2021.
- [21] Britanica, *Carbon Black*, dostupno na: <https://www.britannica.com/science/carbon-black>, 2.9.2021.
- [22] Xerox, *Fluorescent Replenisher – Cyan*, Safety Dana Sheet, 2.9.2021.
- [23] Iskra, *Poliesterska smola PPS*, Kemijska industrija, dostupno na:  
<https://www.iskra.hr/proizvod/poliesterska-smola-pps/>, 24.6.2021.
- [24] TOP China Supplier, *Sirovi parafinski vosak 58/60*, dostupno na:  
[https://bs.topchinasupplier.com/wholesale/Crude-Paraffin-Wax-58-60-Semi-Refined-Wax-100kg-25kg-for-Sale\\_82056/](https://bs.topchinasupplier.com/wholesale/Crude-Paraffin-Wax-58-60-Semi-Refined-Wax-100kg-25kg-for-Sale_82056/), 24.6.2021.
- [25] Xerox, *Replenisher – Gold & Silver*, Safety Dana Sheet, 2.9.2021.
- [26] Chemical Book (2017). *Aluminium*, dostupno na:  
[https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty\\_EN\\_CB6227696.htm](https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB6227696.htm), 2.9.2021.
- [27] Technical Information, hubertgroup print solutions, *Alchemy Silver for the offset process*, 07.2020.

[28] Moguća jednokomponentna zlatna tiskarska bojila

Izvor: Technical Information, hubertgroup print solutions, MGA CORONA Gold,  
06.2018.

[29] Šimunović A. (2018). Fluorescencija čvrstog stanja heteroaromatskih kromofora u funkcionalnim materijalima, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb



## 7. POPIS SLIKA I GRAFOVA

Slika 1. Grafički prikaz trendova u grafičkoj industriji

Izvor: Romano F. (2021). The Future of Printing, Virtual Drupa Symposium Bridging Education, Research and Industry in Graphic Communication, Print and Media, stream 2, Dusseldorf

Slika 2. Pozitivno nabijanje fotoreceptora: a) Uzemljene komponente potrebne za pozitivno nabijanje; b) Prikaz nastalog elektrostatskog polja uspostavljenog između korotronske kućišta i koronske žice

Izvor: Majnarić I. (2015). Osnove digitalnog tiska, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb

Slika 3. Osvjetljavanje fotoreceptora: a) Negativsko (CAD) i pozitivsko (DAD) osvjetljavanje; b) Reakcije u fotokonduktoru tijekom negativskog osvjetljavanja (CAD); c) Reakcije u fotokonduktoru tijekom pozitivskog osvjetljavanja (DAD)

Izvor: Majnarić I. (2015). Osnove digitalnog tiska, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb

Slika 4. Konstrukcijsko rješenje laserske glave zasnovane na ROS tehnologiji: a) ROS sistem sa korekcijskom optikom; b) Segment elektrofotografske slike nakon laserskog osvjetljavanja

Izvor: Majnarić I. (2015). Osnove digitalnog tiska, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb

Slika 5. Razvijanje u EP: a) princip suvremenog dvokomponentnog razvijanja; b) Shematski prikaz razvijача koji se upotrebljava u dvokomponentnom razvijanju

Izvor: Majnarić I. (2015). Osnove digitalnog tiska, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb

Slika 6. Prijenos tonera na papir pomoću transferne korone: a) formiranje pozitivnog naboja na papiru; b) generiranje elektrostatskih polja u zoni transfera

Izvor: Majnarić I. (2015). Osnove digitalnog tiska, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb

Slika 7. Fuziranje otiska: a) shematski prikaz promjene agregatnog stanja tonera; b) moderna kondukcija inducirano zagrijavanog fuzerskog grijača

Izvor: Majnarić I. (2015). Osnove digitalnog tiska, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb

Slika 8. Čišćenje u elektrofotografiji: a) princip čišćenja četkastim valjkom; b) princip čišćenja magnetskom četkom

Izvor: Majnarić I. (2015). Osnove digitalnog tiska, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb

Slika 9. Kolorni toneri i pigmenti koji se koriste u kserofotografiji

Izvor: Baur, R., and Macholdt, H. T. (1995). Organic pigments for digital color printing. Eleventh International Conference on Advances in Non-Impact Printing, Hilton Head, SC.

Slika 10. Dvije različite distribucije metalnih čestica u obojenom sloju:

a) ljuskasto nizanje na površini; b) bez ljuskastog nizanja

Izvor: Klein G.A. (2010). Industrial Color Physics, Spring series in optical sciences, New York

Slika 11. Shematski prikaz normalne stimulacije i emisije fluorescencije

Izvor: Konica Minolta (1998). Sakai.Osaka 590-8551, Color control from perception to instrumentation, Japan (3-91)

Slika 12. Spektralna refleksija crvenog fluorescentnog bojila pri polikromatskom i monokromatskom osvjetljenju na valnoj duljini presjeka  $\lambda_s = 600 \text{ nm}$

Izvor: Konica Minolta (1998). Sakai.Osaka 590-8551, Color control from perception to instrumentation, Japan (3-91)

Slika 13. Spektralna distribucija rasvjetnih tijela: a) CIE rasvjetnih tijela; b)

Fluorescentna rasvjetna tijela preporučena za CIE mjerenja; c) Fluorescentna rasvjetna tijela preporučena za JIS mjerenja

Izvor: Konica Minolta (1998). Sakai.Osaka 590-8551, Color control from perception to instrumentation, Japan (3-91)

Slika 14. Grafički prikaz upadnog svjetla i refleksije sa fluorescentne podloge

Izvor: Konica Minolta (1998). Sakai.Osaka 590-8551, Color control from perception to instrumentation, Japan (3-91)

Slika 15. Shematski prikaz izvršenog eksperimenta

Slika 16. Tiskovne forme sa CMYK + RGB tonovina korištene za ispitivanje

Slika 17. Osnovna tiskovna jedinica Xerox Versant 180 Press – Xerox EX 180 i pripadajući RIP Fiery® FS 200

Izvor: Xerox (2021). Welcome to Product Exploration, dostupno na:

<https://explorexeroxproducts.com/Home/Index/en-US?Region=NARS>, 2.9.2021.

Slika 18. Postupak promjene seta tonera: a) početni CMYK set; b) CMY set nakon izvlačenja fotokonduktora; c) u fotokonduktoru nakon vađenja iz mašine; d) novi ubačen set sa fluorescentnim razvijачima i fotokonduktorima; e) stroj u fazi sa izvučenim CMY tonerima; f) ubacivanje kućišta novog seta tonera

Slika 19. Doradne jedinice Xerox Versant 180 Press; a) dorada jedinica za izradu brošura; b) jedinica za klamanje i probijanje rupa; c) produženo izlaganje; d) inserter otisnutih priloga; e) uvezivanje klamanjem

Izvor: Xerox (2021). Welcome to Product Exploration, dostupno na:

<https://explorexeroxproducts.com/Home/Index/en-US?Region=NARS>, 2.9.2021.

Slika 20. Završne doradne jedinice; a) dupli ulagač papira; b) mehanički sustav uvezivanja knjižnih blokova; c) jedinica za meki uvez korica u boji; d) uvezivanje knjižnih blokova četvrtastog oblika

Izvor: Xerox (2021). Welcome to Product Exploration, dostupno na:

<https://explorexeroxproducts.com/Home/Index/en-US?Region=NARS>, 2.9.2021.

Slika 21. Xerox Versant 180 Press najveća jedinica 8

Izvor: Xerox (2021). Welcome to Product Exploration, dostupno na:

<https://explorexeroxproducts.com/Home/Index/en-US?Region=NARS>, 2.9.2021.

Slika 22. Ofsetni stroj za tisak PANTONE zlata i srebra:

a) Heidelberg GTO 52; b) jedinica za obojenje i vlaženje

Izvor: Heidelberg, dostupno na: <http://www.heidelberg.com>, 2.9.2021.

Slika 23. Densitometar i spektrofotometar X – rite Exact

Izvor: X-rite PANTONE, eXact Standard, dostupno na:

<https://www.xrite.com/categories/portable-spectrophotometers/exact>, 2.9.2021.

Slika 24. Struktura žutog pigmenta CAS No. 6358-31-2

Izvor: Chemical Book 6358-31-2, dostupno na:

[https://www.chemicalbook.com/CASEN\\_6358-31-2.htm](https://www.chemicalbook.com/CASEN_6358-31-2.htm), 2.9.2021.

Slika 25. Struktura najčišćeg kemijskog cijan pigmenta CAS No. 147-14-8

Izvor: Chemica Book 147-14-8, dostupno na:

[https://www.chemicalbook.com/CASEN\\_147-14-8.htm](https://www.chemicalbook.com/CASEN_147-14-8.htm), 2.9.2021.

Slika 26. Xerox (AE toneri) povećani optičkim mikroskopom korišteni u eksperimentu;

a) toner cijan boje; b) toner magenta boje; c) toner žute boje; d) toner bijele boje;  
e) toner srebrne boje; f) toner zlatne boje

Slika 27. Graficki prikaz reprodukcija cijan tonera; a) LAB prikaz otiskivanja cijan

tonera na papiru za umjetnički tisak; b) kolorna promjena  $\Delta E_{2000}$  za cijan tonera;

c) promjena u svjetlini  $\Delta L$  za cijan tonera; d) promjena kromatičnosti  $\Delta C$  za cijan tonera

Slika 28. Graficki prikaz reprodukcija magenta tonera; a) LAB prikaz otiskivanja

magenta tonera na papiru za umjetnički tisak; b) kolorna promjena  $\Delta E_{2000}$  za magenta

toner; c) promjena u svjetlini  $\Delta L$  za magenta toner; d) promjena kromatičnosti  $\Delta C$  za magenta toner

Slika 29. Graficki prikaz reprodukcija žutog tonera; a) LAB prikaz otiskivanja žutog

tonera na papiru za umjetnički tisak; b) kolorna promjena  $\Delta E_{2000}$  za žuti toner;

c) promjena u svjetlini  $\Delta L$  za žuti toner; d) promjena kromatičnosti  $\Delta C$  za žuti toner

Slika 30. Graficki prikaz reprodukcija crnog tonera; a) LAB prikaz otiskivanja crnog

tonera na papiru za umjetnički tisak; b) kolorna promjena  $\Delta E_{2000}$  za crni toner;

c) promjena u svjetlini  $\Delta L$  za crni toner; d) promjena kromatičnosti  $\Delta C$  za crni toner

Slika 31. Kolorne razlike crvenih tonova nakon AM i FM rastriranja a) CIE LAB 3D; b)

Kolorna promjena  $\Delta E_{2000}$ ; c) Promjena u svjetlini  $\Delta L$ ; d) Promjena kromatičnosti  $\Delta C$

Slika 32. Kolorne razlike zelenih tonova nakon AM i FM rastriranja a) CIE LAB 3D;

b) Kolorna promjena  $\Delta E_{2000}$ ; c) Promjena u svjetlini  $\Delta L$ ; d) Promjena kromatičnosti  $\Delta C$

Slika 33. Kolorne razlike plavim tonova nakon AM i FM rastriranja a) CIE LAB 3D;

b) Kolorna promjena  $\Delta E_{2000}$ ; c) Promjena u svjetlini  $\Delta L$ ; d) Promjena kromatičnosti  $\Delta C$

Slika 34. Kolorne razlike zlatnih tonova nakon AM i FM rastriranja; a) LAB prikaz

otiskivanja zlatnih tonova na papiru za umjetnički tisak; b) Kolorna promjena  $\Delta E_{2000}$

zlatnog tonera; c) Promjena u svjetlini  $\Delta L$  zlatnog tonera; d) Promjena kromatičnosti

$\Delta C$  zlatnog tonera

Slika 35. Kolorne razlike srebrnih tonova nakon AM i FM rastriranja;

- a) LAB prikaz otiskivanja srebrnih tonova na papiru za umjetnički tisak;
- b) Kolorna promjena  $\Delta E_{2000}$  srebrnog tonera; c) Promjena u svjetlini  $\Delta L$  srebrnog tonera; d) Promjena kromatičnosti  $\Delta C$  srebrnog tonera

Slika 36. Spektar elektromagnetskog zračenja

Izvor: Šimunović A. (2018). Fluorescencija čvrstog stanja heteroaromatskih kromofora u funkcionalnim materijalima, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb

Slika 37. Ostvareni efekti fluorescencije standardnog i fluorescentnog EA tonera:

- a) fluorescencija cijan tonera; b) fluorescencija magenta tonea; c) fluorescencija žutog tonera

## 8. POPIS TABLICA

Tablica 1. Najčešće smole u plavom toneru

Izvor: Baur, R., and Macholdt, H. T. (1995). Organic pigments for digital color printing. Eleventh International Conference on Advances in Non-Impact Printing, Hilton Head, SC.)

Tablica 2. Refleksija, indeks loma, indeks apsorpcije za okomito upadno svjetlo valne duljine  $\lambda = 589,3$  nm i temperature od  $T = 293$  K, kao i talište metala koja se koriste za metalne pigmente

Izvor: Klein G.A. (2010). Industrial Color Physics, Spring series in optical sciences, New York

Tablica 3. Klasifikacija metalik pigmenata

Izvor: Klein G.A. (2010). Industrial Color Physics, Spring series in optical sciences, New York

Tablica 4. Definicija i uvjeti mjerenje bijela papirnih tiskovnih podloga

Izvor: Hofmann D., Printers-Guide Newsletter 109, Kemnitz 11\_2019, str. 15-16, Print Promotion Cemnitz 2019, dostupno na: [https://printpromotion.de/wp-content/uploads/2020/07/Printers-Guide\\_191125\\_PP\\_Newsletter\\_No\\_109\\_11\\_2019.pdf](https://printpromotion.de/wp-content/uploads/2020/07/Printers-Guide_191125_PP_Newsletter_No_109_11_2019.pdf)

Tablica 5. Tehničke karakteristike Xerox Versant 180 Press

Izvor: Xerox (2021). Welcome to Product Exploration, dostupno na: <https://explorexeroxproducts.com/Home/Index/en-US?Region=NARS>, 2.9.2021.

Tablica 6. Tehničke karakteristika tiskarskog stroja Heidelberg GTO 52

Izvor: Gavran M. (2013). Otiskivanje metaliziranih bojila u ofsetnom tisku, Diplomski rad, Zagreb

Tablica 7. Osnovne karakteristike uređaja X – rite Exact

Izvor: X-rite PANTONE, eXact Standard, dostupno na: <https://www.xrite.com/categories/portable-spectrophotometers/exact>, 2.9.2021.

Tablica 8. Karakteristike korištene tiskovne podloge Maxi Gloss

Izvor: Igepa, UPM Paper Catalogue, dostupno na: <https://igepa.hr/media/1294/maxi-gloss.pdf>, 2.9.2021.

Tablica 9. Opći sastav CMYK EA tonera za Xerox Versant 180 Press stroj

Izvor: Xerox, Safety Data Sheet, Toner – Black, Cyan, Magenta, Yellow, dostupno na: <https://www.xerox.com/download/ehs/msds/A-10026.en-us.pdf>, 25.8.2020.

Tablica 10. Kemijske karakteristike silicijevog dioksida i spojeva

Izvor: Chapter 4. Chemical and physical information, dostupno na:

URL:<https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp211-c4.pdf>, 2.9.2021.

Tablica 11. Podaci o veličini čestica za sintetičke amorfne spojeve silicij dioksida

Izvor: Chapter 4. Chemical and physical information, dostupno na:

URL:<https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp211-c4.pdf>, 2.9.2021.

Tablica 12. Tipovi jsrebrnih ednokomponentna tiskarska bojila

Izvor: Technical Information, hubertgroup print solutions, Alchemy Silver for the offset process, 07.2020.

Tablica 13. Moguća jednokomponentna zlatna tiskarska bojila

Izvor: Technical Information, hubertgroup print solutions, MGA CORONA Gold, 06.2018.

Tablica 14. Dvokomponentna zlatna tiskarska bojila

Izvor: (Technical Information, hubertgroup print solutions, MGA CORONA Gold, 06/2018.)

Tablica 15. Razlike u vrijednostima i srednje vrijednosti  $\Delta E$  za CMYK set tonera

$\Delta E$ vrijednosti (RTV %)	10%	20%	40%	70%	100%	Srednja vrijednost
Cijan ST. AM raster (300 dpi)	2.51	3.1	2.4	2.48	1.1	2.318
Cijan FL. AM raster (300 dpi)	1.1	2	3.1	5.1	4.7	3.2
Cijan ST. FM raster (150 dpi)	2.3	2.51	2.55	2.6	1.1	2.212
Cijan FL. FM raster (150 dpi)	6.1	2	2.35	4.7	4.4	3.91
$\Delta E$ vrijednosti (RTV %)	10%	20%	40%	70%	100%	Srednja vrijednost
Magenta ST. AM raster (300 dpi)	5	1.9	1.8	1.8	0.8	2.26
Magenta FL. AM raster (300 dpi)	1.9	3.1	8.1	16.2	23.8	10.62
Magenta ST. FM raster (150 dpi)	0.5	1.9	2.6	4.1	0.7	1.96
Magenta FL. FM raster (150 dpi)	2.5	3	7.8	15.9	23.8	10.6
$\Delta E$ vrijednosti (RTV %)	10%	20%	40%	70%	100%	Srednja vrijednost
Žuta ST. AM raster (300 dpi)	4	2.5	2	1.8	1.8	2.42
Žuta FL. AM raster (300 dpi)	4.8	7.6	12	16.5	17.5	11.68
Žuta ST. FM raster (150 dpi)	1.8	2	2.5	2.5	1.7	2.1
Žuta FL. FM raster (150 dpi)	5	7.4	12	16.1	17.5	11.6
$\Delta E$ vrijednosti (RTV %)	10%	20%	40%	70%	100%	Srednja vrijednost
Crna ST. AM raster (300 dpi)	5.1	8.8	10.5	10.5	8.8	8.74
Crna ST. FM raster (150 dpi)	4.8	8	11.4	15.1	9.1	9.68



Tablica 16. Razlike u vrijednostima i srednje vrijednosti  $\Delta E$  za RGB spotne boje

$\Delta E$ vrijednosti (RTV %)	10%	20%	40%	70%	100%	Srednja vrijednost
Crvena ST. AM raster (300 dpi)	4.8	2	1	1.4	2.1	2.26
Crvena ST. FM raster (150 dpi)	5	2	2.5	4.4	1.9	3.16
$\Delta E$ vrijednosti (RTV %)	10%	20%	40%	70%	100%	Srednja vrijednost
Zelena ST. AM raster (300 dpi)	4.8	7	11.5	17.5	22.5	12.66
Zelena ST. FM raster (150 dpi)	4.2	6.5	9.8	15.1	21.2	11.36
$\Delta E$ vrijednosti (RTV %)	10%	20%	40%	70%	100%	Srednja vrijednost
Plava ST. AM raster (300 dpi)	2.5	5	7	13	11.5	7.8
Plava ST. FM raster (150 dpi)	2	4.4	6.1	12.5	10	7

Tablica 17. Razlike u vrijednostima i srednje vrijednosti  $\Delta E$  za zlatnu i srebrnu boju

$\Delta E$ vrijednosti (RTV %)	10%	20%	40%	60%	80%	100%	Srednja vrijednost
Zlatna ST. AM raster (300 dpi)	2	5.1	10	11.8	12.5	10	8.5
Zlatna ST. FM raster (150 dpi)	1.5	4.5	7.5	10	11.1	9.8	7.4
$\Delta E$ vrijednosti (RTV %)	10%	20%	40%	60%	80%	100%	Srednja vrijednost
Srebrna ST. AM raster (300 dpi)	2.6	11.8	7.4	9.5	10	5	7.4
Srebrna ST. FM raster (150 dpi)	2.6	11.8	7.2	9.1	7.5	5	7.2

Tablica 18. Razlike u vrijednostima i srednje vrijednosti  $\Delta B$  za fluorescentni CMYK set tonera

$\Delta B$ vrijednosti (RTV %)	10%	20%	40%	70%	100%	Srednja vrijednost
Cijan ST. AM raster (300 dpi)	5	4.8	3.5	2.1	1.6	3.5
Cijan FL. AM raster (300 dpi)	4.8	5.2	5	4.8	4.5	4.86
Cijan ST. FM raster (150 dpi)	4.8	4.4	3.7	3.1	1.4	3.4
Cijan FL. FM raster (150 dpi)	5.1	4.9	4.4	4.1	4	4.5
$\Delta B$ vrijednosti (RTV %)	10%	20%	40%	70%	100%	Srednja vrijednost
Magenta ST. AM raster (300 dpi)	4.4	3.8	3.1	1.7	1.2	2.84
Magenta FL. AM raster (300 dpi)	5.1	4.9	4.2	2.9	2.7	3.96
Magenta ST. FM raster (150 dpi)	4.4	3.7	3.4	1.7	1	2.84
Magenta FL. FM raster (150 dpi)	4.8	4.9	4.1	3.1	3	3.98
$\Delta B$ vrijednosti (RTV %)	10%	20%	40%	70%	100%	Srednja vrijednost
Žuta ST. AM raster (300 dpi)	3.9	3.4	2.9	1	0.1	2.26
Žuta FL. AM raster (300 dpi)	5.1	5.3	4.4	1.7	0.1	3.32
Žuta ST. FM raster (150 dpi)	4.7	4	3.4	1.7	0.1	2.78
Žuta FL. FM raster (150 dpi)	4.9	4.2	3.8	2.4	0.7	3.2