

# Utjecaj metode rastriranja na kvalitetu otisaka stroja KM Accurio Press C3070

---

Gucić, Karlo

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:216:718922>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-27**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET**

**KARLO GUCIĆ**

**UTJECAJ METODE RASTRIRANJA NA  
KVALITETU OTISKA STROJA KM  
ACCURIOPRESS C3070**

**DIPLOMSKI RAD**

Zagreb, 2022.



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

KARLO GUCIĆ

**UTJECAJ METODE RASTRIRANJA NA  
KVALITETU OTISKA STROJA KM  
ACCURIOPRESS C3070**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:  
izv. prof. dr. sc. Igor Majnarić

Student:  
Karlo Gucić

Zagreb, 2022.

## SAŽETAK

Produkcijski elektrofotografski tiskarski strojevi tvrtke Konica Minolta posjeduju mogućnost otiskivanja brzinom 70 kolornih A4 stranica u minuti. Da bi se ostvario otisak što bliži standardu u RIP-u Accurio Hikari (Accurio PrintManager) moguće je varirati 13 tipova rastera. Po završetku inicijalne kalibracije za potrebe ovog istraživanja otisnuta su dva seta otisaka: a) referentni xerox otisak koji je prethodno zadovoljio kriterij PSD standarda A; b) realni otisci tiskarskog stroja Konica Minolta AccurioPress C3070. Za utvrđivanje utjecaja RIP-a dodatno su varirani rasteri različitog oblika (okrugli, linijski, romb i FM raster) kao i linijski raster s frekvencijama rastriranja od 40 lpi, 120 lpi i 200 lpi. Pri procesu otiskivanja korišten je Simitri toner proizvođača Konica Minolta, te 300g/m<sup>2</sup> silk papir za umjetnički tisak proizvođača UPM. Da bi se točno odredila kvaliteta reprodukcije otisnut je standardni FOGRA Media Wedge V3.0 klin koji sadrži 72 točno definirana polja od kojih su detaljno analizirana polja CMYK punih tonova, te CMY polja od 10%, 20%, 40%, 70% RTV-a, te polja crne od 10%, 20%, 40%, 60%, 80% RTV-a. Za potrebe kolorimetrijskih mjerenja korišten je spektrofotometar i kolorimetar Techon Spectrodens – Advanced kojim je mjereno CIE L\*a\*b\* vrijednost te izračunata kolorna razlika CIE L\*a\*b\*  $\Delta E_{00}$ . Za vizualnu procjenu realizacije rasterskih elemenata korišten je mikroskop Dynolite čije su slike uvećane 167x. Svi dobiveni Konica Minolta otisci uspoređeni su sa referentnim vrijednostima po FOGRA 51 te realnim Xerox-ovom otisku koji je besprijekorno otisnut i ocijenjen kategorijom A. Prema rezultatima istraživanja najbolju kvalitetu reprodukcije otisnute na stroju proizvođača Konica Minolta, modela AccurioPress C3070 dao je stohastički, FM3 raster te linijatura od 200 linija po inču.

Ključne riječi: elektrofotografija, Konica Minolta AccurioPress C3070, rasteri

## ABSTRACT

Konica Minolta's production electrophotographic printing machines have the ability to print at a speed of 70 color A4 pages per minute. In order to achieve a print as close as possible to the standard in RIP Accurio Hikari (AccurioPrint Manager), it is possible to vary 13 types of rasters. Upon completion of the initial calibration, for the purposes of this research, two sets of prints were printed: a reference Xerox print that previously met the criteria of the PSD standard; b) realistic prints of the Konica Minolta AccurioPress C3070 printing machine. To determine the impact of RIP, rasters of different shape were additionally varied (round, line, rhombus and FM3 raster) as well as line raster with raster frequencies of 40 lpi, 120 lpi and 200 lpi. During the printing process, Simitri toner produced by Konica Minolta was used, and 300 g/m<sup>2</sup> silk paper for artistic printing produced by UPM. In order to accurately determine the reproduction quality, a standard FOGRA Media Wedge V3.0. wedge containing 72 precisely defined fields were printed, of which CMYK full-tone fields were analyzed in detail and CMY fields of 10%, 20%, 40%, 70% of RTV and black fields of 10%, 20%, 40%, 60% and 80% of RTV. For the purposes of colorimetric measurements, a Techon Spectrodens – Advanced spectrophotometer was used to measure the CIE  $L^*a^*b^*$  value and calculate the CIE  $L^*a^*b^*$  color difference  $\Delta E_{00}$ . A Dynolite microscope was used for visual evaluation of the realization of the raster elements, the images of which were magnified 167 times. All obtained Konica Minolta prints were compared with reference values according to FOGRA 51 and a real Xerox print that was flawlessly printed and rated with A category. According to the results of the research, the best reproduction quality printed on the Konica Minolta machine, model AccurioPress C3070, was given by stochastic, FM3 raster and lineation of 200 lines per inch.

Key words: electrophotography, Konica Minolta AccurioPress C3070, rasters

# SADRŽAJ

SAŽETAK .....	3
1. UVODNI DIO.....	1
1.1. Hipoteze i ciljevi.....	2
2. TEORIJSKI DIO.....	3
2.1. Povijesni pregled elektrografije.....	3
2.2. PRINCIP RADA ELEKTROFOTOGRAFSKIH STROJEVA .....	6
2.3.1. Nabijanje fotoreceptora.....	7
Fotoreceptori .....	8
2.3.3. Osvjetljavanje fotoreceptora .....	10
2.3.4. Razvijanje .....	11
Toneri.....	13
2.3.5. Transfer tonera .....	15
2.3.6. Fiksiranje tonera .....	16
2.3.7. Čišćenje fotoreceptora .....	18
2.7. Određivanje kvalitete reprodukcije.....	21
2.8. Konfiguracije stroja Konica Minolta AccurioPress C3070 .....	23
Dualni ulagač dokumenata u skener .....	24
Jedinica za ulaganje papira .....	24
Doradna jedinica za klamanja.....	25
3. EKSPERIMENTALNI DIO .....	27
3.1. Opis eksperimenta.....	27
3.2. Strojevi i uređaji korišteni u eksperimentalnom dijelu.....	32
3.2.1. Konica Minolta AccurioPress C3070 .....	32
3.2.2. Techkon Spectrodens – Advanced.....	35
3.2.3. Dino-Lite Edge <sup>PLUS</sup> .....	37
3.3. Materijali korišteni u eksperimentalnom dijelu.....	38

3.3.1. Papir WFC Silk.....	38
3.3.2. Toner Konica Minolta Simitri.....	39
4. REZULTATI I DISKUSIJA .....	41
4.1. Kalibracijski proces tiskarskog stroja KM C3070.....	41
4.2a Rezultati Media wedge 3.0 klina ostvareni nakon kalibracijskog procesa .....	49
4.2 Rezultati kolornih separacija nastalih varijacijom tipa rastera .....	52
4.3. Rezultati kolornih separacija nastalih varijacijom linijature .....	56
5. ZAKLJUČAK.....	60
6. LITERATURA .....	63
7. PRILOZI .....	65
POPIS SLIKA.....	65
POPIS TABLICA .....	69

## 1. UVODNI DIO

Digitalni tisak odnosi se na metode ispisa digitalne slike izravno na različite vrste medija. Digitalni tisak ima veći cijenu po stranici od konvencionalnih metoda tiska, ali ta se cijena obično nadoknađuje izbjegavanjem troškova svih tehničkih koraka potrebnih pri izradi CTP ploča. Također, digitalni tisak omogućuje ispis na zahtjev, kratko vrijeme obrade pa čak i izmjene slike. Ušteda na radnoj snazi i stalnorastuće mogućnosti digitalnih tiskarskih strojeva znače da digitalni tisak doseže točku u kojoj može parirati ili čak i nadmašiti sposobnost tehnologije ofsetnog tiska za proizvodnju većih naklada od nekoliko tisuća araka po niskoj cijeni.

Povijest digitalnog tiska relativno je kratka u uspoređi s cjelokupnom povijesti tiska koja datira iz 1439. godine kada je zlatar Johannes Gutenberg razvio pomična slova u Mainzu. Gutenberg je svoju popularnost u Njemačkoj zacementirao kada je zajedno sa svojim kolegom Peterom Schoefferom surađivao prema papinskom zakonu da dovrši prvu masovno proizvedenu Bibliju 1455. godine.

Grafička industrija rasla je i razvijala se globalno, krećući od šablona, pečata i pomičnih slovado inovacija kao što su litografija 1796. godine, ofsetni tisak 1870-ih godina, moderni sitotisak 1907. godine, kserografija 1938. godine i inkjet tisak 1951. godine. Uvođenje Pantone sustava usklađivanja boja došlo je 1963. godine, laserskog ispisa 1969. godine i termografije 1972. godine. Novo digitalno doba računala doprinijelo je puno većem razvoju digitalnog tiska. Prvi digitalni ispis ispisan je na akvarel papiru 1989. godine zahvaljujući interesu i potpori Grahama Nasha, ko-osnivača glazbene grupe Crosby, Stills, Nash & Young, kada je pre-press pisač Iris 3047 po prvi puta modificiran za inkjet ispis umjetničke reprodukcije. Danas se u suvremenoj grafičkoj industriji uz konvencionalne tehnike tiska primjenjuju i digitalne tehnike tiska. 1993. godine lansiran je prvi svjetski digitalni tiskarski stroj u boji pod nazivom Indigo. To je bila ista godina kada je izumljen Portable Document Format (PDF). Naziv serije tiskarskih strojeva Indigo dolazi iz tvrtke koju je osnovao Benny Landa 1977. godine. kako bi razvila najbrži fotokopirni uređaj na svijetu. Landa je kasnije otkrio da se toner razvijen za fotokopirni stroj može koristiti i u printerima. 2000. godine tvrtka Hewlett Packard investirala je u



Indigo, a godinu dana kasnije stekla preostale dionice. Digitalni tisak porastao je na 18% cjelokupnog tiska do 2016. godine.

Veličina globalnog tržišta dosegla je 25,2 milijarde američkih dolara u 2021. godini. Sve veće prihvaćanje tehnologije digitalnog tiska u industriji pakiranja glavni je čimbenik koji pokreće rast prihoda na tržištu. Rastuća potražnja iz tekstilne industrije značajno pridonosi rastu prihoda na globalnom tržištu. Očekuje se da će se drugi čimbenici, uključujući porast usvajanja tehnologija tiska temeljenih na umjetnoj inteligenciji i sve veću upotrebu digitalnog ispisa u odjelu potrošačke elektronike, pripisati rastu prihoda na tržištu. [16]

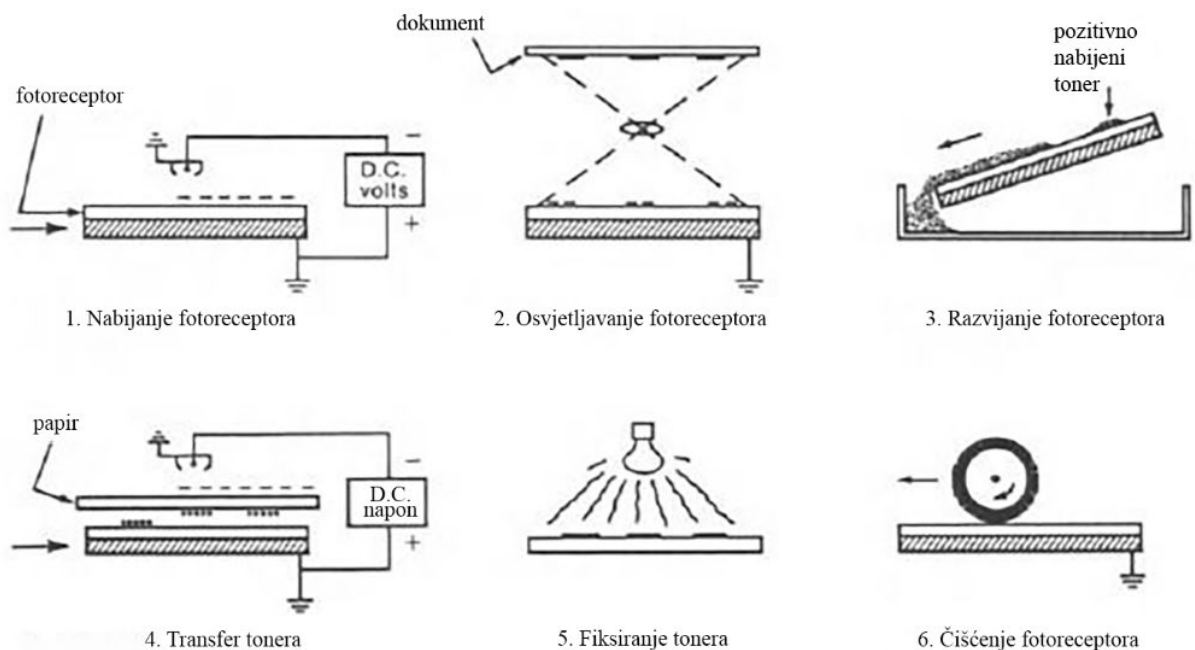
### **1.1. Hipoteze i ciljevi**

U grafičkim poduzećima za proizvodnju tiskanih medija sve češće se primjenjuju tehnologije digitalnog tiska. Jedan od čestih proizvođača elektrofotografskih strojeva je Konica Minolta, čiji je produkcijski model AccurioPress C3070 čest izbor. Cilj ovoga rada je utvrditi i ispitati mogućnosti ostvarivanja kvalitetnog otiska te odrediti kritične parametre za korigiranje loše otisnutih reprodukcija. Pritom su analizirane krivulje reprodukcije osnovnih procesnih boja i rastriranih tonova generiranih s različitim oblicima rastera i različitim frekvencijama rastriranja. Na temelju istraživanja odredili su se korekcijski parametri koji su trebali osigurati otisak A klase. U diplomskom radu postavljene su dvije hipoteze: a) da će FM rastriranje dati bolje rezultate od tradicionalnog AM rastera; b) da će veća linijatura rastriranja dati veći raspon obojenja i kvalitetniji otisak.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Povijesni pregled elektrofotografije

Elektrofotografija obuhvaća fotokopiranje i laserski ispis, budući da obje tehnike koriste iste principe rada. Ona se odvija u nekoliko faza. Metalna ploča ili bubanj prvo se presvuče nabijenim slojem fotokonduktora, zatim debljim, optički prozirnim slojem za prijenos naboja koji provodi samo pozitivan naboj. Površina dobiva jednoliki negativni naboj, dok podložna metalna ploča ima pozitivan naboj. Kada se ploča osvjetli sa slikom materijala za kopiranje ili pomoću lasera laserskog pisača, fotokonduktorski sloj stvara naboj na osvjetljenom području, pozitivni naboj linearno migrira na površinu pod jakim utjecajem polja električne energije te se spaja s površinskim negativnim nabojem. Stoga površinski naboj ostaje samo u tamnim (neosvjetljenim) područjima. Tada se pozitivno nabijene čestice tonera na bazi smola privlače na preostali negativni površinski naboj formirajući sliku koja je konačno toplinski spojena na podlogu.

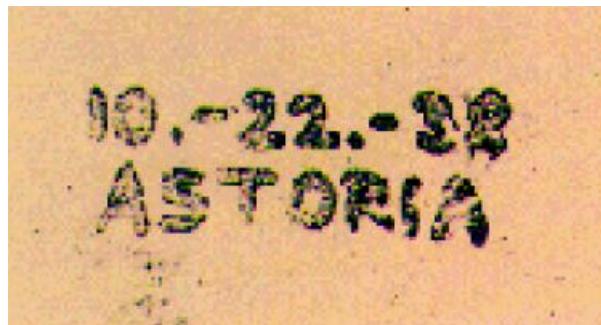


Slika 1 Shematski dijagram 6 faza elektrofotografije (izvor: Schein, L.B., *Electrophotography and Development Physics*, 2nd edition)

Ovaj se princip fotokopiranja može sažeti u šest faza: nabijanje fotoreceptora, osvjetljavanje fotoreceptora, razvijanje fotoreceptora, transfer tonera, fiksiranje tonera i čišćenje fotoreceptora.

Elektrofotografski proces izumio je Chester Carlson 1938. godine. Proces se također naziva i kserografija od grčkih riječi za suho i pisanje te iz koje je izvedeno ime tvrtke Xerox. Rad na ranom razvoju obavljen je na Battelle Memorial institutu i tvrtci Haloid (današnji Xerox) koja je komercijalizirala fotokopirni stroj. Prvi komercijalni automatski kserografski fotokopirni stroj Xerox 914 tvrtke Haloid počinje s proizvodnjom 1959. godine. Izrađivao je sedam crno-bijelih kopija dimenzije 9 x 14 inča u jednoj minuti.

Za vrijeme početka rada na izumu radio je u tvrtci PR Mallory & Co. Frustriran nedostatkom vremena, Carlson je odlučio posegnuti u svoje oskudne resurse za nastavak istraživanja. Osnovao je mali laboratorij u Astoriji u New Yorku i unajmio nezaposlenog mladog fizičara, njemačkog izbjeglicu, Otta Korneia da pomogne u radu u laboratoriju. Bilo je to u iznajmljenoj prostoriji na drugom katu iznad bara gdje je izumljena kserografija. Ovo je Carlsonov prikaz tog trenutka: „Otišao sam do laboratorija tog dana, a Otto je imao svježe pripremljenu prevlaku sumpora na cinčanoj pločici. Pokušali smo vidjeti što možemo učiniti kako bismo napravili vidljivu sliku. Otto je uzeo mikroskopsko stakalce i otisnuo na njega indijskom tintom notaciju „10-22-38 ASTORIA.“



*Slika 2 Prva otisnuta slika elektrofotografskim uređajem (izvor: Xerox, The Story of Xerography)*

*„Stvari ne padaju na pamet odmah, odjednom, sa neba. Moraš dobiti inspiraciju odnekud, a obično je dobiješ čitajući nešto drugo.“ – Chester Carlson*

Carlson je izvorno taj proces nazvao elektrofotografija. Temelji se na dva prirodna fenomena:

1. materijali suprotnog električnog naboja se privlače
2. neki materijali postaju bolji vodiči elektriciteta kada su izloženi svjetlu

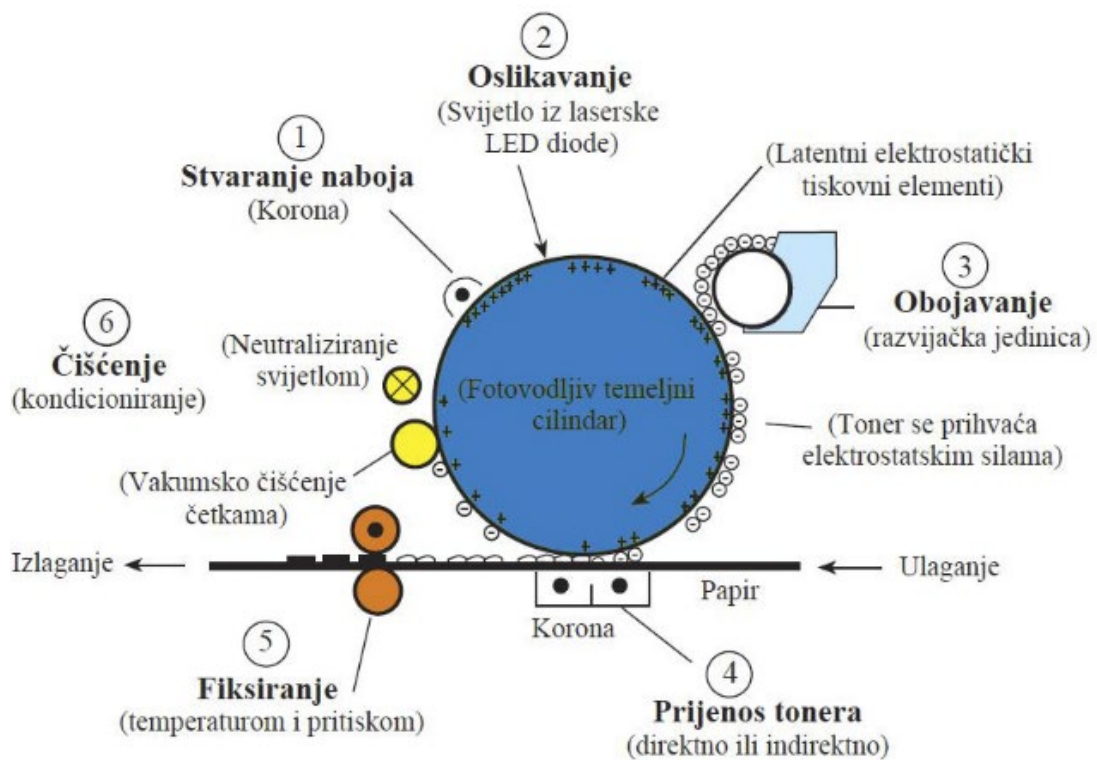
Kada je 1968. godine umro u dobi od 62 godine, Carlson je bio bogat i poštovan čovjek, a godišnji prihodi tvrtke Xerox približavali su se brojci od jedne milijarde američkih dolara dok je cijeli svijet izrađivao kopije pritiskom na gumb.

Vrhunski fotokopirni strojevi danas proizvode slike više od dvostruko veće veličine s više od 100 obojanih stranica u jednoj minuti. Kserografija je danas grana s prihodima od preko 100 milijardi dolara i godišnje zapošljava preko pola milijuna ljudi.

## 2.2. PRINCIP RADA ELEKTROFOTOGRAFSKIH STROJEVA

Elektrofotografija je najraširenija NIP tehnologija. Temelji se na izumu Charlesa Carlsona, koji ga je predao na patentiranje 1939. godine, a zatim dobio konačni patent 1942. godine.

Princip elektrografije prikazan je na slici 3. Proces elektrografskog tiska može se podijeliti u šest faza: proizvodnja naboja, osvjetljavanje, razvijanje, transfer tonera, fiksiranje i čišćenje. Ovih šest faza procesa detaljno je opisano u nastavku. Od velike važnosti za elektrografski proces je dizajn „nosača slike“ – fotokonduktora. On se može sastojati od bubnja ugrađenog na aluminijsku konstrukciju ili od savitljivog remena s prikladnim fotovodljivim slojem. [5]



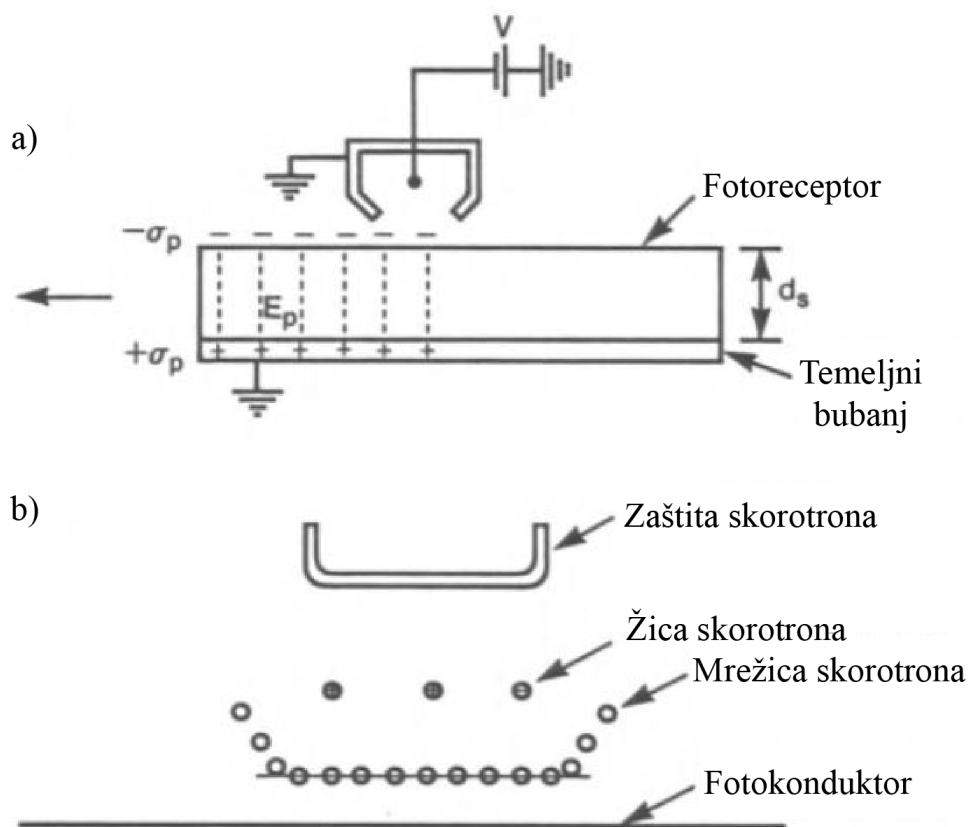
Slika 3 Princip rada elektrografskih strojeva (izvor: Majnarić, I. (2015.) Osnove digitalnog tiska, Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu)

### 2.3.1. Nabijanje fotoreceptora

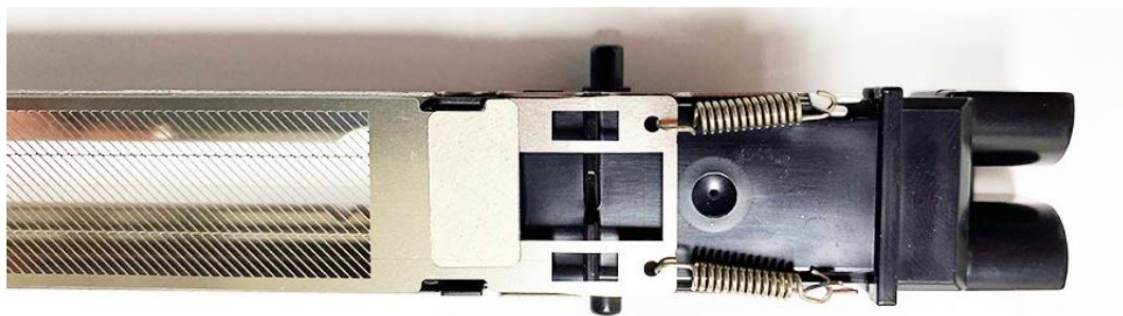
U prvoj fazi elektrofotografskog procesa dolazi do nabijanja fotoreceptora. Pražnjenjem korone koje je uzrokovano probojem zraka jednoliko nanaša negativni naboj na površinu fotoreceptora koji u nedostatku svjetlosti poprima obilježja izolatora. Naboj po jedinici površine kojim korona mora nabiti površinu fotoreceptora je određen potencijalom  $V$  potrebnim za razvijanje (otprilike 600 V) i debljinom fotoreceptora. Fotoreceptor je napravljen što je moguće tanji zbog troškova proizvodnje i transporta naboja, ali dovoljno debeo da se izbjegne proboj dielektrika. [5]

Uređaj koji se koristi za postavljanje naboja na fotoreceptor naziva se korotron (slika 4. a)). Ako se dovoljno visok napon primjeni između fine žice i obližnjeg uzemljenog oklopa, zrak u blizini žice postat će ioniziran. Ioni istog polariteta bit će privučeni djelovanjem električnog polja prema fotoreceptoru. Napon potreban za stvaranje ioniziranog zraka određen je s električnim poljem potrebnim za ubrzavanje elektrona do dovoljnih brzina za ionizaciju molekule zraka i udaljenosti od žice. Ovaj napon prvenstveno ovisi o promjeru žice. Tipično, žica promjera od 50  $\mu\text{m}$  udaljena 1 cm od fotoreceptora koja radi na potencijalu od 8000 V, dovoljna je za nabijanje fotoreceptora koji se kreće brzinom od 5 cm/s. [5]

Korona, kako se naziva pražnjenje, pojavljuje se kao plavo-bijeli omotač oko žice za pozitivan polaritet, a kod žice negativnog polariteta postoje svjetleće plavkaste točke raspoređene u pravilnim razmacima cijelom dužinom žice. Te su nejednakosti posljedica strujnih lavina uzrokovanih pozitivno ioniziranim oblakom dok se kreće prema žici. Oni predstavljaju značajan izvor neuniformnosti kod negativnog nabijanja. Još jedan važan izvor nejednolikog naboja za oba polariteta je kontaminacija žice zbog tonera i papirne prašine. Da bi se proizvelo ujednačenije nabijanje fotoreceptora, mrežica se dodaje između žice i fotoreceptora te se time proizvodi uređaj za nabijanje poznatiji kao skorotron (Slika 4. b)). Potencijal mrežice određuje približni maksimalni potencijal na koji se fotoreceptor može nabiti. Dok nabijanje koronom ostaje jedina komercijalna metoda nabijanja, korotron i skorotron glavni su izvori problema s pouzdanošću kod elektrofotografskih strojeva. Oni proizvode korozivne ione koji mogu oštetiti fotoreceptor, kao i samu žicu korone. Na ukupnu pouzdanost također utječe potreba za povremenim čišćenjem lomljive žice korone od tonera i papirne prašine. [4]



Slika 4 Sheme uređaja koji se koriste za nabijanje fotokonduktora; a) korotron; b) skorotron (izvor: Schein, L.B., *Electrophotography and Development Physics*, 2nd edition)



Slika 5 Skorotron Konica Minolte AccurioPress C3070 (izvor: Majnarić, I. (2022.), *Tečaj za operatere digitalnih strojeva*)

### Fotoreceptori

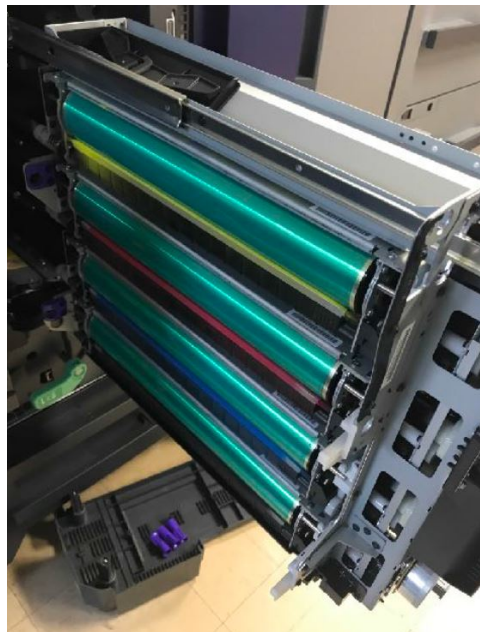
Fotoreceptor se obično naziva i bubanj. To je cilindar presvučen materijalom koji postaje vodljiv kada je izložen svjetlu. Područja koja nisu izložena svjetlu imaju visoku otpornost što im omogućuje da zadrže elektrostatički naboj potreban za proces otiskivanja. [3]

Tipični aparat za formiranje slike uključuje elektrofotografski fotoreceptor. Fotoreceptori su široko klasificirani na organske fotoreceptore (OPC) i anorganske fotoreceptore.

Organski fotoreceptori se u posljednje vrijeme često koriste jer ih je lako proizvesti po niskoj cijeni i imati fleksibilnost u odabiru materijala slojeva kao što su materijali sloja za transporta naboja, materijali sloja za generiranje naboja i vezivne smole.

Organski fotoreceptori se svrstavaju u jednoslojne fotoreceptore uključujući fotoosjetljivi sloj u kojem su materijal za prijenos naboja i materijal za stvaranje naboja raspršeni, a višeslojni fotoreceptori u kojima sloj za generiranje naboja uključujući spojnicu za generiranje naboja i sloj prijenosa naboja su postavljeni jedan na drugi prikazano na slici 6. Većina praktičnih višeslojnih fotoreceptora je negativno nabijena. Suprotno tome, svaki pozitivno nabijeni višeslojni fotoreceptor još nije ušao u praktičnu upotrebu.

Prvi fotoreceptori korišteni u elektrofotografskim fotokopirnim strojevima bili su amorfni filmovi selena debljine približno 60  $\mu\text{m}$ . [4]



*Slika 6 Fotoreceptori Konica Minolte AccurioPress C3070 (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva)*

Svojstva fotoreceptora su stroga. Oni moraju održavati visoku gustoću površinskog naboja i odgovarajući tome velika unutarnja polja. Moraju imati visoku kvantnu učinkovitost za pretvorbu svjetlosti u elektrone. Potrebna im je relativno visoka mobilnost za barem jednog nositelja naboja kako bi naboj mogao prijeći debljinu fotoreceptora u kratkom vremenu u usporedbi s vremenom cijelog elektrofotografskog procesa. Konačno, moraju biti izdržljivi, bezopasni i proizvedeni po niskoj cijeni. [4]



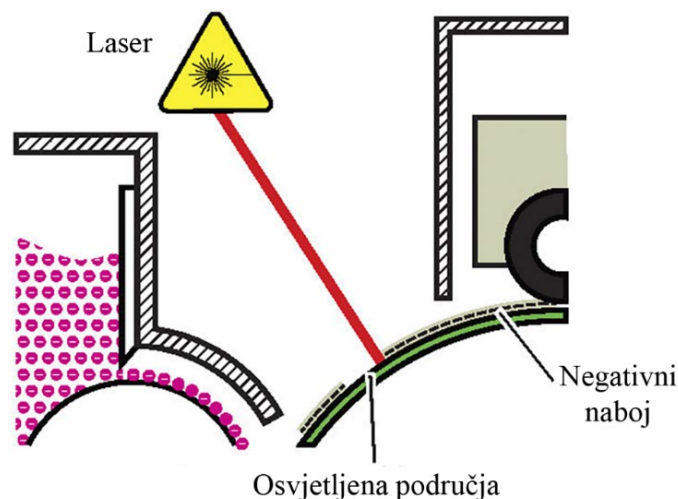
### 2.3.3. Osvjetljavanje fotoreceptora

Svjetlo reflektirano od slike (u fotokopirnom stroju) ili proizvedeno laserom (u pisaču) ispušta normalno izolirajući fotoreceptor stvarajući latentnu sliku – uzorak naboja na fotoreceptoru koji preslikava informaciju za ransformaciju slike (nastala latentna slika zrcalno je okrenuta u odnosu na original).

Oslikavanje je druga faza elektrofotografskog procesa i postiže se nabijanjem odgovarajućeg fotoreceptora i naknadnim osvjetljavanjem putem kontroliranog izvora svjetla. To može biti lasersko svjetlo ili svjetlo emitirano putem niza LED dioda. Položaj svjetlosnog impulsa na fotoreceptoru odgovara otisnutoj slici. [5]

Za fotokopirni uređaj, svjetlost lampe odbija se od dokumenta i oslikava na fotoreceptor. Za pisač, svjetlost lasera ili niza LED dioda pretvara digitalnu informaciju u latentnu sliku. Gustoća energije i valna duljina izvora svjetlosti mora odgovarati osjetljivosti fotoreceptora. [4]

Slika homogenog naboja na površini djelomično je ispražnjena izloženošću svjetlu, odnosno slika potrebna za ispisivanje mijenja se u skladu s mijenjanjem naboja na fotoreceptoru. Za izravno oslikavanje fotokopirnim strojem koristi se halogeni izvor svjetla za osvjetljavanje originala. Bijeli dijelovi bez slika originala reflektiraju svjetlost – osvjetljavaju fotoreceptor te se naboj u skladu s tim mijenja. Za digitalno osvjetljavanje obično se provode ekspozicije u području valnih duljina od oko 700 nm. [15][5]



Slika 7 Druga faza elektrofotografskog procesa – osvjetljavanje (izvor: Collins, W., Hass, A., Jeffery, K., Martin, A., Medeiros, R., Tomljanovic, S. (2015.), *Graphic Design and Print Production Fundamentals*)

#### 2.3.4. Razvijanje

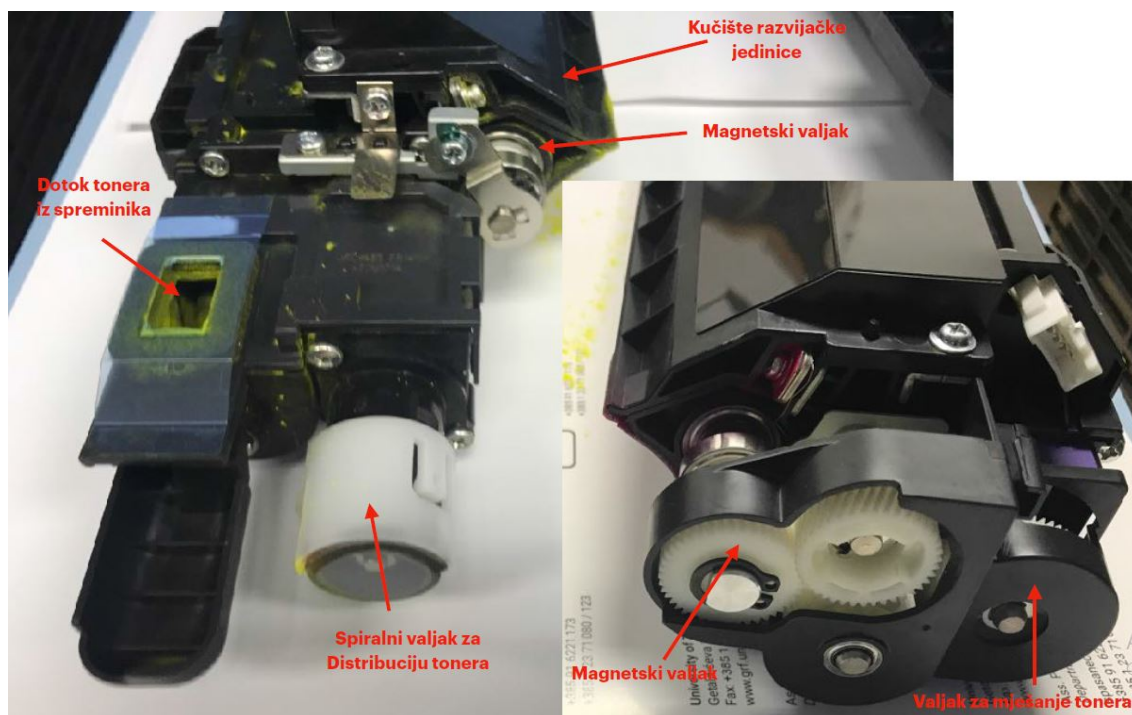
Elektrostatičke i pigmentirane polimerne čestice zvane pigmenti ( $d \approx 10 \mu\text{m}$ ) dovode se u blizinu osvijetljenog fotoreceptora – latentne slike. Zahvaljujući električnom polju koje stvara naboj na fotoreceptoru toner prijanja na latentnu sliku pretvarajući je u stvarnu sliku. [4] Za elektrofotografiju se koriste specijalni toneri. Oni mogu biti praškasti i tekući koji se razlikuju po sastavu. Glavni element koji određuje ispisanu sliku je kolorant koji je sadržan u tonerima u obliku pigmenata ili bojila. [5]

Svi sustavi razvijanja u elektrofotografiji imaju zajedničku činjenicu da se taloženje nabijenog tonera na fotoreceptor kontrolira varijacijom u električnom polju. Jedan važan primjer razvijачkog sustava je razvijачki sustav s magnetskom četkom koji se danas koristi u gotovo svim kopirnim strojevima i pisačima koji rade iznad 30 kopija u minuti. U ovom sustavu, toner se elektrostatički nabije miješanjem s drugim prahom – nositeljem tonera. Nositelj tonera je magnetska, mekana kugla presvučena prikladnim polimerom. Na temelju magnetskih svojstava čestica nositelja tonera, oni se prenose silama trenja oko valjka koji unutar sebe ima ugrađene statičke magnete. U razvijачkoj zoni, odnosno razmaku između fotoreceptora i magnetnog valjka, radijalno magnetsko polje uzrokuje da zrna nositelja tonera tvore lanac. Na kraju lanca toner dolazi u kontakt s fotokonduktorom i „razvija se“, to jest, prelazi s nositelja tonera na fotoreceptor., ako su uvjeti ispravni. Kako bi se poboljšalo razvijanje tonera, može se koristiti više valjaka. [4]

Razvijanje se odvija pomoću sustava koji beskontaktno prenosi fine čestice tonera (oko  $8 \mu\text{m}$ ) na fotokonduktor putem razlike električnih potencijala – električnog polja. Nabijanje tonera konfigurirano je na takav način da nabijena područja fotoreceptora prihvaćaju čestice tonera. Nakon razvijanja latentna slika na fotokonduktoru postaje vidljiva zbog primljenog tonera. [5]



Slika 8 Razvijačka jedinica Konica Minolte AccurioPress C3070 (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva)



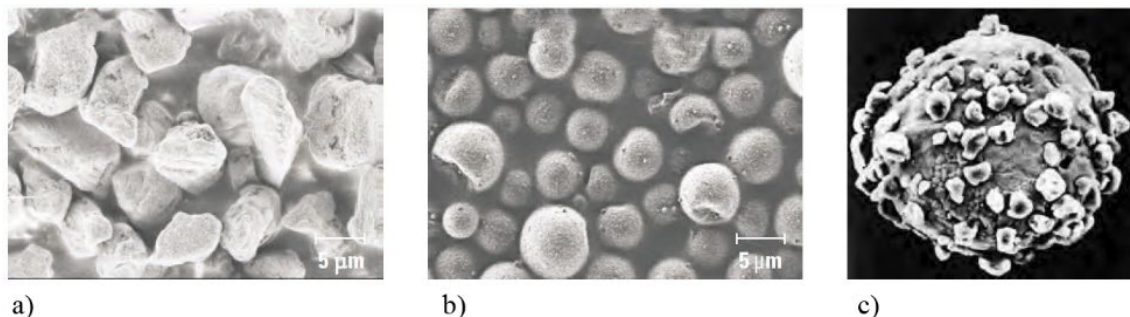
Slika 9 Dijelovi razvijačke jedinice Konica Minolte AccurioPress C3070 (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva)

## *Toneri*

Načelno, NIP tehnologije zahtjevaju posebne, prikladne tonere. Kod NIP tehnologija latentna slika stvara se na nositelju slike (to nije slučaj kod inkjet tehnologije). Slika se može proizvesti kao posljedica električnog naboja ili posljedica magnetskog polja. Kako bi se boja prenijela na nositelj slike ona mora imati odgovarajuća fizikalna i kemijska svojstva. Kod elektrofotografije, gdje već postoje električna polja, toneru mora biti prilagođen odgovarajući polaritet kako bi se osigurao prijenos tonera iz razvijačke jedinice na površinu fotoreceptora. Ako je slika na fotoreceptoru nabijena pozitivnim ionima tada toner mora biti negativno nabijen kako bi ga površina fotoreceptora mogla prihvatiti. [5]

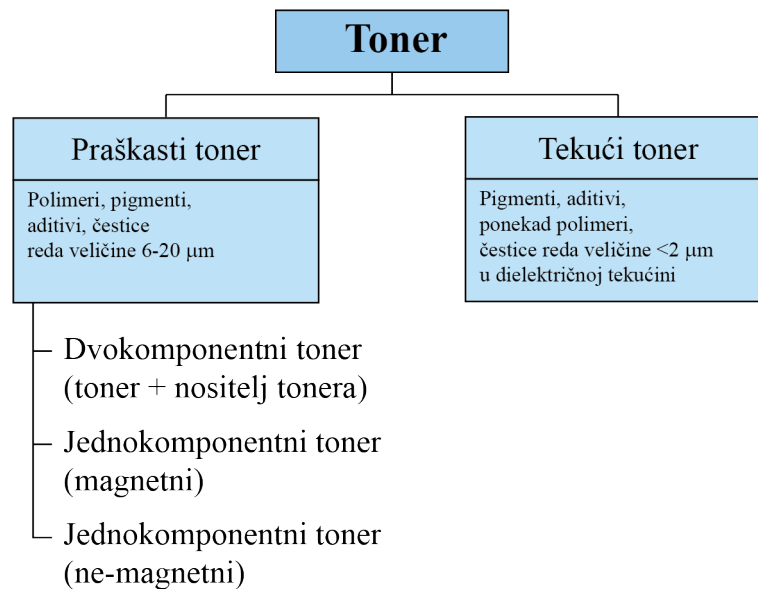
Toneri se koriste u elektrofotografiji, magnetografiji i ionografiji. Razlikujemo dvije vrste tonera: praškaste tonere (suhi) i tekuće tonere. Slika 11. ukratko prikazuje sistematiku tonera. Toneri u prahu dostupni su kao jednokomponentni i kao dvokomponentni toneri. Kod NIP tehnologija češće susrećemo dvokomponentne od jednokomponentnih tonera. U dvokomponentnim sustavima tonera, čestice tonera za nanošenje boje na nositelja slike (koloranti) na njega se dovode putem nositelja tonera. Čestice nositelja tonera (promjera oko 80  $\mu\text{m}$ ) prenose, znatno manje, čestice tonera (promjera oko 8  $\mu\text{m}$ ) i predaju ga, u procesu razvijanja, na fotoreceptor. Dok se čestice boje tonera troše u ispisu, čestice nositelja tonera recikliraju se u razvijačkoj jedinici. [8]

Jednokomponentni toneri mogu se podijeliti u dvije kategorije: magnetski i nemagnetski toneri. Magnetski toneri su veoma uobičajeni za ispis jedne, tamnije boje. Nemagnetski jednokomponentni toneri uglavnom se koriste u sustavima koji rade pri niskim operativnim brzinama. [5]



*Slika 10 Praškasti toneri; a) mehanički proizveden toner; b) kemijski proizveden toner; c) dvokomponentni toner (izvor: Kipphan, H. (2001.), Handbook of Print Media, Heidelberg)*

Tekući toneri sadrže tekućinu kao prijenosno sredstvo čestica pigmentata ili čestica tonera. Prijenosna tekućina većim dijelom mora biti uklonjena prije transfera tonera sa fotoreceptora na tiskovnu podlogu. Općenito, prijenosna se tekućina nakon ispisa vraća nazad u razvijачku jedinicu.



Slika 11 Toneri NIP tehnologija (izvor: Kipphan, H. (2001.), Handbook of Print Media, Heidelberg)

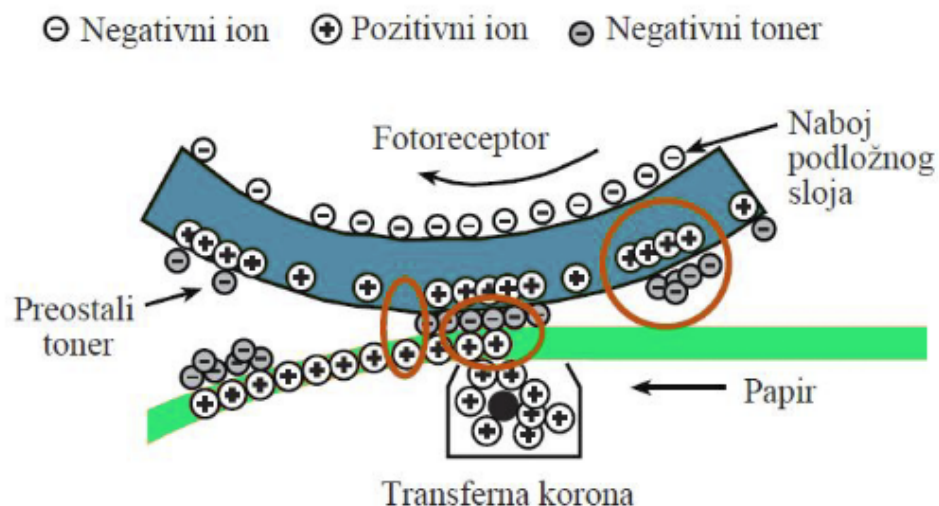
Slika 10. daje dva primjera praškasti tonera. Slika 10. a) prikazuje neravnomjernu strukturu čestica tonera nakon što su proizvedeni mehanički – procesima topljenja i mljevenja. Za proizvodnju tonera iz originalne granule potrebno je nekoliko faza taljenja, mljevenja i klasificiranja. Slika 10. b) prikazuje primjer sferne čestice tonera koje se proizvode disperzijom direktne kemijske sinteze. Slika 10. c) prikazuje položaj čestica tonera – pigmentata na nositelju tonera u dvokomponentnom toneru.

Korištenje praškastih tonera automatski implicira uključivanje procesa sušenja boje jer se slika mora fiksirati (fuzirati) topljenjem čestica tonera na tiskovnu podlogu. U svrhu fiksiranje tonera, tiskovna podloga se nakon ispisa podliježe visokoj temperaturi, a često i pritisku. Ako se koriste tekući toneri, proces sušenja leži u isparavanju ili uklanjanju prijenosne tekućine tonera, fiksiranje fiksiranjem slike na tiskovnu podlogu, primjenom pritiska i učvršćivanjem čestica tonera na tiskovnu podlogu.

### 2.3.5. Transfer tonera

Transfer tonera na tiskovnu podlogu je četvrta faza elektrofotografskog procesa. Toner se na tiskovnu podlogu može prenijeti direktno s fotoreceptora ili indirektno putem posredničkog sustava (bubnja ili remena). Kao što prikazuje slika 3., prijenos se uglavnom događa izravno, fotokonduktor-tiskovna podloga. [5]

List papira odnosno tiskovne podloge prolazi između fotokonduktora i korone na koji je doveden visok pozitivan naboj što je prikazano na slici 12. Negativno nabijeni toner razvijene latentne slike na fotokonduktoru privlači pozitivan prijenosni valjak i lijepi se za podlogu između. Naboj primjenjen na stražnju stranu tiskovne podloge uzrokuje prijanjanje tiskovne podloge na fotokonduktor. Visoki negativni napon primjenjuje se na ploču za pražnjenje odmah nakon valjaka za prijenos naboja kako bi se pomoglo u odvajanju tiskovne podloge od fotokonduktora. Zakrivljenost fotokonduktora, zajedno s njegovom težinom i krutošću također pomaže u odvajanju. [6]



Slika 12 Transfer tonera (izvor: Majnarić, I. (2015.) Osnove digitalnog tiska, Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu)

Kvalitetan opis procesa transfera tonera dali su Andrus i Hudson [19]: naboj na stražnjoj strani papira uzrokuje dva učinka. Prvo, on stvara privlačnu silu papira prema površini fotokonduktora, dovodeći papir u neposredni kontakt s česticama tonera. Drugo, naboj stvara silu koja privlači toner prema papiru. [7] Obično se tijekom procesa prijenosa tonera promatra određena klasifikacija veličine čestica tonera, prosječna veličina čestice prenesenog tonera malo je veća od prosječne veličine čestica razvijenog tonera.

Pretpostavlja se da je to zbog veće sile prijanjanja tonera manjeg promjera na fotoreceptor.  
[4]

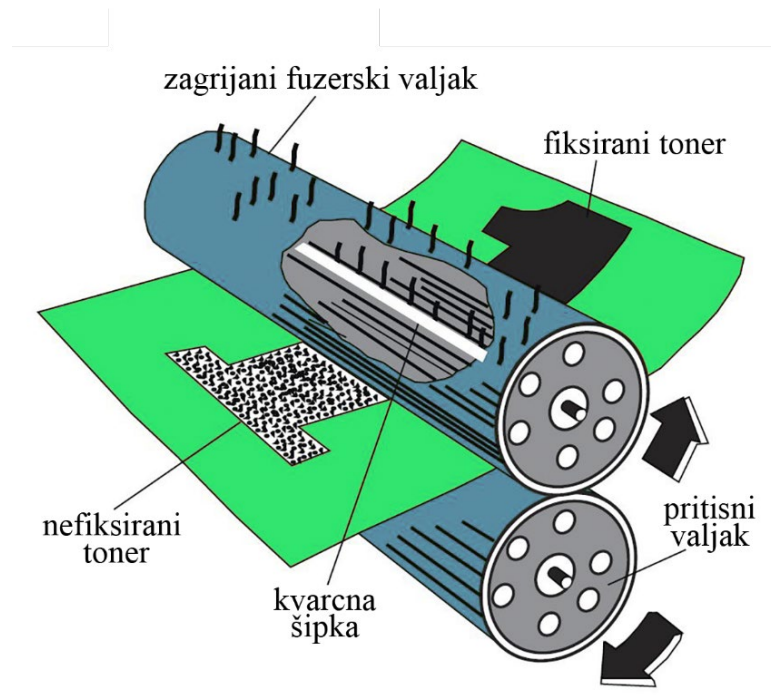
### *2.3.6. Fiksiranje tonera*

Fiksiranje tonera naziva se još i fuziranje i ono je peta faza elektrofotografskog procesa. Stvarna slika trajno se fiksira na papir prodiranjem čestica tonera u strukturu papira. Fiksiranje se odvija pod utjecajem temperature – zagrijavanjem se čestice tonera tale te ulaze u tiskovnu podlogu. Različite metode fuziranja obično zahtjevaju upotrebu topline omekšavanje i taljenje tonera u papirna vlakna. [4] Tijekom procesa fiksiranja praškastog tonera, on mora promijeniti svoje agregatno stanje iz krutog u tekuće kako bi mogao prodrijeti, odnosno penetrirati u tiskovnu podlogu. Najčešće, materijali koji imaju ove karakteristike temelje se na termoplastičnim smolama. One mogu biti fiksirane korištenjem kontaktnih metoda kao što su suhi vrući valjak i hladni pritisak. Beskontaktna metode uključuju zračenje topline, kemijske pare i fleš-lampe. Kod elektrofotografije, fuziranje se odvija vrućim valjcima, gdje tonirana tiskovna podloga prolazi između para rotirajućih valjaka, od kojih je barem jedan grijan. Toplina tali toner, a pritisak valjka gura ga u tiskovnu podlogu. Iako je ova tehnika jednostavna, potrebno je paziti da se toner ne zalijepi na valjak što bi rezultiralo duhovima na slici idućeg ispisanog papira. Problem se može riješiti korištenjem posebnog fuzerskog ulja na valjcima ili birajući materijal valjaka koji ima željena svojstva odvajanja papira. Kod nekih fuzerskih jedinica možemo naći dodatni uređaj za odvajanje papira. [4]

U elektrofotografiji, fuziranje tonera na tiskovnu podlogu grijanim valjcima jedan je od najčešćih oblika fiksiranja tonera. Kod ove tehnike fuziranja primjenjena je tehnika prešanja tiskovne podloge slijed djelovanja visoke temperature, kod koje tiskovna podloga prolazi kroz par (set) valjaka – gornjeg, grijačeg valjka i donjeg, pritisnog valjka. Valjak koji je u neposrednom dodiru s tonerom zagrijan je na temperaturu od oko 150°C do 220°C. Pritom će se u trenutku prolaza papira kroz valjke dogoditi prijelaz energije s

valjka na papir, odnosno toner. Istovremeno, pritisni valjak mehanički pritišće papir silom od 5 do 20 bara. Čestice tonera tada se tale i penetriraju do celuloznih vlakana. [8]

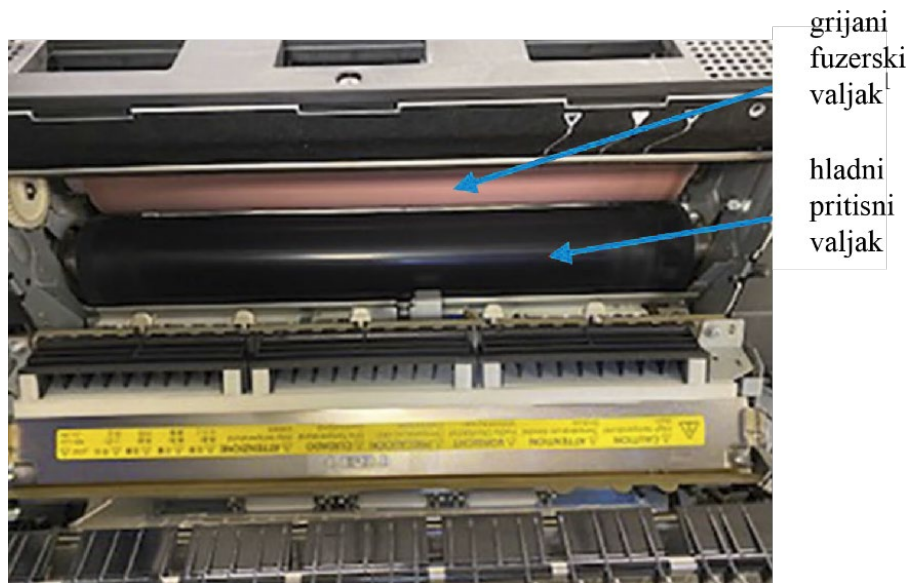
Pojava vlage sastavni je dio svake tiskovne podloge pa tako i one najčešće – papira. Ona se prolaskom kroz fuzersku jedinicu, odnosno zagrijavanjem gubi, stoga dolazi do pojave skupljanja papira prilikom izlaska papira iz fuzerske jedinice.



Slika 13 Peta faza elektrofotografskog procesa – fiksiranje tonera (fuziranje) (izvor: Majnarić, I. (2015.) Osnove digitalnog tiska, Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu)

Ovisno o formiranoj dodirnoj zoni između grijanog fuzerskog valjka i hladnog pritisnog valjka, razlikujemo tri oblika valjkastih fuzerskih jedinica – fuziranje s formiranom NIP zonom; fuziranje tvrdim fuzerskim i mekim pritisnim valjkom; fuziranje mekim fuzerskim i tvrdim pritisnim valjkom. [8]





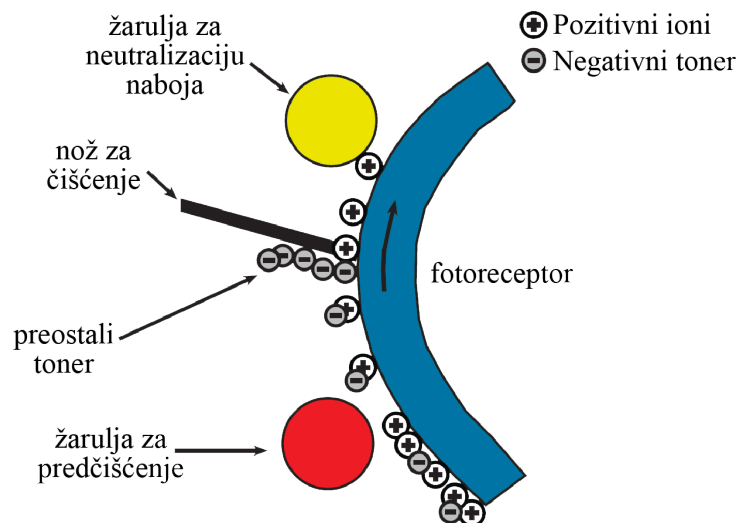
Slika 14 Fuzerska jedinica Konica Minolta AccurioPress C3070 (izvor: Majnarić, I. (2022.), *Tečaj za operatere digitalnih strojeva*)

### 2.3.7. Čišćenje fotoreceptora

U zadnjoj fazi elektrofotografskog procesa – čišćenju, fotokonduktor se očisti od naboja i viška tonera pomoću korone, lampe, četke ili noža. Sav nepreneseni toner i sav višak naboja moraju se ukoniti sa fotoreceptora prije nego što proces ponovno započne. Općenito se koristi nekoliko različitih podsustava: svjetlo za pražnjenje fotokonduktora (smanjenje elektrostatične adhezije tonera), korone s izmjeničnom strujom kako bi se anulirao naboj tonera – doveo u neutralno stanje i konačno s nožem koji mehanički skida višak tonera. Potreban je i sustav za čišćenje čistača. Za čistač s četkom to obično uključuje vakuumski sustav i filtere. Kao što se događa u fazi prijenosa tonera, fizika čišćenja vezana je s adhezijom tonera prema fotoreceptoru i sile na toner uzrokovane čišćenjem. [4]

Netransferirani toner za fotoreceptor se drži slabim elektrostatskim silama. Višak tonera puno će se lakše skinuti ako to polje smanjimo ili u cjelosti uklonimo. Za smanjenje naboja vrlo dobro rezultiraju svjetlosni izvori ili istosmjerno nabijanje korone. Kod primjene svjetlosnih izvora emitirana će svjetlost neutralizirati sav naboj na fotoreceptoru što, u konačnici, odgovara fazi osvjetljavanja. Svjetlosni izvori koji se najčešće koriste u ovom podsustavu su volframove žarulje, fluorescentne žarulje, neonske žarulje, LED žarulje i elektroluminiscentne trake. [8]

Najjednostavnija metoda čišćenja fotoreceptora od ostatka netransferiranog tonera je ugrađenim nožem. [10] Kod mnogih aplikacija ova je metoda idealna. Jednostavna je, jeftina i vrlo kompaktna. Ako je upotreba noža učestala, nož i fotoreceptor moraju se mijenjati češće. [4] Nož korišten u ovom podsustavu mora biti fleksibilan te se za njegovu izradu koriste materijali koji su se pokazali idealni, a to su guma i sintetički materijali. Nož mora biti pozicioniran pod određenim kutom kako nebi oštetio površinu fotoreceptora. U slučaju korištenja noža moraju se uskladiti tri parametra: učinkovito skidanje tonera, izdržljivost noža i izdržljivost fotoreceptora. Kako bi se smanjila oštećenja u dodirnoj zoni, česticama tonera dodaju se maziva. No, taj problem može se riješiti aktiviranjem noža samo tijekom procesa tiska. Kontakt se ne ostvaruje u nereproduktivnom stanju. Time se produljuje vijek fotoreceptora. [8]

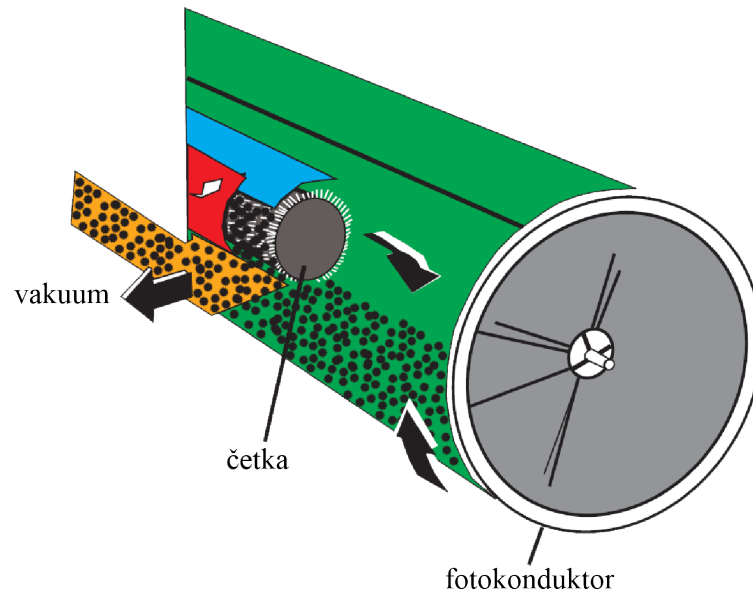


Slika 15 Sustav čišćenja fotoreceptora (izvor: Majnarić, I. (2015.) Osnove digitalnog tiska, Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu)

Dodatni podsustav pri čišćenju fotoreceptora može biti četkasti valjak (Slika 1). Četka rotira u smjeru suprotnom fotokonduktoru. Unutar samog valjka četke ugrađen je vakumski sustav koji odvodi toner te čisti površinu četke. Vakuum pomaže prijenosu tonera nazad u razvijačku jedinicu ili posudu za odlaganje tonera. Kako dlačice s vremenom otpadaju, kroz određeni vremenski period je potrebno mijenjati kompletni valjak. [8]

Nakon što se višak tonera ukloni s fotoreceptora potrebno ga je negdje odložiti. Tako će se višak tonera prenijeti do mehanizma za čišćenje koji će ga vratiti u spremnik ili

prenijeti u sabirni prostor. Tijekom operativnog vremena elektrofotografskog stroja toner će kroz određeni period kontaminirati različitim materijalima (najčešće papirnom prašinom), što može utjecati na kvalitetu razvijачke jedinice.



*Slika 16 Princip čišćenja četkastim valjkom (izvor: Majnarić, I. (2015.) Osnove digitalnog tiska, Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu)*

Nakon mehaničkog čišćenja fotoreceptora potrebno je eliminirati postojeće naboje. Po završetku eliminacije naboja fotoreceptor će biti spreman za novi ciklus ispisivanja. U mnogim elektrofotografskim sustavima predčišćenje se provodi djelovanjem svjetla ili napona koje će neutralizirati naboj fotoreceptora. Međutim, kod nekih sustava proces eliminacije naboja s fotoreceptora ponekad se naziva i prednabijanje ili kondicioniranje te se odvija nakon mehaničkog uklanjanja viška tonera. Pritom će se stvoriti i dodatni elektrostatski naboj. Da bi se taj dodatni naboj eliminirao, ugrađuje se dodatni sustav za predčišćenje – volframove žarulje, fluorescentne žarulje, neonske žarulje, LED žarulje ili elektroluminiscentne trake, korona i korotroni. Korotroni za neutralizaciju naboja s fotoreceptora napajaju se istosmjernom strujom koja stvara naboj suprotnog polariteta od naboja fotoreceptora. [8]

## 2.7. Određivanje kvalitete reprodukcije

Proces standard digital (PSD) je razvila Fogra. To je opis industrijski orijentiranog i standardiziranog postupka za izradu proizvoda za digitalni tisak. Korištenjem PSD certifikata pružatelji usluga mogu pokazati svoj pristup kvaliteti i svoje cjelokupno razumijevanje izlaznih procesa. Uspješna implementacija PSD-a osigurava pisače s prednostima poboljšane cijene, kvalitete i vremenskih performansi, s boljom održivošću i smanjenjem otpada. [PSD] U svjetlu standardizacije koju uglavnom pokreću Njemačka federacija tiskarske i medijske industrije (bvdm) i Fogra utvrđene su ciljne vrijednosti i pridružena dopuštena odstupanja za probne otiske. Zbog nedostatka naširoko korištenih i cjenovno pristupačnih uređaja za mjerenje boja denzitometrijskih kriterija, kao što je gustoća čvrste boje, povećanje vrijednosti tona (dot gain). Kao korisna denzitometrijska procjena dokazano služi za kontrolu procesa, pokazuje značajne nedostatke u podudaranju boja između dva ispisa koji nisu sastavljeni od istih materijala (papir, boja). Zbog tog razloga, vizualno podudaranje između digitalnog otiska i OK-lista ili proizvodne serije ponekad nisu bili savršeni. [9]

Odabirom kolornih polja suočavamo se s dva glavna izazova. Prvo, samo uzeti u obzir sve CMYK nijanse koje su navedene u odgovarajućem ISO standardu (ISO 12642-2). Ovo osigurava kako sva mjerenja klina Media Wedge V3.0 mogu biti izvučena iz utvrđenog IT8 7/4 standarda boja iz Američkog nacionalnog instituta za standarde (ANSI). To, na primjer, nije uvijek slučaj s usporedivim klinovima drugih dobavljača osim Fogre. Drugo, ovo je kompatibilnost s prethodnim verzijama V2 i V2.2. Kod smanjivanja broja polja uvijek je potrebno pronaći kompromis između razumne veličine polja i kolorimetrijskog značaja i značaja vezanog uz proces tiskanja. Mali broj polja jamči male dimenzije, brza mjerenja i procjene. Što je manji broj polja, veća je vjerojatnost gubitka važnih područja gamuta boja ili važnih varijabli procesa za procjenu tiska. Trenutna verzija Media Wedge klina napravljena je da odgovara objema zahtjevima. Pokrivene su glavne procesne varijable (primarne i sekundarne boje), kao i dodatna

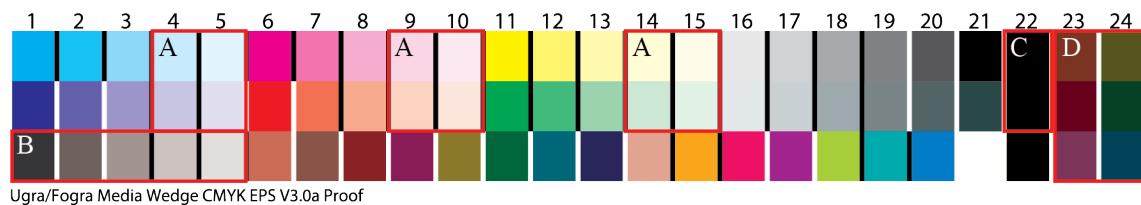
područja boja (tonovi kože, memorijske boje). Ovi kriteriji također su pronašli svoj put do ISO 12647-7 i ISO 12647-8 standarda, sada navodeći zahtjeve za kontrolni klin prema ovim standardima. U usporedbi s prethodnom verzijom V2 i V2.2, nova dodana polja označena su na slici 17. [13]

A) Polja u istaknutom području (10% i 20% rastertonske vrijednosti) (stupci 4, 5, 9, 10, 14 i 15)

B) Drugi niz sivih polja (polja od C1 do C5)

C) Kromatske boje s pretiskom (overprintom) crne boje (stupac 22)

D) Polja u području sjene (stupci 23 i 24)

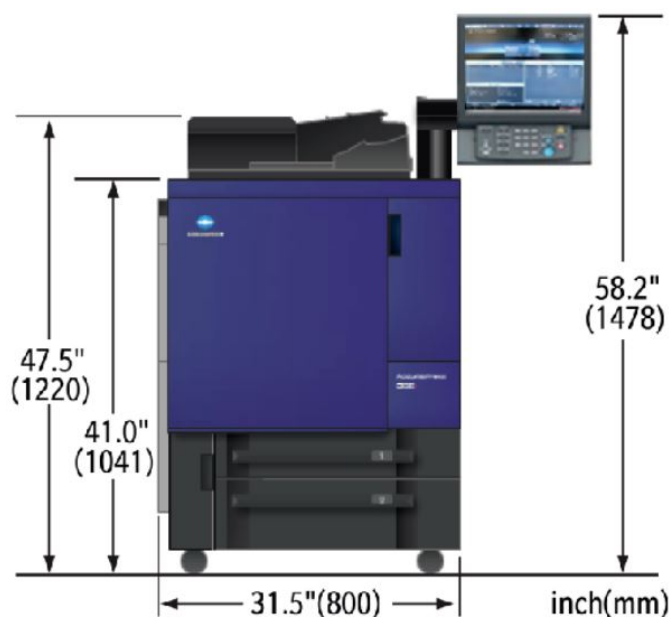


Slika 17 Dodana polja nove verzije Media Wedge V3.0 klina (izvor: Fogra)

## **2.8. Konfiguracije stroja Konica Minolta AccurioPress C3070**

Konica Minolta AccurioPress C3070 elektrofotografski je stroj konzolnog tipa. Kao upravljačku jedinicu posjeduje ekran upravljani dodirno i tipkovnicom. Princip rada ovog stroja temelji se na elektrofotografskom procesu s četiri ROS lasera i četiri fotoreceptorska valjka složena u tandem. Nabijanje fotoreceptora vrši se skorotromom – fotoreceptor se nabija ionima negativnog polariteta. Rezolucija ispisivanja ovog stroja može biti maksimalnih 1200x1200x8 bit rezolucija, odnosno 3600x1200 linija po inču, dok rezolucija skeniranja pada na 600x600 linija po inču.

Konica Minolta AccurioPress C3070 kao i većina tiskarskih strojeva koristi konfiguraciju sa primarnim bojama – CMYK. Metoda razvijanja CMYK tonera jest dvokomponentni sistem nanašanja s povratnim magnetskim valjkom. Transfer tonera odvija se u tri faze: prvi prijenos izvršen metodom prednapajanja s transfernim valjkom, drugi prijenos izvršen metodom prednapajanja s transfernim valjkom, čišćenje prijenosnog remena metodom poliranja i uklanjanja ostatka netransferiranog tonera gumenim nožem. Papir se potom odvaja sa fotoreceptora uz pomoć sustava korone s češljastim elektrodama i tri zaporna mehanizma s malim dodirnim kutom. Fuziranje se odvija zagrijavanjem halogenom lampom. Fuzerskoj jedinici do operativnog rada, odnosno zagrijavanja potrebno je otprilike 390 sekundi. [14]



Slika 18 Osnovna tiskarska jedinica KM AccurioPress C3070 (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva)

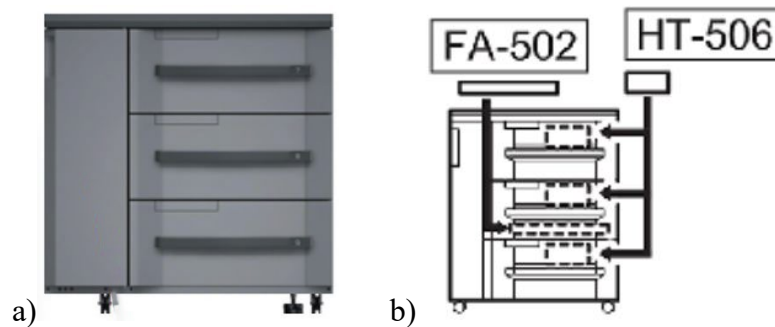
#### *Dualni ulagač dokumenata u skener*

Konica Minolta AccurioPress C3070 posjeduje dualni ulagač dokumenata u skener naziva DF-706. On je kompatibilan i sa modelima AccurioPress C3080 te AccurioPrint C3070L. Kapacitet ladice dualnog ulagača iznosi 300 araka. Podnosi 35 – 210 g/m<sup>2</sup> gramaturu originala simplex i 50 – 210 g/m<sup>2</sup> duplexa. Minimalna dimenzija papira ili kartona koju zaprima ova jedinica je 100 x 140 mm, a maksimalna 297 x 431,8 mm. Dimenzije dualnog ulagača u skener su 24,31" x 22,63" x 7,06" (ŠxDxV). [14]

#### *Jedinica za ulaganje papira*

Osnovna jedinica za ulaganje papira naziva se PF-707m te je građena od tri dijela: gornje srednje i donje ladice. Gornja i srednja ladica kapaciteta su 1390 araka gramature 62 – 350 g/m<sup>2</sup>. Minimalna dimenzija je 100 x 148 mm, a maksimalna 330 x 487 mm. Dopušteni tipovi papira su obični bezdrvni, premazani, u boji i za umjetnički tisak. Donja ladica nešto je većeg kapaciteta koji iznosi 1850 araka gramature 62 – 350 g/m<sup>2</sup>. Dimenzije papira koje prima su identične gornjoj i srednjoj ladici te iznose 100 x 148 mm minimalne dimenzije te 330 x 487 mm maksimalne dimenzije. Donja ladica, uz tipove papira koje zaprema gornja ladica, prima kuverte i reljefni papir.

Postoje dvije moguće nadogradnje jedinice za ulaganje papira. Ugraditi se može: jedinica za kondicioniranje papira – HT 506 i jedinica za poravnavanje araka papira – FA 502 prikazane na slici 19. b). [14]



Slika 19 a) Jedinica za ulaganje papira; b) moguće nadogradnje (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva)

#### Doradna jedinica za klamanja

Doradna jedinica FS-532 snosi funkciju klamanja papira. Proizvod se nakon klamanja izlaže na glavnu izlagaću ladicu. Minimalne dimenzije klamanja papira su 148 x 203 mm, dok su maksimalne dimenzije koje će ova jedinica klamati 324 x 483 mm. Gramature papira također imaju utjecaja na klamanje pa će tako ova jedinica klamati papire gramature do 244 g/m<sup>2</sup>. Klamanje papira može se provesti na više načina: jedna pozicija paralelni klamer u kutu, dvije pozicije paralelno u centru, jedna pozicija pod kutem od 45° (klamer u gornjem kutu) (Slika 21.). Kapacitet klamanja jedinice je 5 x 5000 klamanja. [14]



Slika 20 a) Doradna jedinica za klamanje – FS-532; b) mogućnosti nadogradnje jedinice (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva)



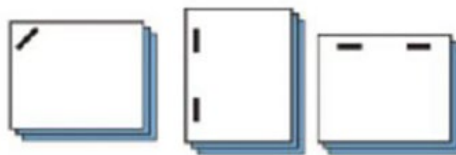
Na slici 20. b) vidimo mogućnosti nadogradnje jedinice za klamanje, a one su: jedinica za ubacivanje priloga – PI-502, konekcija za spajanje PI-502 – MK-732, jedinica za bušenje araka papira – PK-522 i jedinica za broširani uvez (klamanje kroz sredinu) – SD-510.

Jedinica za bušenje araka papira PK-522 ima mogućnost bušenja dvije i tri rupe na sredini lijeve margine papira. Ona bušenjem čini rupu promjera 6,5 mm. Razmaci između rupa iznose 80 mm s podešavanjem +/- 5 mm i točnošću rezanja 0,2 mm. Dozvoljena gramatura papira kod ove aplikacije je 62 – 300 g/m<sup>2</sup>.

Jedinica za ubacivanje priloga PI-502 snosi funkciju ulaganja priloga minimalnih dimenzija 182 x 148 mm te maksimalnih dimenzija 330 x 297 mm pomoću dvije ulagaće ladice. Jedinica za broširani uvez SD-510 ima funkciju savijanja po sredini, klamanja po sredini i izlaganja na izlagaću ladicu. Minimalne dimenzije papira za ovu doradnu jedinicu su 120 x 240 mm, a maksimalne 330 x 487 mm. Broj maksimalnih klamanih stranica određuje gramatura papira (Tablica 1). [14]

Tablica 1 Broj klamanih stranica jedinice za broširani uvez SD-510 (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva)

Gramatura (g/m <sup>2</sup> )	Broj klamanih stranica
50 – 61	25
62 – 80	20
81 – 91	16
92 – 216	5



Slika 21 Pozicije klamanja doradne jedinice FS-532 (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva)

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

#### **3.1. Opis eksperimenta**

Da bi se u digitalnom tisku odredili visokokvalitetni otisci potrebno ih je kolorimetrijski mjeriti. Prema PSD standardu zbog različitih tipova tonera i velikog broja tiskovnih podloga kvaliteta digitalnih otiska podjeljena je u tri skupine: kvaliteta A (sr.  $\Delta E < 2.5$ ), kvaliteta B (sr.  $\Delta E < 4.5$ ), kvaliteta C (sr.  $\Delta E < 5.5$ ). Da bi se to odredila kvalitetna klasifikacija se spektrometrijskom i kolorimetrijskom metodom (*Techkon Spectrodens-Advanced*) pomoću izvršena mjerenja FOGRA Media Wedge V3.0 klina te usporedbe s referentnim vrijednostima FOGRA 51 i reproduciranih otiska na stroju Konica Minolta AccurioPress C3070. Za dodatnu provjeru biti će izmjeren i realni referentni otisak proizveden na stroju Xerox Versant 80. U eksperimentu se za usporedbu primjenila CIE Lab formula  $\Delta E_{00}$ . Za detaljnu analizu polja na klinu primjenit će se ručni mikroskop Dynolite čije će se uvećane slike vizualno uspoređivati utvrditi. Na taj način moći će se odrediti direktni utjecaj faze rastriranja (različite linijature i različiti oblici rastera) na kvalitetu otiskivanja.

Eksperimentalni dio započeo je izradom digitalne tiskovne forme u kompjuterskom programu Adobe Illustrator. Tiskovna forma sadržavala je elemente koji su bili podvrgnuti eksperimentalnom mjerenju. Media Wedge V3.0 klin je 72 polja boja kojima se spektrofotometrijskom metodom mjere rezultati te uspoređuju sa referentnom tiskovnom formom isprintanom na probnom otisku Xerox stroja te digitalnom, FOGRA 51 formom. Tiskovna forma se iz Adobe Illustratora generirala u PDF dokument za tisak koji se potom učitao u Accurio PrintManager. RIP (*raster image processor*) korišten u svrhu stvaranja rasterske slike, odnosno bitmape, je Accurio Hikari. Nakon učitavanja tiskovne forme u Accurio PrintManager ona je puštena u print. Isprintana su 20 araka na premazanom papiru za umjetnički tisak *WFC Silk* proizvođača UPM. Za potrebe printanja korišten je Simitri toner koji je standardni toner stroja. Referentni uvjet ispisa diktira boje kontrolnog elementa koji treba provjeriti točnost probnog otiska. Praktički, svi tiskarski standardi koji se koriste širom svijeta temelje se na CMYK-u. U tom svjetlu, kontrolna traka izbora bila je popularna Fogra MediaWedge V3.0 kao što je prikazano na slici 22. Također, dostupna je s većim veličinama polja koji su obično potrebni za procese ispisa na grubim podlogama. [9]



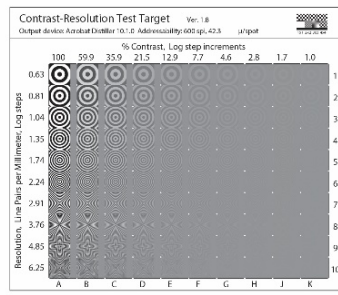
GCR/UCR  
source: roman16

memory colours  
g:350001, a:420001, l:400001 / CC:License (BY 2.0), <http://commons.wikimedia.org/licenses/by/2.0/> / Quelle: [www.pips.de](http://www.pips.de)

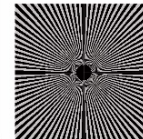


cleverprinting

brown shades, metal  
source: Cleverprinting Testform 2007  
(C) by Jens Kolmorgen / Cleverprinting.de



contrast



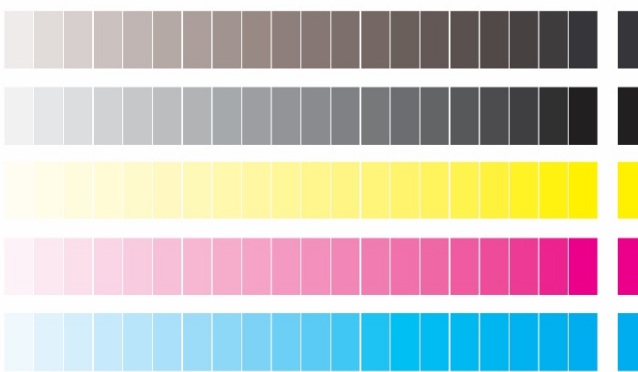
overprint & resolution  
Source: 12640-1\_S2.tif



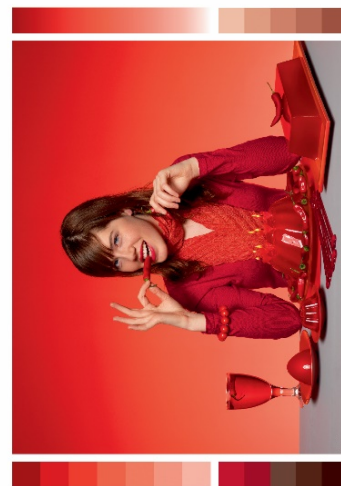
bleeding



Ugra/Fogra-Medienkeil-CMYK-EPS V3.0a Proof

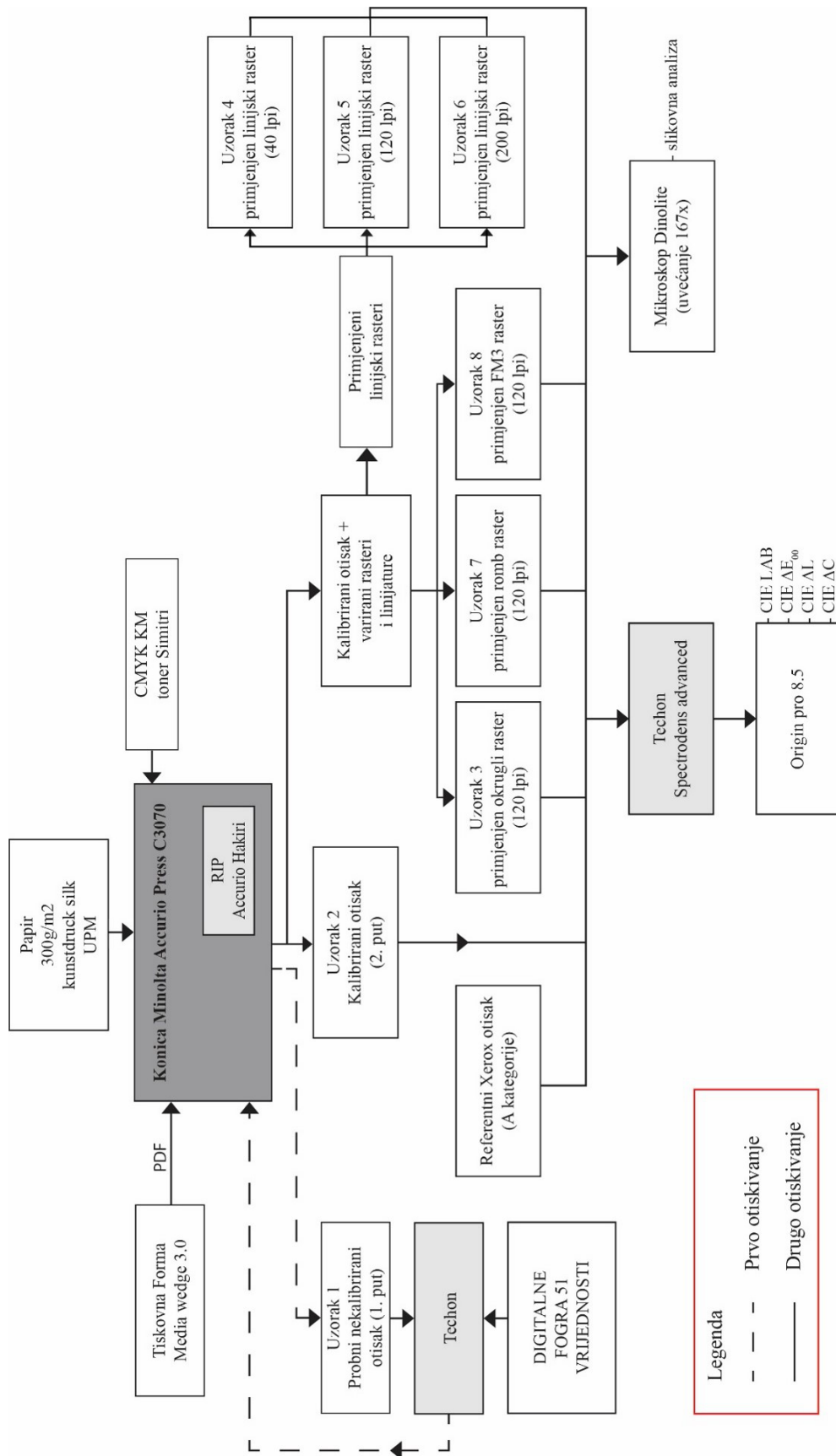


crop marks



Slika 22 Izgled tiskovne forme korištene u eksperimentu

Tisak se provodio na elektrofotografskom stroju AccurioPress C3070 japanskog proizvođača Konica Minolta. Prvi dio eksperimenta odnosio se na pokušaj kalibracije stroja putem krivulja kako bi se dobio zadovoljavajući otisak A kategorije. Prvotno se otisnulo 20 otisaka prema standardnim postavkama Hikari RIP-a. Spektrofotometarskom te denzitometarskom metodom napravljena su mjerenja nad otisnutom tiskovnom formom. Dobiveni su rezultati potom uspoređeni s FOGRA 51 parametrima te je napravljena kalibracija tonskih krivulja u RIP-u. Konačno, isprintani su kalibrirani otisci, učinjena su mjerenja te su se dobiveni rezultati prikazali grafički. Drugi dio eksperimenta povezan je sa variranjem rasterskih elemenata i linijatura kako bi se dobio zadovoljavajući otisak A kategorije. Koristeći RIP *software* generirali su se različiti tipovi rastera kao i različite linijature rastera. Varirana su četiri tipa oblika rasterskog elementa te tri različite linijature istog rasterskog elementa. Točkasti raster linijature 120 lpi, romb raster linijature 120 lpi, FM3 raster linijature 120 lpi te linijski raster kojemu su varirane linijature – 40 lpi, 120 lpi te 200 lpi. Nakon otisnutih uzoraka načinjena su kolorimetrijska mjerenja te su rezultati grafički prikazani. Na slici 23. grafički je prikazana metodologija rada eksperimentalnog dijela.



Slika 23 Kronološki dijagram izvršenog eksperimenta

## 3.2. Strojevi i uređaji korišteni u eksperimentalnom dijelu

### 3.2.1. Konica Minolta AccurioPress C3070

AccurioPress C3070 elektrofotografski je tiskarski stroj namjenjen visokokvalitetnom otiskivanju. Ovaj stroj može printati u dva moda: *speed* mod i *quality* mod. Kod *speed* moda produktivnost kolornog otiskivanja je 71 A4 stranica po minuti, brzina kolornog otiskivanja stranice A3 formata je 39 stranica po minuti, a brzina otiskivanja stranice SRA3 formata je 36 stranica po minuti. Preporučene gramature papira za kolorno otiskivanje u *speed* modu iznose 62-216 g/m<sup>2</sup>. Pri otiskivanju kolornih stranica u *quality* modu teško je osjetiti razliku naspram *speed* moda. Tako će se u *quality* modu otisnuti 71 A4 stranica po minuti, 37 A3 stranica po minuti te 35 SRA3 stranica po minuti. Kod kolornog otiskivanja u *quality* modu preporučene gramature papira iznose od 217 do 350 g/m<sup>2</sup>. Otiskivanjem crno-bijelih otisaka produktivnost stroja raste. Stoga će se primjenjujući *speed* mod u jednoj minuti otisnuti 80 A4 stranica, 44 A3 stranice te 35 SRA3 stranica, dok produktivnost crno-bijelog otiskivanja osjetno pada primjenjujući *quality* mod. Shodno tome, produktivnost ispisa A4 formata pada na 45 stranica po minuti, A3 formata na 25 stranica po minuti, a SRA3 formata na 23 stranice po minuti. Kod crno-bijelog otiskivanja pri *speed* modu koriste se gramature papira od 62 do 216 g/m<sup>2</sup>, dok se pri *quality* modu koriste gramature od 217 do 350 g/m<sup>2</sup>. [14]

AccurioPress C3070 opremljen je sa dvije standardne ulagaće ladice te automatskim dupleksom. Prva standardna ulagaća ladica (gornja papirna ladica) podnosi kapacitet od 500 araka težine papira 62-216 g/m<sup>2</sup> usto podržava gramaturu od 256 g/m<sup>2</sup> isključivog formata A4 ili 8.5" x 11". Papir koji se ulaže u prvu ladicu mora biti minimalne dimenzije 140 x 182 mm, a maksimalne dimenzije 330 x 432 mm. [18]

Druga standardna ulagaća ladica (donja papirna ladica) podnosi kapacitet od 1000 araka gramature papira, jednake kao i kod gornje papirne ladice, od 62-216 g/m<sup>2</sup> s iznimkom od 256 g/m<sup>2</sup> za formate A4 i 8.5" x 11". Minimalna dimenzija druge papirne ladice jednaka je dimenziji prve, 140 x 182 mm, a maksimalna dimenzija iznosi 330 x 487 mm.

Automatski dupleks (ADU) je automatska dupleks jedinica uključena u stroj. Kapacitet ladice je neograničen, a podnosi gramaturu papira od 62 do 350 g/m<sup>2</sup>. Minimalna dimenzija araka koji se ulaže u ADU je 100 x 148 mm, a maksimalna je 330 x 487 mm. [14]



*Slika 24 Konica Minolta AccurioPress C3070 (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva)*



Tablica 2 Karakteristike osnovne tiskarske jedinice AccurioPress C3070 (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva)

Konstruktivski tip osnovne EP jedinice	Konzolni tip
Upravljanje strojem	Ekran upravljan dodirom i tipkovnicom
Princip rada	Elektrofotografija sa 4 ROS lasera i 4 fotoreceptorska valjka složena u tandem
Nabijanje fotoreceptora	Skorotronima (negativni princip nabijanja)
Gradacija otisnutih tonova	256 (8 bit)
Rezolucija ispisivanja	1200 x 1200 x 8 bit (3600 dpi x 1200 dpi)
Rezolucija skeniranja - kopiranja	600 x 600 dpi
Sistemska memorija	14 GB (stroj + računalo IC-605A)
Broj boja (tonera)	4 boje (CMYK)
Metoda razvijanja	Dvokomponentni sistem nanašanja sa povratnim magnetskim valjkom
Metoda odvajanja papira	Odvajanje pomoću korone s češljastim elektrodama + 3 zaporna mehanizma s malim dodirnim kontaktom
Tip fuzerske jedinice	Remenska jedinica za fuziranje zagrijavana sa halogenom lampom
Vrijeme zagrijavanja fuzera	390 sekundi
Vrijeme nastajanja prvog crno-bijelog otiska	4.2 sekunde
Vrijeme nastajanja prvog kolornog otiska	6.9 sekundi
Buka tijekom rada	81 dB
Buka tijekom mirovanja	65 dB
Masa	316 kg

### 3.2.2. Techkon Spectrodens – Advanced

Mjerni uređaj Techkon Spectrodens – Advanced je denzitometar koji se upotrebljava u grafičkoj industriji za praćenje probnih i produkcijskih otisaka. Posjeduje osnovnu mjernu geometriju  $0^{\circ}:45^{\circ}$  prema ISO 5-4 standardu. Osim denzitometrije on je i spektrofotometar koji omogućava prikaz spektra u rasponu od 400 do 700 nm sa korakom od 10 nm. Mjerni otvor uređaja je 3 mm uz mogućnost zamjene na manji, 1.5 mm mjerni otvor. Svjetlosni izvor prilikom osvjetljavanja je LED lampa koja omogućava mjerne uvijete M0, M1, M2, M3 prema ISO 13655 standardu. Uređaj posjeduje dvostruki linearni polarizacijski filter koji se manualno uključuje ili isključuje. Brzina mjerenja je jedna sekunda. Tipovi svjetlosti koje uređaj može simulirati su A, C, D50, D65, F 2/7/11. Uređaj može varirati opciju standardnog promatrača od  $2^{\circ}$  ili  $10^{\circ}$ . Sva mjerenja komuniciraju uređaja komuniciraju sa međusobno spojenim računalom te se automatski učitavaju u excel tablicu.



Slika 25 Techkon Spectrodens – Advanced spektrofotometar (Izvor: <https://www.techkon.com/spectrodens.html>)

Tablica 3 Tehničke karakteristike uređaja Techkon Spectrodens – Advanced (izvor: <https://www.techkon.com/files/downloads/prospekte/SpectroDens%20Brochure%20Web.pdf>)

Parametar	Vrijednost
Mjerna geometrija	0°:45°
Raspon spektra	400 – 700 nm
Mjerni otvor	3 mm (1.5 mm)
Izvor svjetlosti	LED
Polarizacijski filter	Dvostruki linearni
Vrijeme mjerenja	1 s
Bijela referenca	Apsolutna, relativna
Tipovi svjetla	A, C, D50, D65, F 2/7/11
Standardni promatrač	2°, 10°
Mjerni spektar denzitometra	0.00 – 2.50 D
Težina	495 g
Dimenzije	62 x 50 x 185 mm

### 3.2.3. Dino-Lite Edge<sup>PLUS</sup>

Dinolite – Edge je digitalni mikroskop koji se povezuje putem računalnog *softwarea* DinoCapture2.0 koji je namjenjen *Windows* sustavu računala te DinoXcope namjenjenom *MacOS* sustavu računala. Povećanje mikroskopa iznosi od 20 do 220 puta. Rezolucija slike iznosi 1.3 megapiksela, a video može snimati pri 30 sličica po sekundi. Uređaj posjeduje osam bijelih LED izvora. Za kalibriranje uređaja koristi se dobivena forma. Na uređaju postoji mogućnost mijenjanja nastavaka kojima se primjenjuju različiti uvjeti snimanja.



Slika 26 Dino-Lite EdgePLUS (izvor: <https://www.dino-lite.eu/sv/?view=article&id=84&catid=25>)

Tablica 4 Tehničke karakteristike uređaja Dino-Lite EdgePLUS (izvor: [https://www.dino-lite.com/products\\_detail.php?index\\_m1\\_id=9&index\\_m2\\_id=47&index\\_id=169](https://www.dino-lite.com/products_detail.php?index_m1_id=9&index_m2_id=47&index_id=169))

Parametar	Vrijednost
Model	AM4117MZT Dino-Lite Edge <sup>PLUS</sup>
Sučelje	USB 2.0
Rezolucija	1.3 MP (1280 x 960)
Povećanje	20x ~ 220x
Sličice po sekundi (FPS)	30 fps/1.3MP, MJPEG 30fps /VGA, MJPEG
Formati spremanja	Slika: DinoCapture2.0: BMP, GIF, PNG, MNG, TIF, TGA, PCX, WBMP, JP2, JPC, JPG, PGX, RAS, PNM DinoXcope: PNG, JPEG
Izvor svjetlosti	LED
Dimenzije uređaja	10.5 cm (V) x 3.3 cm (D)
Težina	90 g

### 3.3. Materijali korišteni u eksperimentalnom dijelu

Za potrebe otiskivanja koristili su se osnovni materijali koji su potrebni za dobivanje otisaka bilo kojeg elektrofotografskog sustava. To su: papir i boja (toner).

#### 3.3.1. Papir WFC Silk

Papir korišten u svrhu tiska eksperimentalnog dijela bio je Finesse Silk papir proizvođača UPM. Gramatura papira iznosi 300g/m<sup>2</sup> te je namijenjen tisku prema FOGRA 39, FOGRA 43 FM te FOGRA 51, a oznaka papira prema međunarodnoj nomenklaturi jest WFC (*woodfree coated*). Finesse Silk je bezdrveni premazani papir koji je namijenjen za visokokvalitetni, realistični tisak i jarke slike. [17] Raspoloživ je u arcima B1 formata, a površinska obrada papira je polusjajni premazani. Primjena ovog papira je široka te obuhvaća tisak knjiga, časopisa, korica časopisa, godišnjaka, reklamnih materijala, kataloga brošura, dodataka novinama. Osnovna sirovina za proizvodnju celuloznih vlakana u papiru je tvrdo i meko drvo napravljeno na principu sulfatnog postupka.

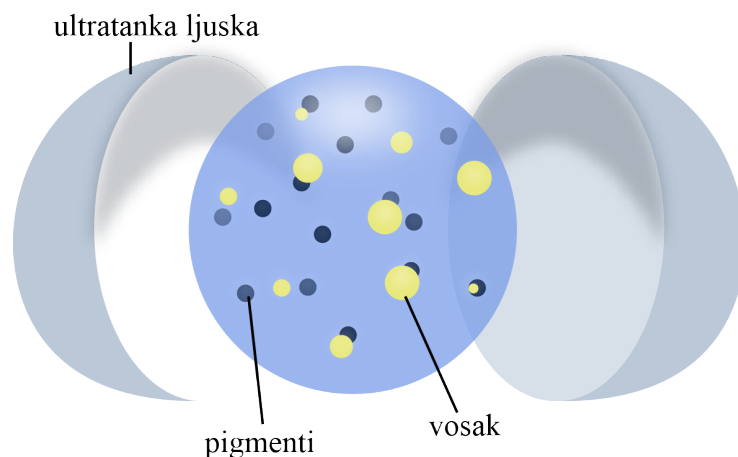
Tablica 5 Tehničke ciljane vrijednosti UPM Finesse silk (izvor: <https://www.upmpaper.com/products/paper-catalogue/categories/sheet-fed-offset-papers/upm-finesse-silk/>)

Parametar papira	Primjenjeni standard	Vrijednost
Gramatura	ISO 536	300 g/m <sup>2</sup>
Debljina	ISO 534	290 μm
Specifični volumen	ISO 534	0.97 cm <sup>3</sup> /g
Svjetlina D65	ISO 2470-2	100%
CIE bjelina	ISO 11475:2017	127
Neprozirnost	ISO 2471	99.8%
Zrcalni sjaj	ISO 8254-1	24%
Vizualni sjaj	ISO 8254-2	24%
Hrapavost PPS 10	ISO 8791-4	2μm

### 3.3.2. Toner Konica Minolta Simitri

Polimerizirani Simitri toner ekskluzivno je rezerviran za uređaje Konica Minolte i garantira izvrsnu kvalitetu otiska. Polimerizirani toner je visokokvalitetan toner proizveden kemijskom adicijom smole i čestica pigmenta. Za razliku od konvencionalnih tonera u prahu, koji su napravljeni usitnjavanjem plastike, metoda polimerizacije omogućava točnu kontrolu strukture svake pojedine čestice tonera. Potonje omogućuje prilagođavanje veličine i oblika svake čestice i pridavanje različitih svojstava. Polimerizirani toner kojega je razvila Konica Minolta daje otisak visoke kvalitete i fotografije bez većih utjecaja na okoliš. Simitri je zaštitni znak za polimerizirani toner tvrtke Konica Minolta, a izraz je skovan od riječi simetrija (*eng. symmetry*). [1]

Čestica Simitri tonera napravljena je od koloranta (pigment), brzotaljivog voska i ultratanke ljuske te je prikazana na slici 27.



Slika 27 Čestica Simitri tonera

Wool skala (*eng. Blue Wool Scale*) mjeri i kalibrira postojanost boja na pokrivenost površine. Tradicionalno, ovaj je test razvijen za tekstilnu industriju, ali ga je sada usvojila i grafička industrija kao mjera postojanosti boje na svjetlost, kao i polimerna industrija za mjerenje stabilnosti pigmenta i boja. Postojanost na svjetlost je kemijska stabilnost pigmenta ili boje na svjetlu kroz određeni period vremena.

Kod Wool skale razaznajemo osam razina brojevima od jedan do osam. [11] Jedan je krajnja donja razina kod koje boja počinje blijediti kroz dvije godine. Osam je krajnja gornja razina koju odlikuje izvrsna postojanost na svjetlo. Boje i pigmenti označeni stupnjem osam Wool skale postojani su na svjetlu i ostaju nepromjenjeni više od 100 godina. [12]

Kod tonera, proizvođača Konica Minolte, Simitri prema tablici 6. možemo primjetiti kako magenta najviše podliježe izbljeđivanju pigmenta kroz određeni period vremena, dok su ostale boje okarakterizirane maksimalnom osmom razinom Wool skale.

*Tablica 6 Postojanost na svjetlo Wool skala (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva)*

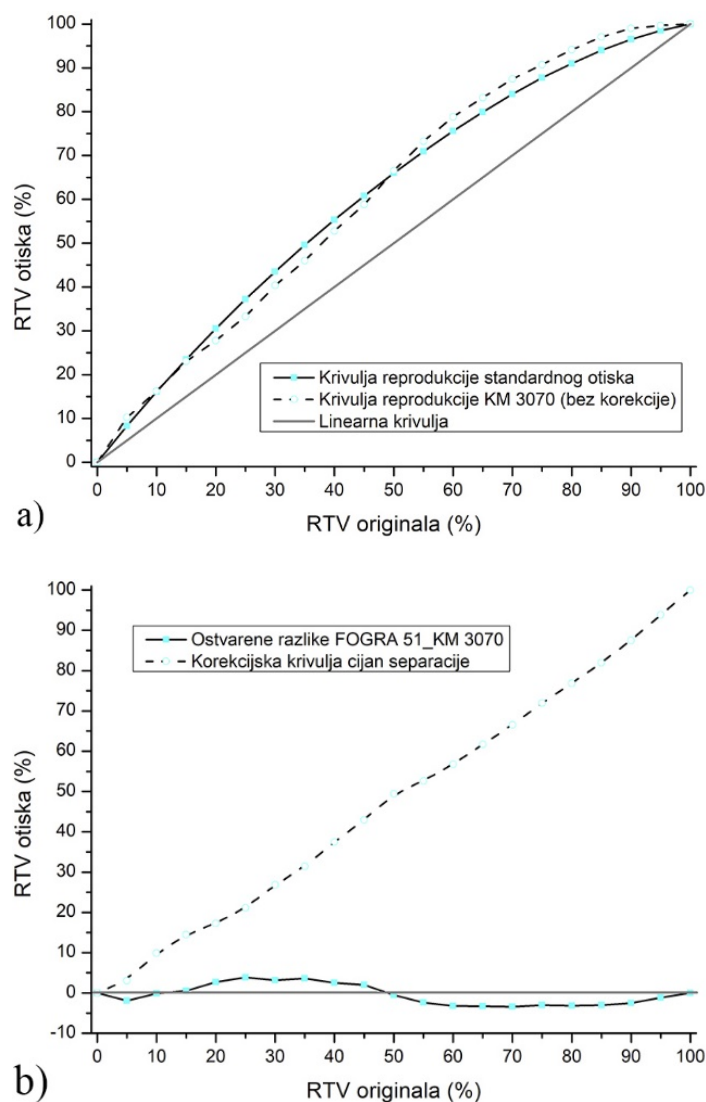
Boja	Vrijednost
Cijan	8*1
Magenta	6 – 7
Žuta	8
Crna	8*1

## 4. REZULTATI I DISKUSIJA

Da bi se ostvarila kolorna reprodukcija u procesu tiska se otiskuju CMYK procesne boje. Za razliku od ofsetnog tiska raspored nanašanja kolornih separacija je žuta, magenta, cijan i crna. Da bi se ostvarile točne kolorne vrijednosti za papir tipa 1 (papir za umjetnički tisak) potrebno je prethodno izvršiti kalibraciju tiskarskog stroja.

### 4.1. Kalibracijski proces tiskarskog stroja KM C3070

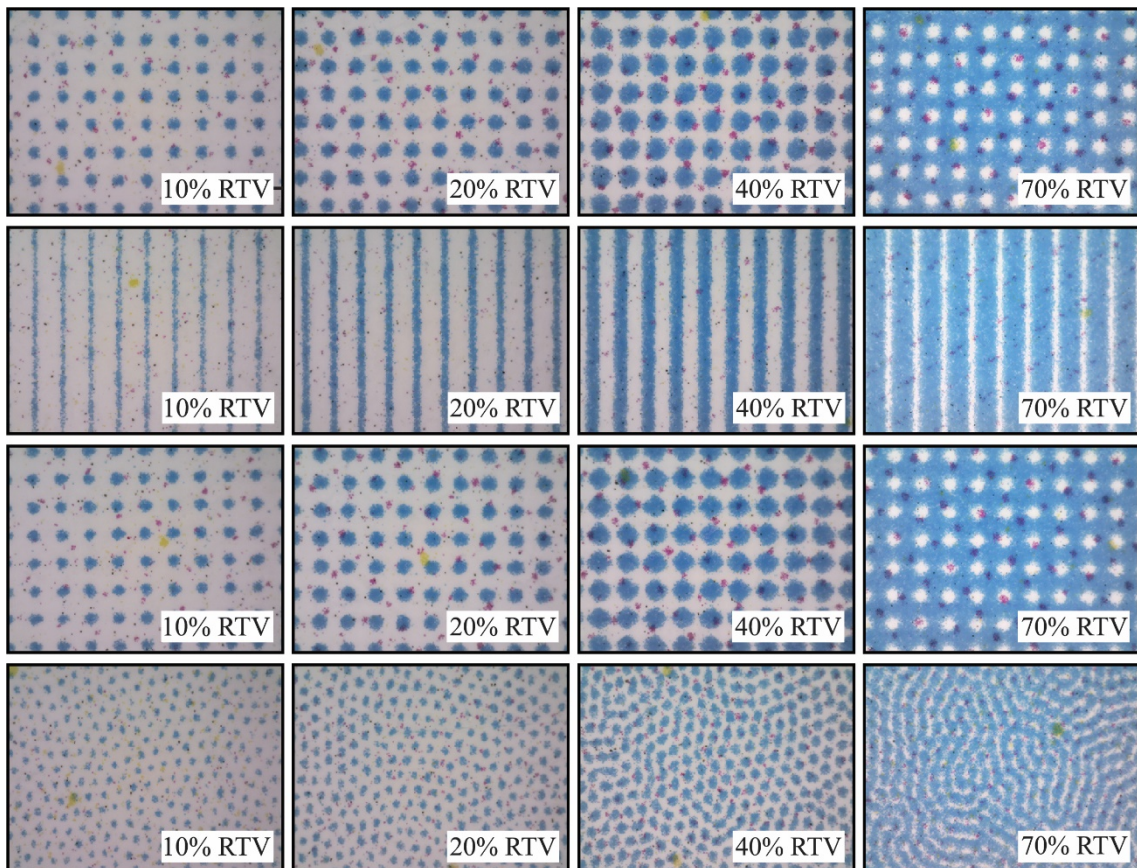
Odabirom točne tiskarske podloge definirane su nam i idealne tonske vrijednosti u rasponu od 0 do 100% RTV-a. Korištena referenca u ovom istraživanju bila je FOGRA 51 koja se je odredila mjerenjem FOGRA Media wedge klina verzije 3.0.



Slika 28 Stanje tiskarskog stroja Konica Minolta AccurioPress C3070 prije kalibracijskog procesa te potrebne korekcije: a) cijan krivulja reprodukcije u odnosu na FOGRA 51 standard; b) cijan kompenzacijskih vrijednosti za ostvarivanje FOGRA 51 standarda

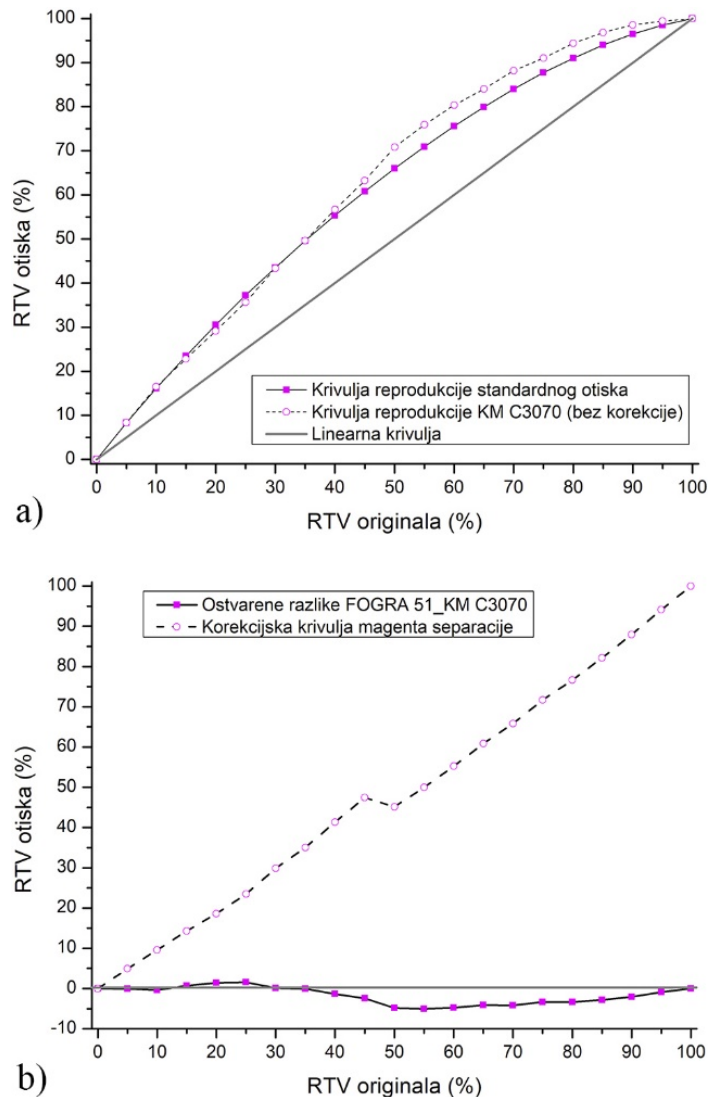


Na slici 28. vidljivo je da je u području nižih i viših rastertonskih vrijednosti došlo do povećanja, dok je u području srednjih rastertonskih vrijednosti došlo do blagog smanjenja RTV-a na otisku. Povećanje RTV-a na otisku u području niskih rastertonskih vrijednosti dostiže maksimum na 5% RTV-a što daje prirast  $Z=1,93\%$ . Polja od 10% i 15% RTV-a korektno su otisnuta te na tim poljima nije potrebna korekcija. Područja od 20% do 45% RTV-a ostvaruju lagana povećanja rastertonskih vrijednosti na otisku koje je potrebno korigirati ( $\Delta Z_{20\%-45\% \text{ RTV}}=2,99\%$ ). Pritom se vrjednošću ističe polje od 25% RTV-a čije odstupanje iznosi 3,9%. Polje od 50% RTV-a je idealno reproducirano te samim time nije potrebna nikakva korekcija (vrijednost originala od 50% RTV prati idealni prirast od 66,53% RTV-a). U cijan području viših rastertonskih vrijednosti vidi se neželjeno povećanje tonske vrijednosti na otisku ( $\Delta Z_{55\%-95\% \text{ RTV}}=2,79\%$ ). Maksimalno odstupanje kod područja viših rastertonskih vrijednosti iznosi 3,43% na polju od 70% RTV-a.



Slika 29 Realizacija cijan rastriranih elemenata linijature 120 lpi u područjima 10%, 20%, 40% i 70% RTV: a) okrugli raster; b) linijski raster; c) romb raster; d) FM3 raster

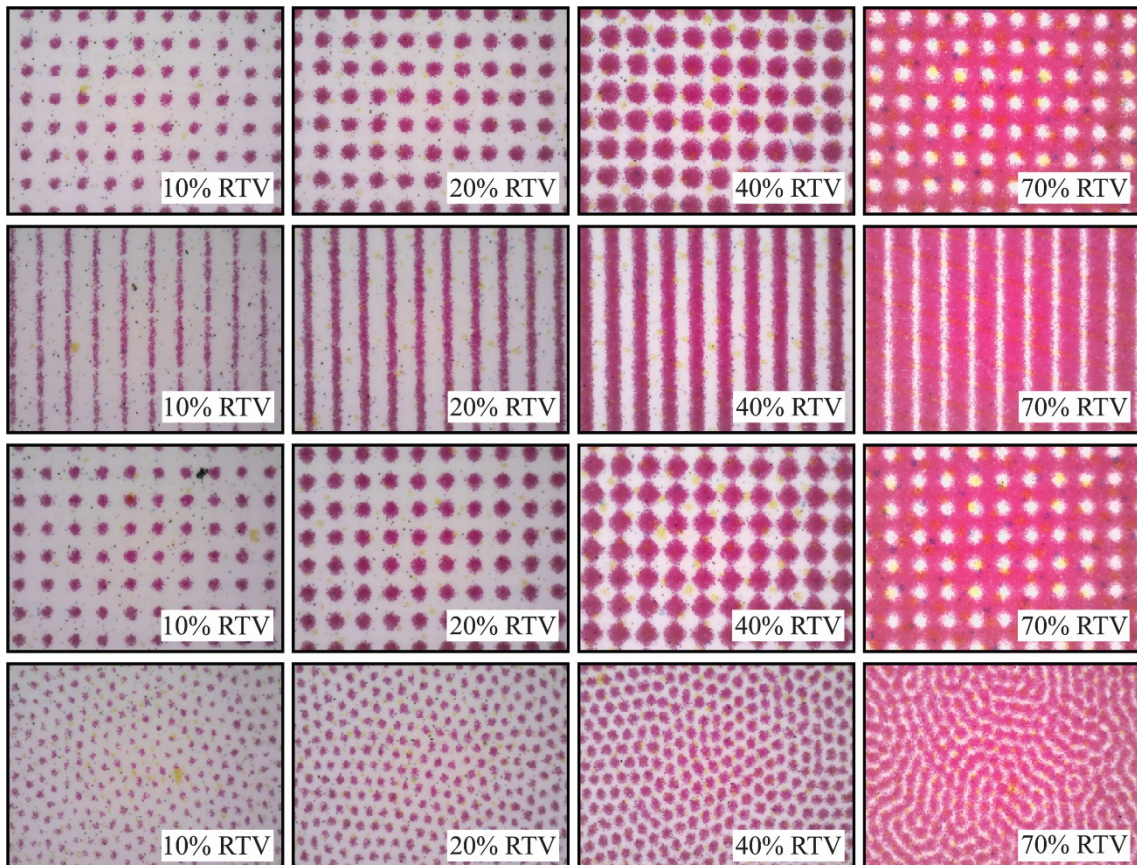
Na svim realiziranim cijan otiscima vidljiva je direktna primjena profila koji za posljednicu ima kontaminiranu otisnutu površinu. Tako će se u svim primjenjenim rasterima osim cijan rasterskih elementata uočiti i elementi magente. Izbor okruglih i romboidnih rasterskih elemenata vizualno se neće razlikovati. Izborom linijskog rastera ostvareni su nešto svjetliji tonovi što se može reći i za najbolje reproduciran FM3 raster.



Slika 30 Stanje tiskarskog stroja Konica Minolta AccurioPress C3070 prije kalibracijskog procesa te potrebne korekcije: a) cijan krivulja reprodukcije u odnosu na FOGRA 51 standard; b) cijan kompenzacijskih vrijednosti za ostvarivanje FOGRA 51 standarda

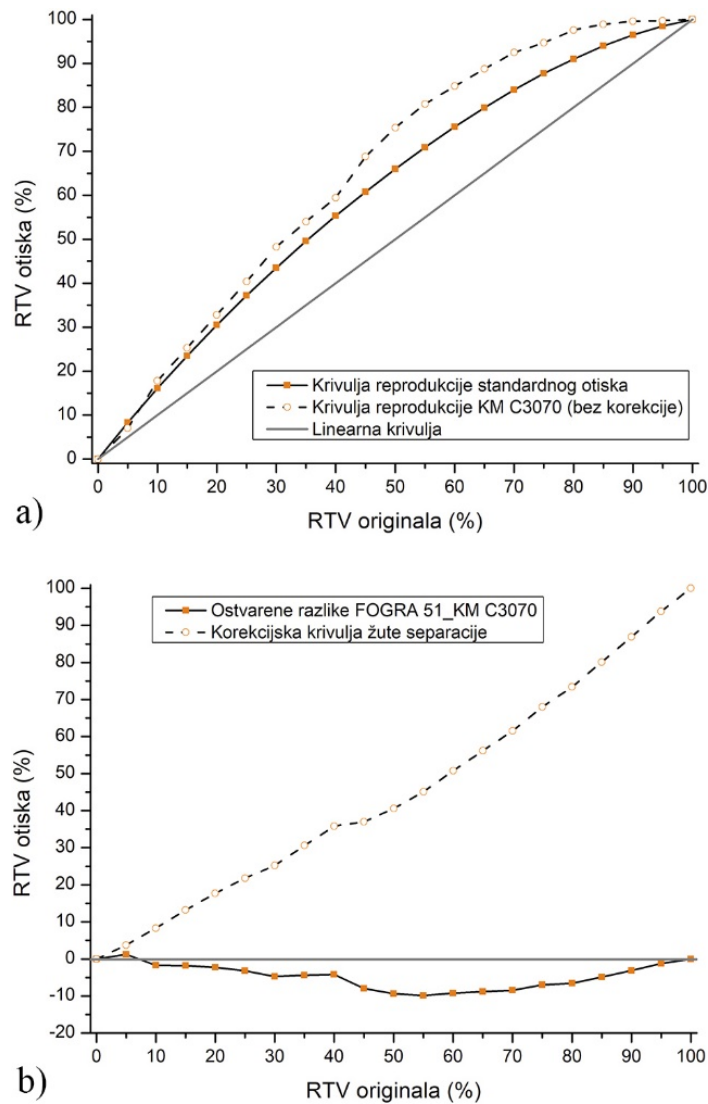
Prema slici 30. uočavamo kako je krivulja reprodukcije KM C3070 stroja gotovo identična do točke od 15% RTV-a nakon koje slijedi blagi pad rastertonske vrijednosti do točke od 30% RTV-a gdje se krivulje ponovno dodiruju.

Pad rastertonske vrijednosti  $\Delta Z_{15\%-25\% \text{ RTV}}$  iznosi 0,81% sa maksimumom na 25% RTV-a na otisku od 1,53%. Na polju od 30% RTV-a krivulja reprodukcije KM C3070 je izvrsna te prati idealni prirast od 43,5% RTV-a. Također, krivulja prati idealan prirast na 35% RTV-a od 49,6%. Krivulja reprodukcije stroja KM C3070 bilježi blago povećanje prirasta rastertonske vrijednosti u području od 40%-95% RTV-a ( $\Delta Z_{40\%-95\% \text{ RTV}}=3,25\%$ ). Maksimalno povećanje rastertonske vrijednosti dogodilo se na polju od 55% RTV-a ( $\Delta Z_{55\%}=5\%$ ).



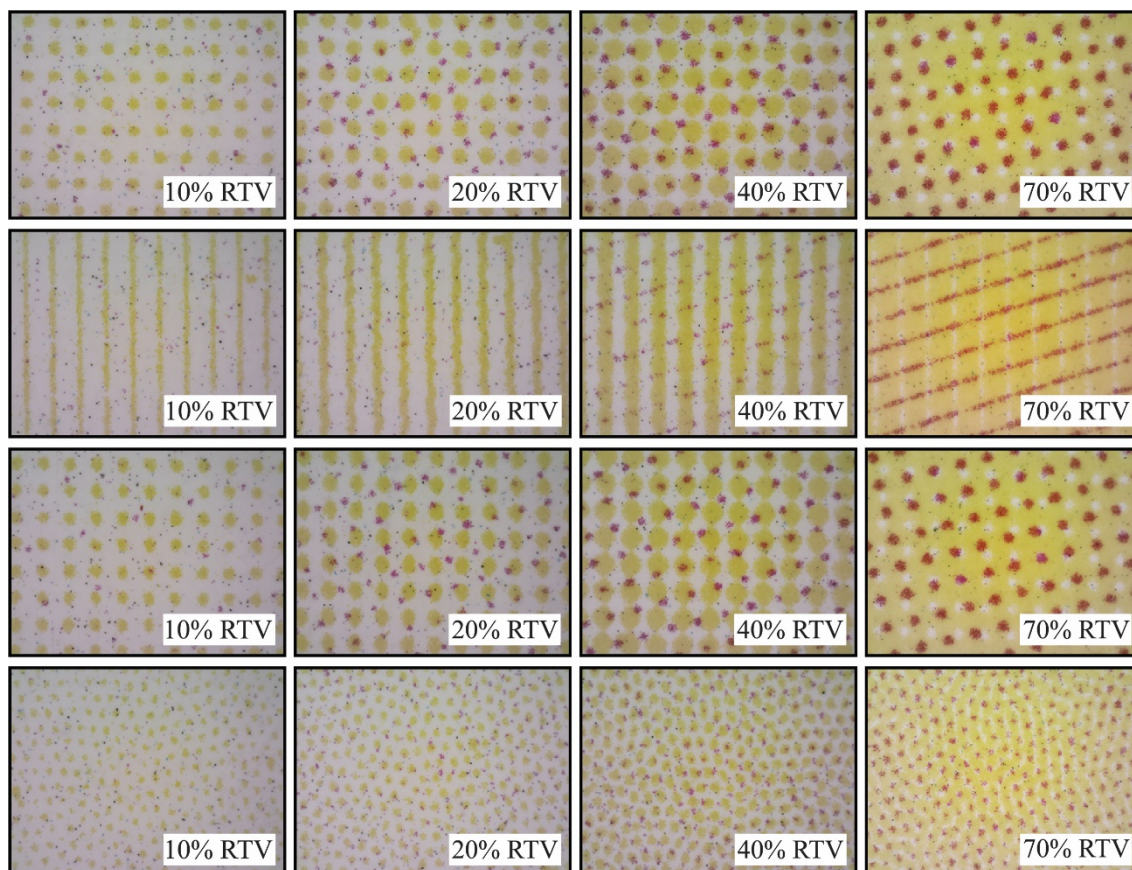
*Slika 31 Realizacija magenta rastriranih elemenata linijature 120 lpi u područjima 10%, 20%, 40% i 70% RTV: a) okrugli raster; b) linijski raster; c) romb raster; d) FM3 raster*

U odnosu na cijan, Slikovna analiza magentnih otisaka pokazala je vidljivu razliku primjenom okruglog rasterskog elementa i romboidnog rasterskog elementa. Pogotovo se to uočava u području od 40% rastertonske vrijednosti. Linijski raster također ostvaruje nešto kontrastniji otisak koji se posebno ističe u području od 70% RTV-a. Frekventno modulirano rastriranje se je opet pokazalo najbolje te četiri tonska područja izgledaju mnogo svjetlije u odnosu na amplitudno modulirano rastriranje.



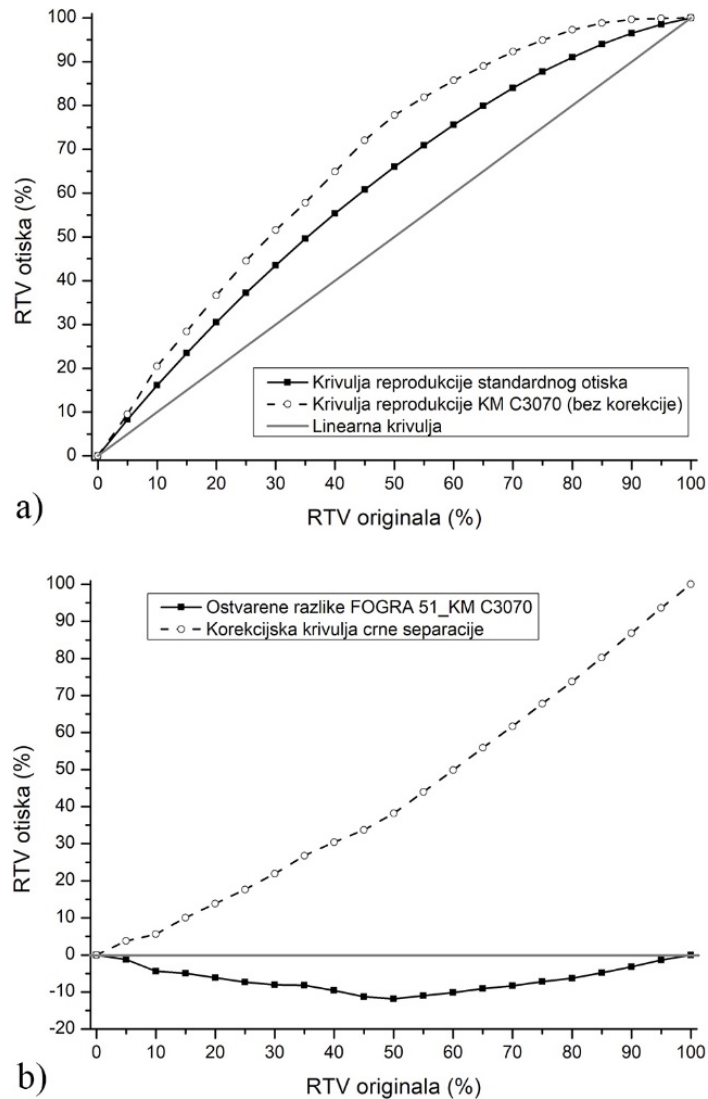
Slika 32 Stanje tiskarskog stroja Konica Minolta AccurioPress C3070 prije kalibracijskog procesa: a) žuta krivulja reprodukcije u odnosu na FOGRA 51 standard; b) žuta kompenzacijska krivulja za ostvarivanje FOGRA 51 standarda

Prema prvome dijagramu sa slike 32. uočavamo kako krivulja reprodukcije KM AccurioPress C3070 ima porast rastertonske vrijednosti u odnosu na reprodukciju standardnog otiska. Krivulja reprodukcije KM AccurioPress C3070 blago raste do vrijednosti od 40% RTV-a originala te u području od 10%-40%  $\Delta Z$  iznosi 3,19% RTV-a. Na polju od 45% RTV-a originala vrijednost RTV-a otiska KM C3070 raste duplo ( $\Delta Z_{45\%RTV}=8\%$ ). Krivulja reprodukcije u području od 45% do 95% postaje izraženija te dolazi do povećanja prirasta rastertonske vrijednosti od 6,97% RTV-a. Maksimalno povećanje prirasta rastertonske vrijednosti na otisku događa se na polju od 55% RTV-a originala te iznosi 9,87%.



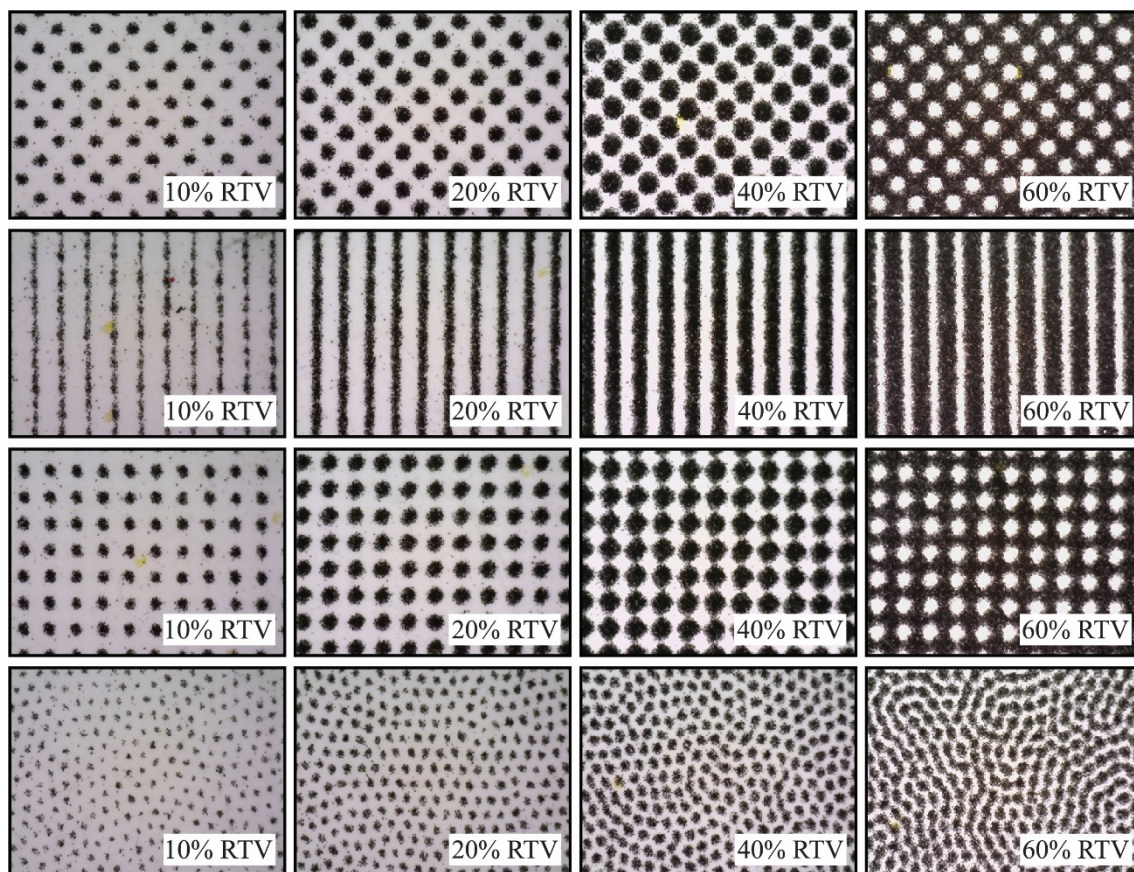
*Slika 33 Realizacija žutih rastriranih elemenata linijature 120 lpi u područjima 10%, 20%, 40% i 70% RTV: a) okrugli raster; b) linijski raster; c) romb raster; d) FM3 raster*

Primjenom linijskog rastera ostvariti će se najveće kolorne promjene. One su posebno vidljive u područjima 40% RTV-a i 70% RTV-a gdje se uz žute linije uočavaju i magentne. Primjenom okruglog i romboidnog rastera ne ostvaruju se veće kolorne promjene te na oba otiska postoje magentni tiskovni elementi (primjena profila). Primjenom FM3 rastera ostvariti će se najsvjetliji žuti tonovi.



Slika 34 Stanje tiskarskog stroja Konica Minolta AccurioPress C3070 prije kalibracijskog procesa: a) crna krivulja reprodukcije u odnosu na FOGRA 51 standard; b) crna kompenzacijska krivulja za ostvarivanje FOGRA 51 standarda

Na slici 34. vidljivo je da je u došlo do povećanja prirasta rastertonske vrijednosti. Sa odličnom rastertonskom vrijednosti na 5% počinje blago povećanje prirasta rastertonske vrijednosti otiska KM AccurioPress C3070 koje doseže svoj maksimum na polju od točno 50% RTV-a ( $\Delta Z_{50\%RTV}=11,8\%$ ) nakon čega se krivulja reprodukcije lagano smanjuje. Ukupna razlika u prirastu rastertonske vrijednosti između standardnog otiska i otiska KM AccurioPress C3070 iznosi  $\Delta Z_{0\%-100\%RTV}=7,07\%$ . Samim time i kompenzacijska krivulja ima najveće ispravke u srednjim rastertonskim vrijednostima (maksimum kod 50% RTV-a) nakon čega jednolično padaju prema ekstremima (papir i otisak sa 100% RTV-a).

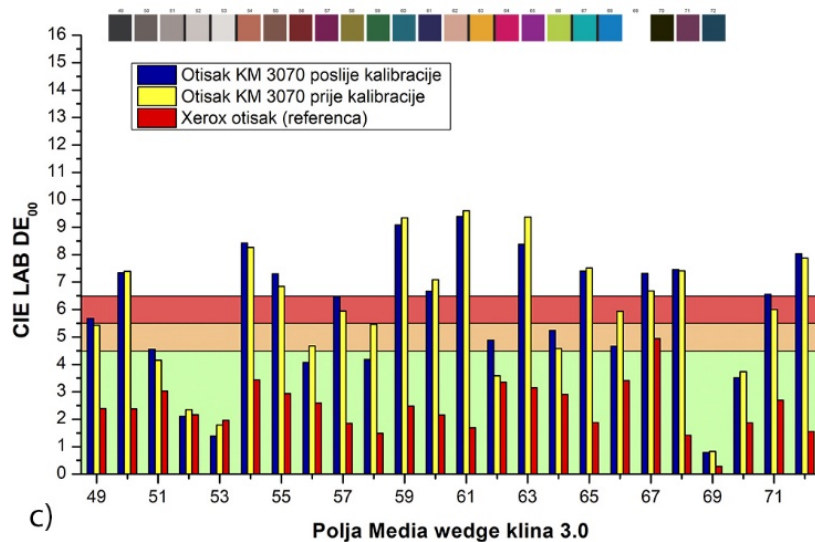
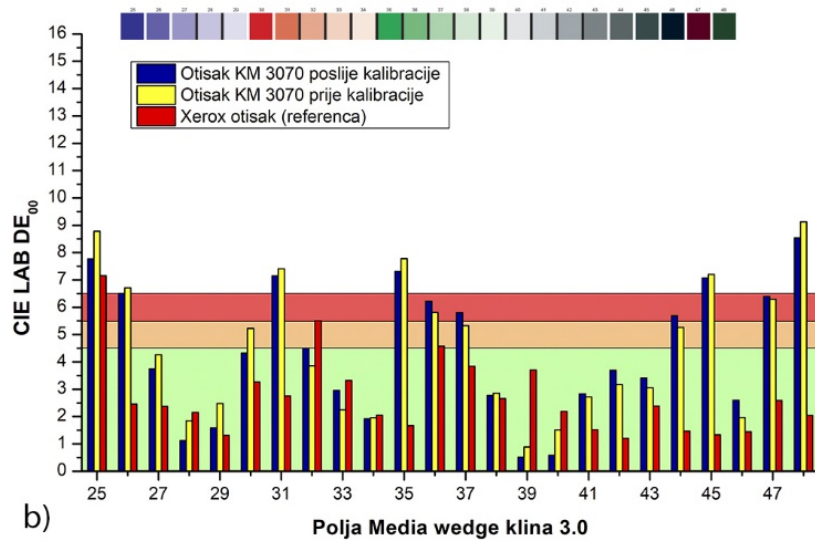
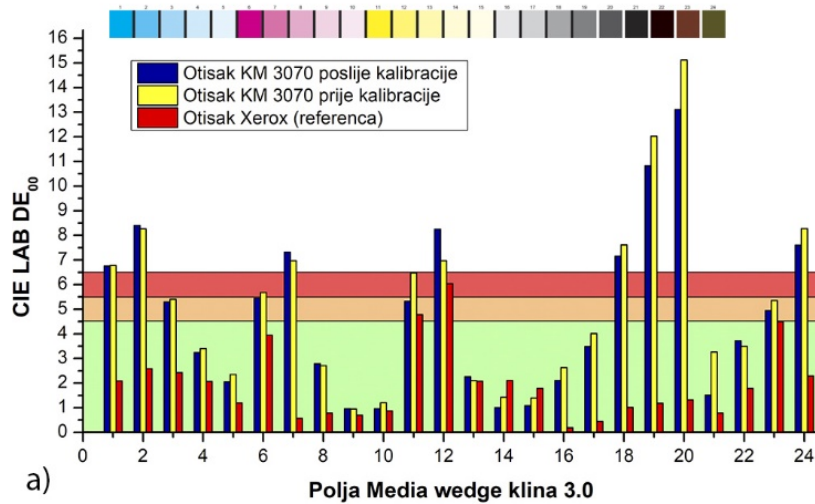


*Slika 35 Realizacija crnih rastriranih elemenata linijature 120 lpi u područjima 10%, 20%, 40% i 60% RTV: a) okrugli raster; b) linijski raster; c) romb raster; d) FM3 raster*

#### **4.2a Rezultati Media wedge 3.0 klina ostvoreni nakon kalibracijskog procesa**

Osim denzitometrijske analize (izrada krivulje reprodukcije) u procesu grafičke pripreme i digitalnog tiska sve češće se analizira uspješnost realizacije FOGRA Media wedge klina. On sadržava 72 polja poredana u tri reda pri čemu se u prvom redu nalaze primarne procesne boje, u drugom redu sekundarne procesne boje, a u trećem redu tercijarne boje (tonovi). Na slici 35. prikazane su devijacije tonova Media wedge klina prije i poslije kalibracije te idealnog referentnog otiska otisnutog na tiskarskom stroju Xerox Versant 80.





Slika 36 Kolorimetrijske promjene na Media Wedge V3.0 klinu (72 polja) nastale mjerenjem prije i poslije kalibracijskog procesa, i usporedbom s referencom FOGRA 51

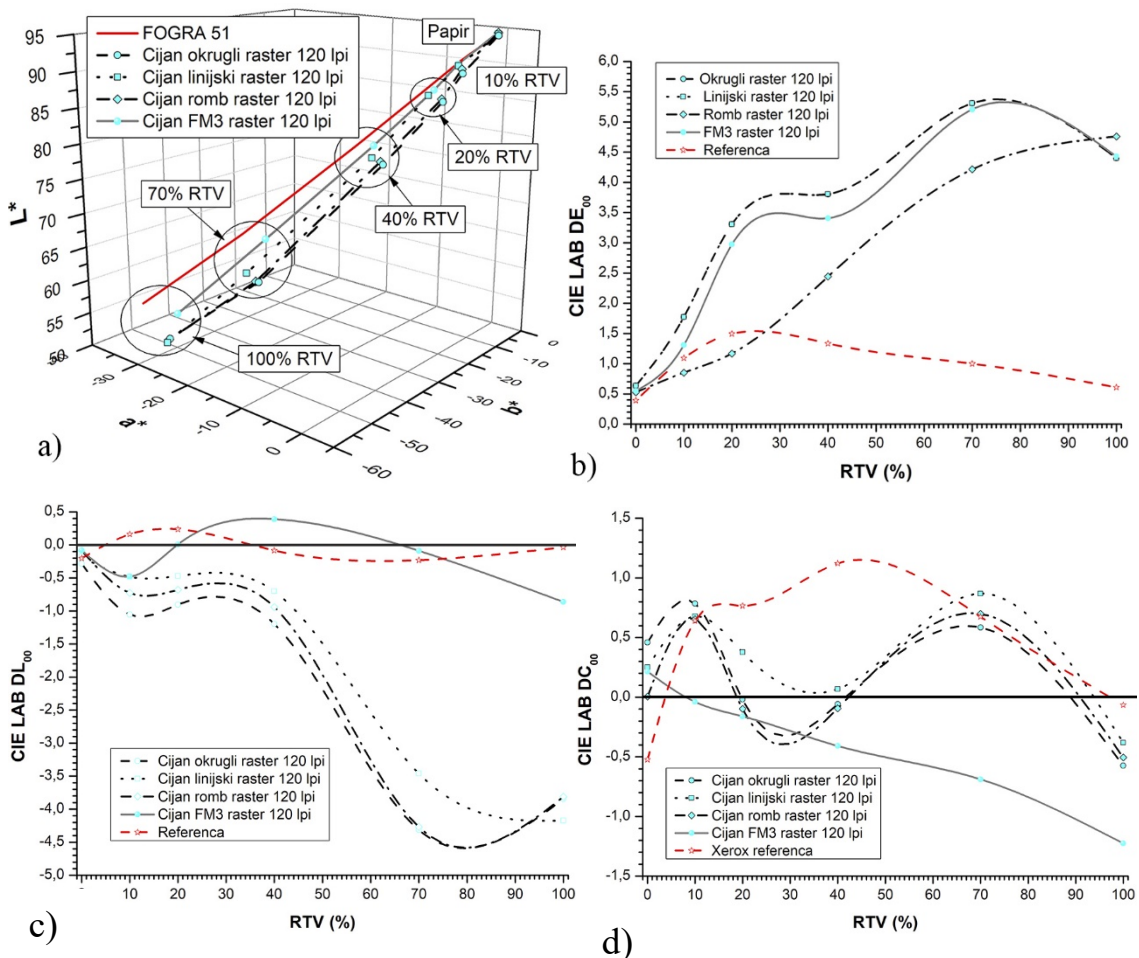
Kolorimetrijskom analizom prvoga reda uočeno je da Konica Minolta i prije i poslije kalibracije ostvaruje pogrešku od 33% otisnutih polja. Takve pogreške prvenstveno su nastale pri ostvarivanju tonova s većom površinskom pokrivenosti (cijan 100%, cijan 70%, magenta 100%, magenta 70%, žuta 100%, 70%, crna 100%, crna 80%, crna 60%). Sva ta polja ostvaruju kolornu promjenu veću od  $\Delta E_{00}$  6,5. 50% polja primarnih boja ulazi u kategoriju A otisaka sa kolornom promjenom  $\Delta E_{00} < 4,5$ , no sva ta polja su i prije kalibracijskog procesa davala A kategoriju reproduciranih otisaka. Daljnjom analizom možemo zamijetiti kako su se 70,83% polja, odnosno 17 od 24 polja reproducirala bolje od prvotno otisnutih, nekalibriranih uzoraka.

Kolorimetrijskom analizom polja drugoga reda, odnosno sekundarnih boja uočavamo kako je 5 polja prešlo granicu  $\Delta E_{00} = 6,5$  te samim time izašlo iz okvira standarda kvalitetnog otiska. To su uglavnom polja sa velikim nanosom boje (100% RTV-a i 80% RTV-a). Pri malim nanosima boje otisci su korektni te je 50% otisaka polja drugoga reda također u A kategoriji sa kolornom razlikom  $\Delta E_{00} < 4,5$ . 58,33% otisnutih polja, odnosno 14 od 24 polja sekundarnih tonova, reproducirano bolje nego prije manipulacije kalibracijskih krivulja. Otisak jednog tona, odnosno jednog polja nakon kalibracije smatra se dobrim otiskom sa  $\Delta E_{00} < 6,5$  te je otisak jednog tona ostvario odličnu kolornu promjenu te mu je ona pala na  $\Delta E_{00} < 4,5$ .

Kod otisaka tercijarnih boja možemo vidjeti kako je najviše otisnutih polja prešlo granicu C kategorije otisaka  $\Delta E_{00} > 6,5$  u usporedbi sa prvim i drugim redom. Od njih 24 čak polja. Kod otisaka tercijarnih boja tek je 5 polja korektno otisnuto u granicama A kategorije  $\Delta E_{00} < 4,5$ . 54,17% reproduciranih tonova nakon kalibracijskog procesa ostvarilo je kvalitetniji otisak. Od toga je na dva polja, korekcijom ostvarena kvalitetna reprodukcija te je kolorna razlika na oba ušla u granicu  $\Delta E_{00} < 4,5$ .

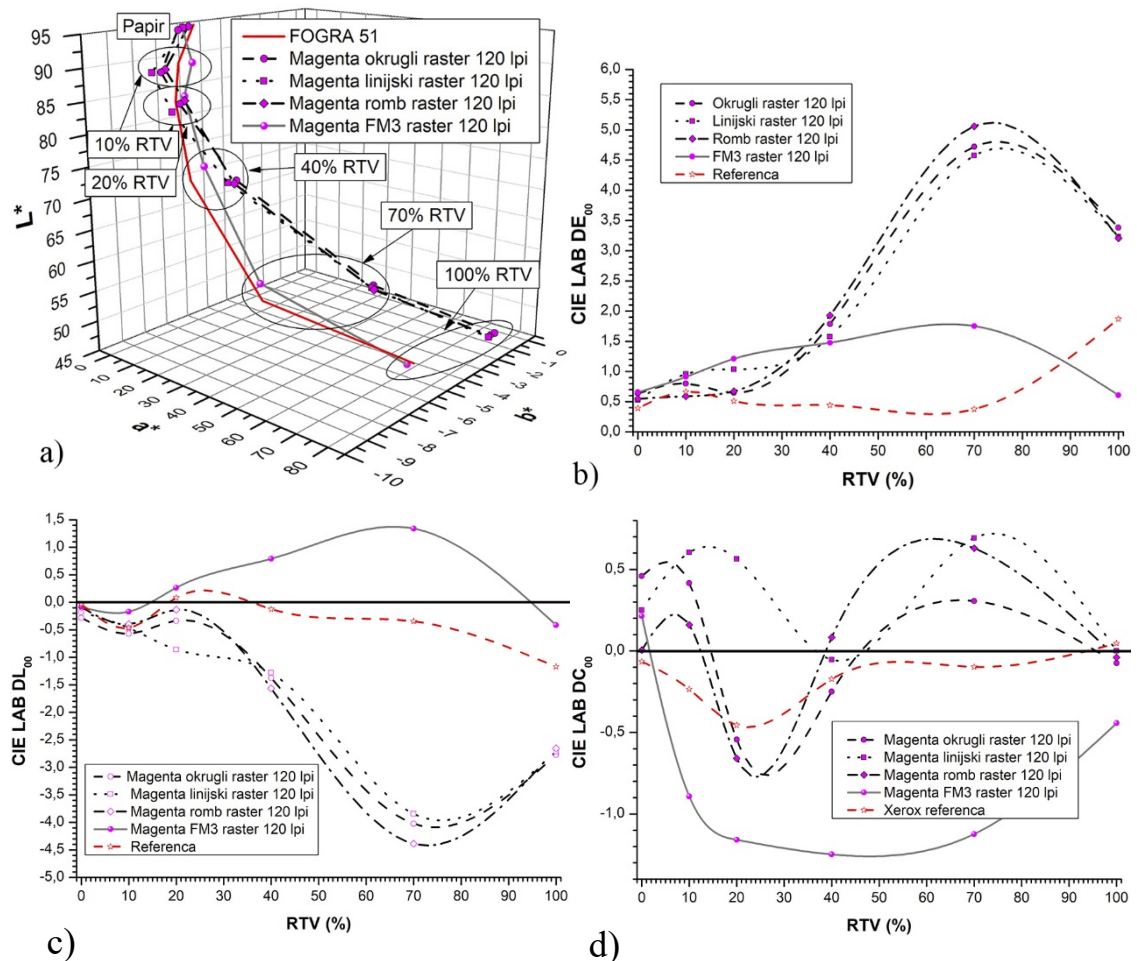
## 4.2 Rezultati kolornih separacija nastalih varijacijom tipa rastera

Da bi se dobile kolorne višetonске reprodukcije originalne datoteke potrebno je rastrirati. Pritom će se kontinuirani tonovi pretvoriti u niz sitnih rasterskih elemenata čija dimenzija ovisi o površinskoj pokrivenosti. Oblici rasterskih elemenata pritom mogu biti različiti. U praksi najčešći su oblici točkica (kružni oblik), linija i romb. Implementacijom računala moguće je rastere formirati i s frekventnom modulacijom (FM raster) koja generira rastertonske vrijednosti različitim brojem tiskovnih elemenata iste veličine. Tako će manji broj ostvarivati svjetlije tonove, a veći broj tamnije. Na slikama 36., 37., 38., 39. prikazane su krivulje reprodukcije FOGRA 51 standarda i tiskarskog stroja KM AccurioPress C3070 primjenom RIP-a Hikari (AM 120 LPI točkasti, AM 120 LPI linijski i AM 120 LPI romb) te FM3 rastera.



Slika 37 Cijan otisci Konica Minolte AccurioPress C3070 ostvareni varijacijom tipa rastera: a) 3D CIE LAB dijagram; b) CIE LAB  $\Delta E_{00}$ ; c) devijacije svjetline CIE LAB  $\Delta L_{00}$ ; d) devijacija kromatičnosti CIE LAB  $\Delta C_{00}$

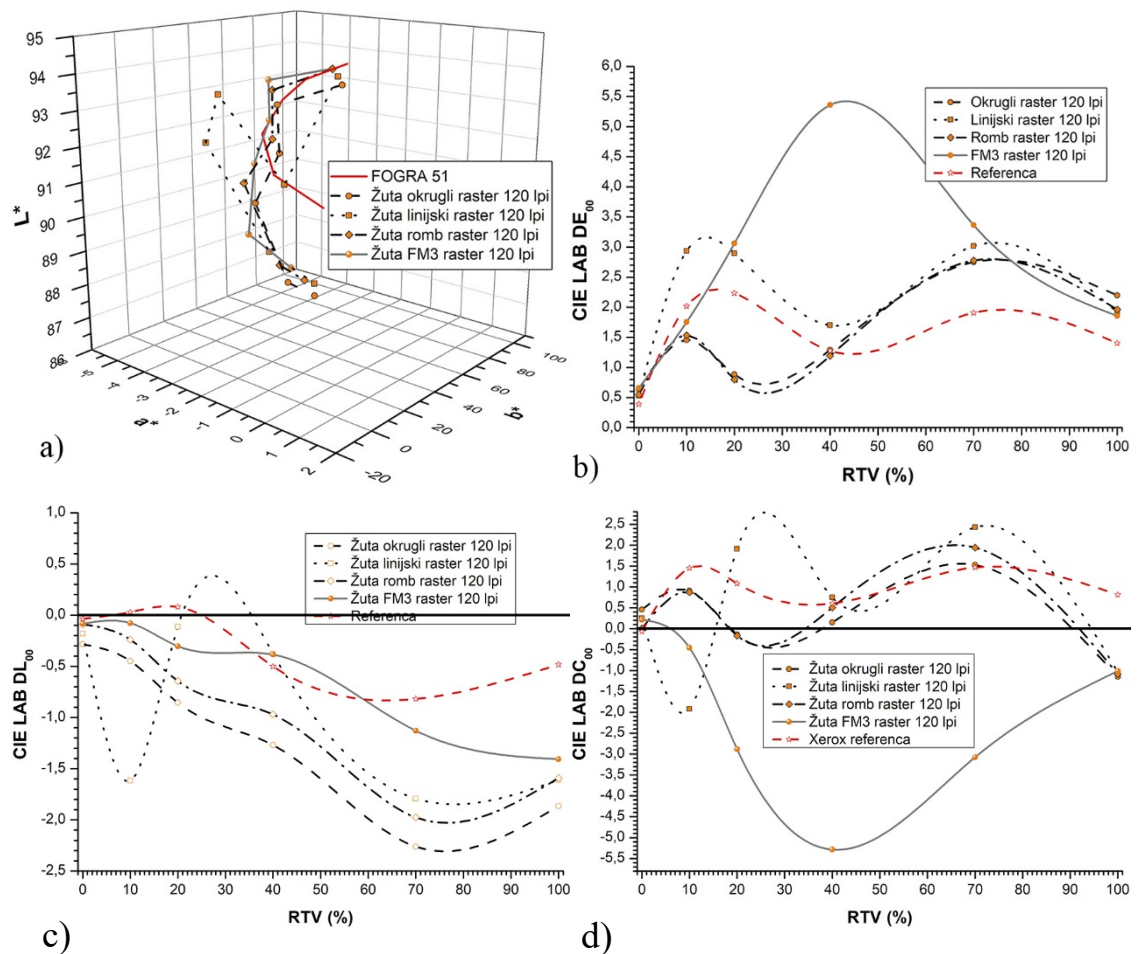
Kod cijan kolorne separacije prema slici 37. možemo uočiti kako je tendencija svih vrsta rastera (okrugli, linijski, romb i FM3) ista. Oni daju korektne otiske u području niskih nanosa boje te se povećanjem nanosa boje otisak pogoršava. Na dijagramu devijacije svjetline možemo vidjeti kako je 120 linijski FM3 raster cijan separacije dao najkorektniji otisak, dok su sve druge vrste rastera dale znatno tamnije otiske. Na dijagramu kromatičnosti uočavamo kako su svi grafovi svih rastera osim FM3 rastera približno slični te prate vrijednost 0 sa odstupanjima  $\Delta C_{00} < 1$ .



Slika 38 Magenta otisci Konica Minolte AccurioPress C3070 ostvareni varijacijom tipa rastera: a) 3D CIE LAB dijagram; b) CIE LAB  $\Delta E_{00}$ ; c) devijacije svjetline CIE LAB  $\Delta L_{00}$ ; d) devijacija kromatičnosti CIE LAB  $\Delta C_{00}$

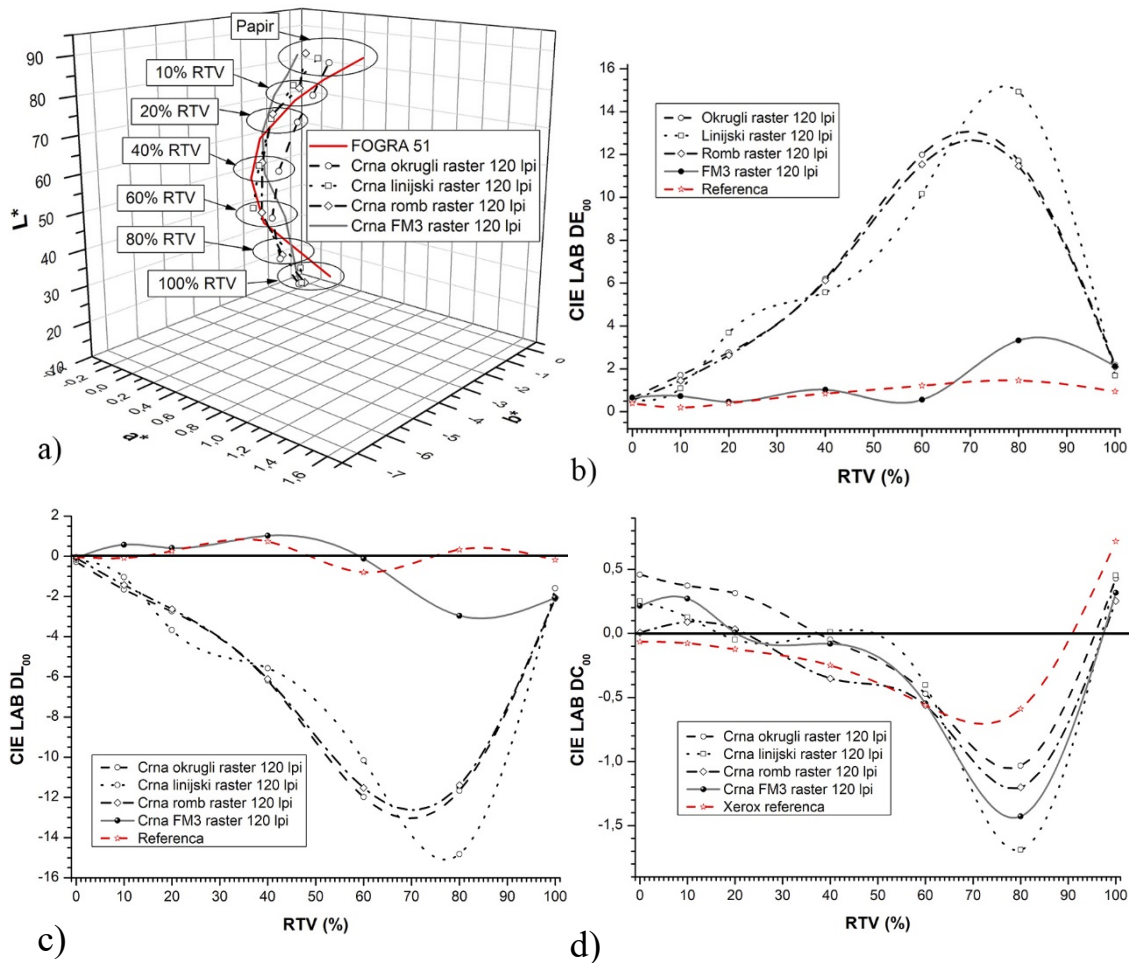
Magenta separacija pokazuje nam slične rezultate kao i cijan separacija samo sa malo većim odmakom u višim rastertonskim vrijednostima. Prema CIE LAB  $\Delta E_{00}$  dijagramu sa slike možemo vidjeti kako 120 linijski FM3 raster magenta separacije pokazuje odlične rezultate naspram ostalih amplitudno modeliranih rastera.

Kod magenta separacije devijacija svjetline ispoljava se slično tako je frekventno modulirani raster dao puno bolje rezultate od amplitudno modeliranih rastera koji su izgubili svjetlinu i otisnuli se tamnije.



Slika 39 Žuti otisci Konica Minolte AccurioPress C3070 ostvareni varijacijom tipa rastera: a) 3D CIE LAB dijagram; b) CIE LAB  $\Delta E_{00}$ ; c) devijacije svjetline CIE LAB  $\Delta L_{00}$ ; d) devijacija kromatičnosti CIE LAB  $\Delta C_{00}$

Za razliku od cijan i magenta separacije na žutim otiscima amplitudno modulirani rasteri pridonijeli su korektnom otisku te oni gotovo minimalno odstupaju od reference A kategorije, dok je FM3 raster otisnut sa malo više odstupanja, no i dalje korektno otisnut  $DE_{00} < 5,5$ . Na dijagramu devijacije svjetline uočavamo kako FM3 raster najbliže prati liniju korektno otisnute reference A kategorije, dok su ostali amplitudno modulirani rasteri otisnuti tamnije. Kod dijagrama kromatičnosti situacija je obrnuta pa tako FM3 raster odstupa znatno više od amplitudno moduliranih rastera.

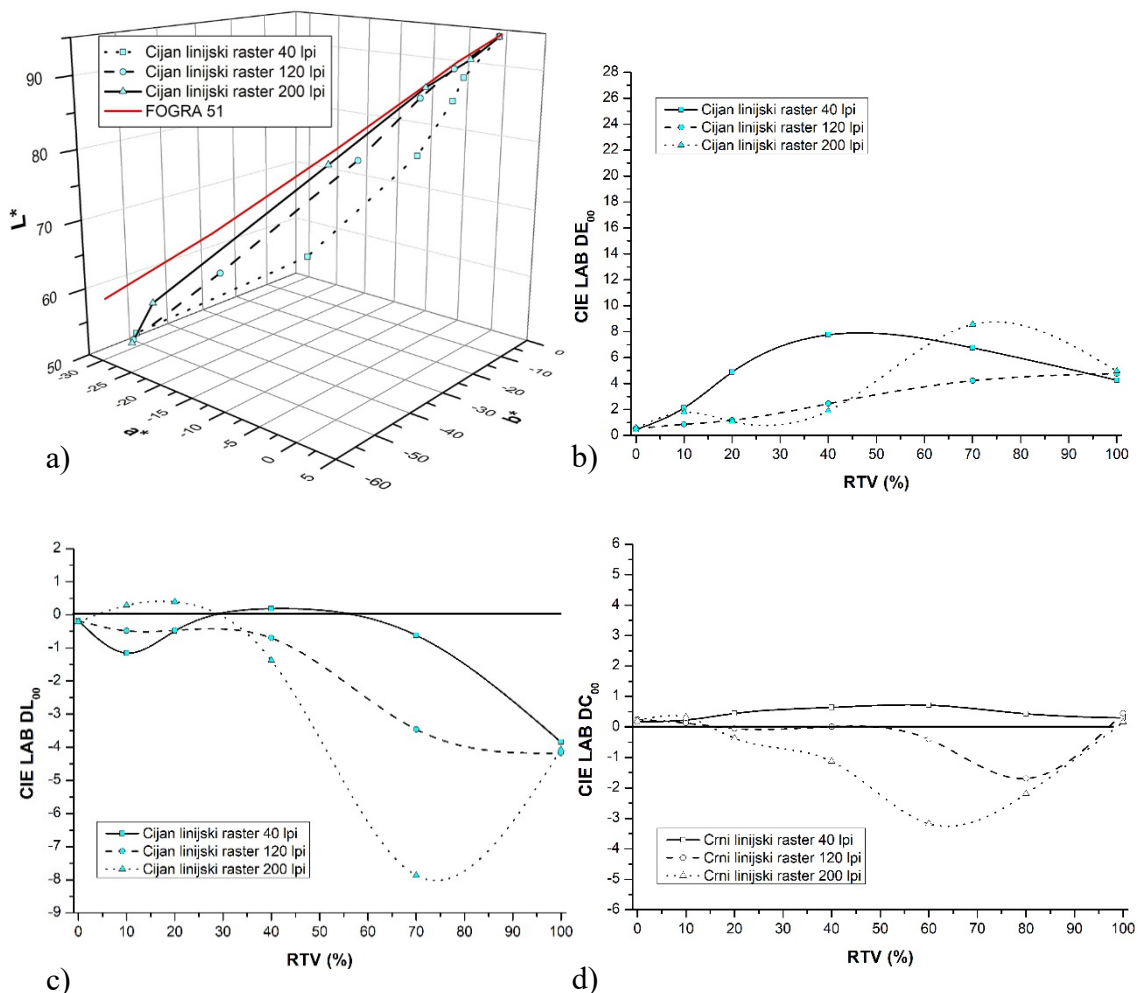


Slika 40 Crni otisci Konica Minolte C3070 ostvareni varijacijom tipa rastera: a) 3D CIE LAB dijagram; b) CIE LAB  $\Delta E_{00}$ ; c) devijacije svjetline CIE LAB  $\Delta L_{00}$ ; d) devijacija kromatičnosti CIE LAB  $\Delta C_{00}$

Kod crne separacije 120 linijski FM3 raster najkorektnije je otisnut te na CIE LAB  $\Delta E_{00}$  dijagramu možemo vidjeti kako on gotovo identično prati referentni uzorak A kategorije do 60% RTV-a te u području visokih rastertonskih vrijednosti malo odstupa. Devijacija svjetline također je korektna do polja od 60% RTV-a te tada minimalno odstupa prema tamnijim vrijednostima.

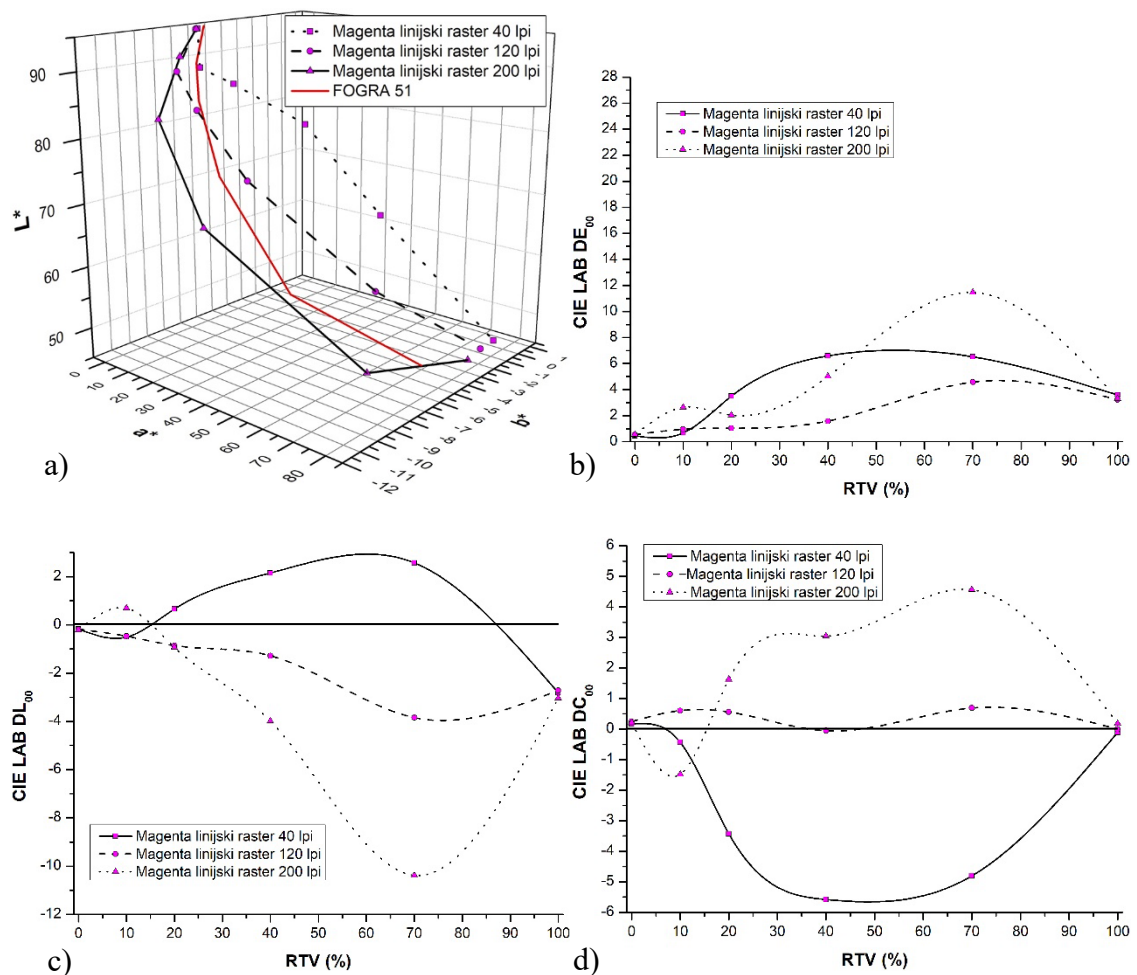
### 4.3. Rezultati kolornih separacija nastalih varijacijom linijature

Primjenom AM rastera tonska vrijednost procesnih boja ovisit će o veličini reproduciranih rasterskih elemenata. Tako će kod amplitudno moduliranog rastera svijetliji tonovi biti s manjom dimenzijom rasterskih elemenata, a tamniji tonovi s većom dimenzijom (preklopljeni) rasterskih elemenata. Tako će se primjenom većih linijatura (manje dimenzije rasterskih točaka) formirati otisak s većim brojem detalja. Za realizaciju standardnih višetonskih originala (kolornih fotografija) obično se primjenjuju linijature rastriranja od 60 do 120 linija po centimetru. Na slikama 41, 42, 43, 44. prikazane su krivulje reprodukcije FOGRA 51 standarda i tiskarskog stroja KM AccurioPress 3070 primjenom RIP-a Hikari (AM 40 LPI točkasti, AM 120 LPI točkasti, AM 200 LPI točkasti).



Slika 41 Utjecaj linijature rastriranja na tiskarskom stroju KM AccurioPress C3070 za cijan tonove: a) 3D CIE LAB prikaz; b) kolorna razlika CIE LAB  $\Delta E_{00}$ ; c) devijacija svjetline CIE LAB  $\Delta L_{00}$ ; d) devijacija kromatičnosti CIE LAB  $\Delta C_{00}$

Kod cijan separacije primjenom najmanje linijature (40 lpi) ostvaruje se najlošiji otisak. To je vidljivo i na specifičnoj 3D krivulji reprodukcije koja je najviše odmaknuta od FOGRA 51 standarda. Nastale razlike posebno su izražene u područjima srednjih i viših tonova (40% RTV-a i 70% RTV-a). Najbolji rezultati ostvareni su s primjenom 120 lpi rastera (standardna linijatura). Takvi otisci osim što su najbliži referentnoj krivulji imaju i linearni tonski raspon koji se s većom površinskom pokrivenošću udaljava (otisci su svjetliji). Niska cijan tonska područja zadovoljavajuće su otisnuta te u potpunosti prate referentnu FOGRA 51 krivulju. Visoka linijatura od 200 lpi će kao i niska dati nešto dulju krivulju reprodukcije koja je najviše odmaknuta od standarda u područjima viših tonskih vrijednosti.

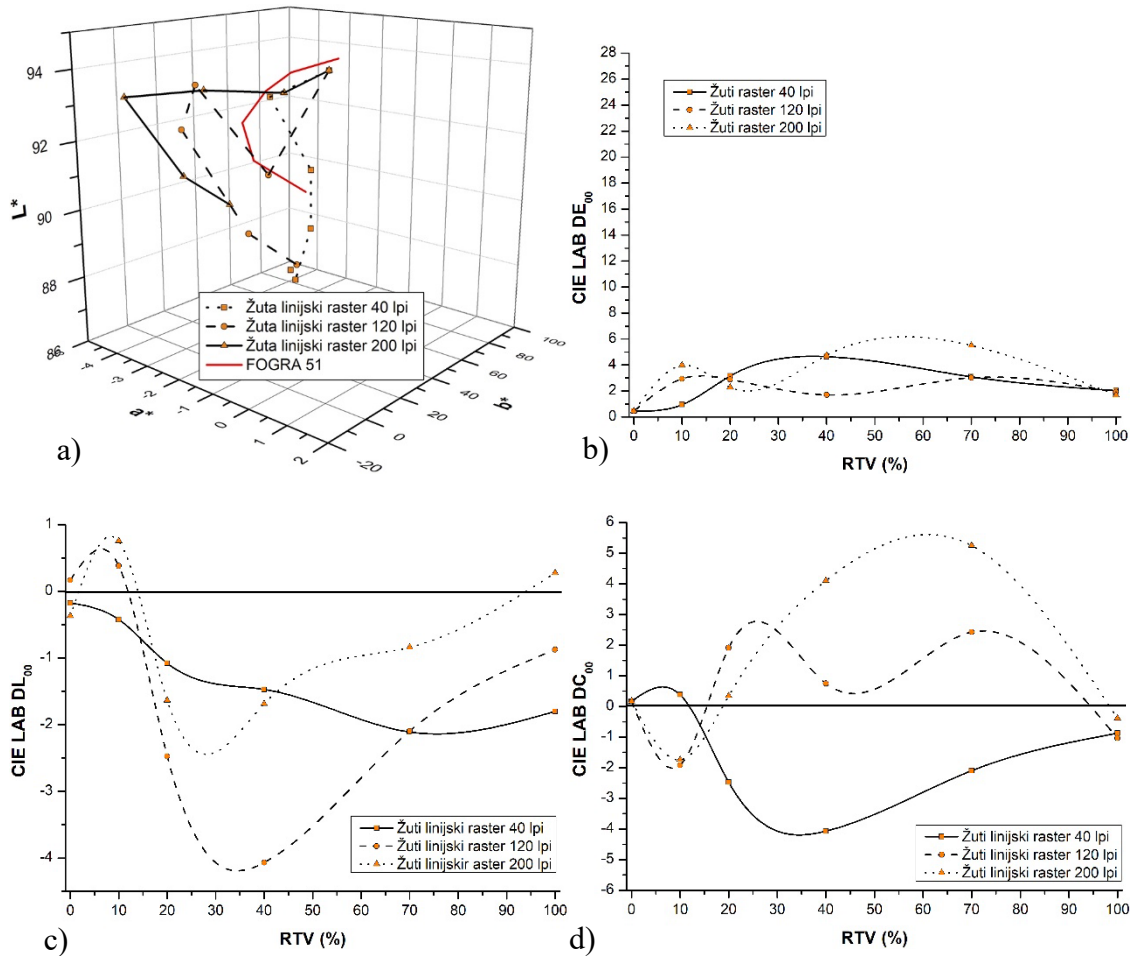


Slika 42 Utjecaj linijature rastriranja na tiskarskom stroju KM 3070 za magenta tonove: a) 3D CIE LAB prikaz; b) kolorna razlika CIE LAB  $\Delta E_{00}$ ; c) devijacija svjetline CIE LAB  $\Delta L_{00}$ ; d) devijacija kromatičnosti CIE LAB  $\Delta C_{00}$

Kod magenta kolorne separacije korištenjem najmanje linijature (40 lpi) rezultira najlošijim otiskom, to možemo vizualno zaključiti sa slike 42. a).

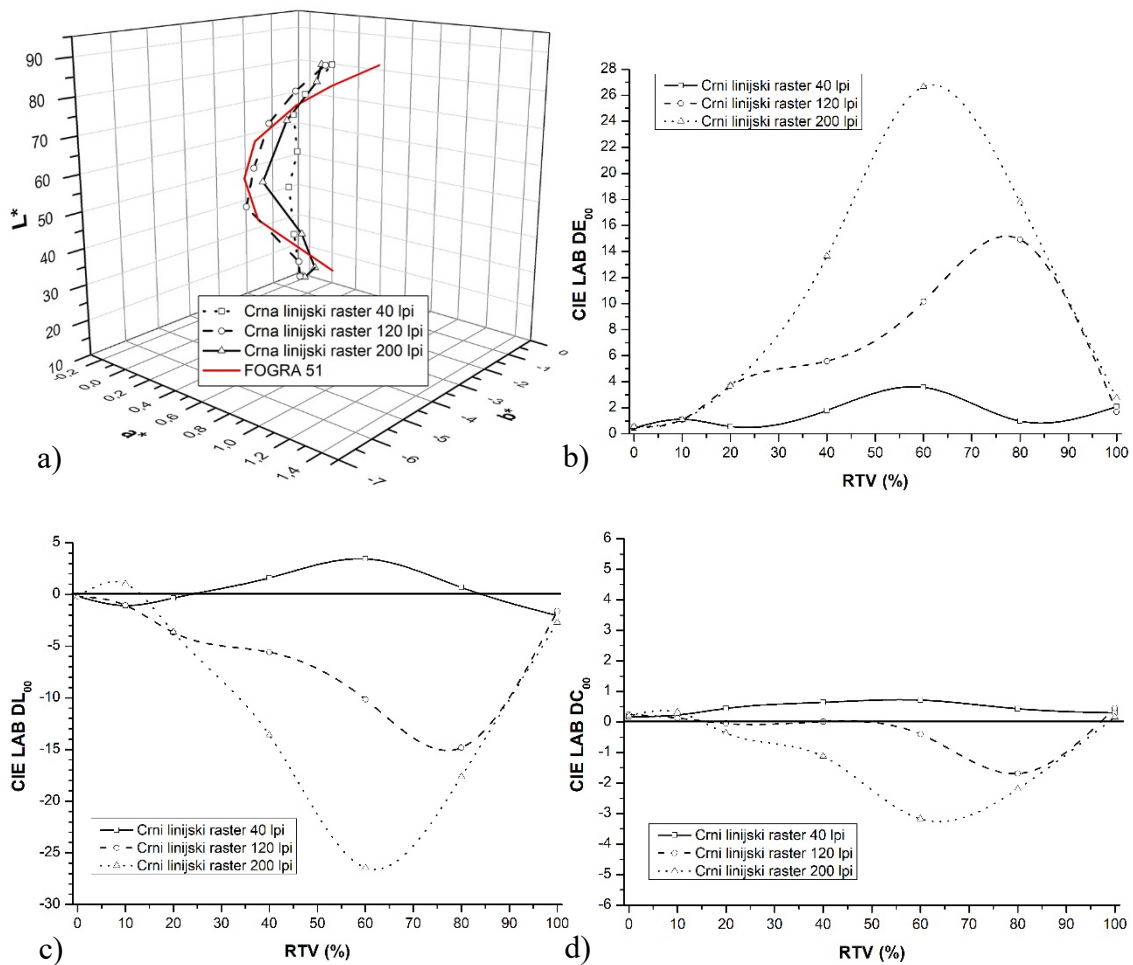


Ta, 40 linijska krivulja najviše odstupa od „zadane“ FOGRA 51 krivulje. Te razlike najuočljivije su na poljima od 20%, 40%, 70% i 100% RTV-a. Najviša mjerena linijatura (200 lpi) najbolje rezultira te blago odstupa od magenta krivulje FOGRA 51. Kod CIE LAB  $\Delta E_{00}$  uočavamo kako linijatura od 200 lpi najviše odstupa od predviđene vrijednosti te je  $\Delta E_{00} > 10$ , dok je u tom području najbolje rezultate dala linijatura od 40 linija po inču. Na dijagramu kromatičnosti uočavamo kako linijatura od 120 lpi gotovo savršeno prati liniju kromatičnosti s  $\Delta C_{00} < 1$ .



Slika 43 Utjecaj linijature rastriranja na tiskarskom stroju KM AccurioPress C3070 za žute tonove: a) 3D CIE LAB prikaz; b) kolorna razlika CIE LAB  $\Delta E_{00}$ ; c) devijacija svjetline CIE LAB  $\Delta L_{00}$ ; d) devijacija kromatičnosti CIE LAB  $\Delta C_{00}$

Sa slike 43. a) možemo vidjeti kako je linijatura od 200 lpi, žute separacije dala približno najbolje rezultate. Na dijagramu devijacije svjetline uočavamo kako je žuti linijski raster 200 lpi dao najbolji rezultat na punim tonovima (100% RTV), dok je na poljima niže rastertonske vrijednosti mnogo odstupao.



Slika 44 Utjecaj linijature rastriranja na tiskarskom stroju KM AccurioPress C3070 za crne tonove: a) 3D CIE LAB prikaz; b) kolorna razlika CIE LAB  $\Delta E_{00}$ ; c) devijacija svjetline CIE LAB  $\Delta L_{00}$ ; d) devijacija kromatičnosti CIE LAB  $\Delta C_{00}$

Linijski raster od 40 linija po inču crne kolorne separacije dao je najbolje rezultate kod probnih otisaka. Ona blago odstupa od svih idealnih krivulja. Dijagram devijacije kromatičnosti najbolje pokazuje ostvarenu prednost nad ostalim linijaturama, iako 120 linijaska linijatura idealno prati krivulju kromatičnosti do 60% rastertonske vrijednosti te se tada devijacija znatno povećava.

## 5. ZAKLJUČAK

Grafička priprema digitalni je proces grafičke proizvodnje u kojem pripremamo i oblikujemo sadržaj za tisak. Kvaliteta reproduciranog otiska može se manipulirati na više načina, a digitalna grafička priprema jedan je od glavnih faktora kojima možemo izmjeniti, odoosno poboljšati reprodukciju otisaka. Stroj na kojem se provodio eksperimentalni rad, Konica Minolta AccurioPress C3070, posjeduje kompatibilni Accurio Print Manager u kojem su izvršene promjene nad kalibracijskim krivuljama. Vršanjem alternacija kalibracijskih krivulja u segmentu grafičke pripreme možemo promijeniti ishod reproduciranih otisaka. Izvršenim kolorimetrijskim i denzitometrijskim mjerenjima prvotno otisnutih, bez ikakvog mijenjanja kalibracijskih krivulja, formi i usporedivši dobivene rezultate s FOGRA 51 standardima te referentnim, realnim uzorkom stroja Xerox Versant 80, kalibracijske krivulje pojedine CMYK separacije mogle su se točno modificirati kako bi se dobio otisak A kategorije.

Nakon procesa izmjene kalibracijskih krivulja sve četiri CMYK separacije boja isprintali su se uzorci forme s tri varijacije amplitudno moduliranih rastera – linijski, okrugli, romb te jednom varijantom frekventno moduliranog rastera – FM3. Svaki od pojedinih varijanti rastera otisnut je u serijama različitih linijatura – 40 lpi, 120 lpi i 200 lpi.

Kako je pretpostavljeno stohastički, FM3 raster pokazao se najbolji kod reproduciranja probnih otisaka. Od konvencionalnih tipova rastera najbolje reprodukcije dao je linijski raster, a okrugli i romb tipovi rastera u većini su slučajeva dali slične rezultate.

Također, od svih variranih linijatura, ona od 120 lpi, suprotno od onoga kako je pretpostavljeno, rezultirala je najboljom kvalitetom otiska. Dok je se najlošijom pokazala linijatura od 200 lpi. Iz dobivenih, korigiranih reprodukcija, ustanovili smo kako su ostvarena neznatna poboljšanja kvalitete otisaka, no u nekim slučajevima i smanjenja kvalitete otisaka. Izravna primjena korekcije kalibracijskih krivulja pojedine CMYK separacije putem print managera nije uspješna. Kako bi se sprovela uspješna korekcija reprodukcijских otisaka potrebno je napraviti vlastite ICC profile koji odgovaraju zahtjevima stroja na kojem se otiskuje. U kolornom svijetu, ICC profil je skup podataka koji karakteriziraju ulazni ili izlazni prostor boja prema standardima koje je proglasio međunarodni konzorcij za boje ICC (eng. International Color Consortium).

Tablica 7 Rezultati varijacije oblika rastera cijan separacije

Cijan $\Delta E$	Prije kalibracije	Okrugli raster	Linijski raster	Romb raster	FM3 raster
10% RTV	1,56	1,77	0,85	1,31	1,21
20% RTV	3,23	3,31	1,17	2,97	1,36
40% RTV	3,72	3,80	2,44	3,41	2,07
70% RTV	5,30	5,31	4,22	5,21	1,80
100% RTV	4,48	4,40	4,76	4,43	2,06
Srednje $\Delta E$	3,66	3,72	2,69	3,47	1,70

Tablica 8 Rezultati varijacije oblika rastera magenta separacije

Magenta $\Delta E$	Prije kalibracije	Okrugli raster	Linijski raster	Romb raster	FM3 raster
10% RTV	0,65	0,80	0,96	0,59	0,91
20% RTV	0,68	0,65	1,04	0,67	1,21
40% RTV	1,69	1,78	1,58	1,93	1,48
70% RTV	4,81	4,72	4,57	5,06	1,75
100% RTV	3,14	3,38	3,23	3,20	0,61
Srednje $\Delta E$	2,19	2,27	2,28	2,29	1,19

Tablica 9 Rezultati varijacije oblika rastera žute separacije

Žuta $\Delta E$	Prije kalibracije	Okrugli raster	Linijski raster	Romb raster	FM3 raster
10% RTV	1,37	1,45	2,93	1,53	1,75
20% RTV	0,79	0,88	2,89	0,80	3,06
40% RTV	1,21	1,29	1,70	1,19	5,36
70% RTV	2,81	2,75	3,02	2,78	3,36
100% RTV	1,95	2,20	1,92	1,96	1,85
Srednje $\Delta E$	1,63	1,72	2,49	1,65	3,08

Tablica 10 Rezultati varijacije oblika rastera crne separacije

Crna $\Delta E$	Prije kalibracije	Okrugli raster	Linijski raster	Romb raster	FM3 raster
10% RTV	1,39	1,70	1,09	1,45	0,72
20% RTV	2,40	2,76	3,68	2,64	0,46
40% RTV	5,80	6,19	5,57	6,12	1,02
60% RTV	10,82	11,99	10,16	11,54	0,56
80% RTV	10,27	11,72	14,92	11,46	3,32
100% RTV	1,07	2,18	1,68	2,09	2,12
Srednje $\Delta E$	5,29	6,09	6,18	5,88	1,37

Tablica 11 Rezultati varijacije linijature cijan separacije

Cijan $\Delta E$	40 lpi	120 lpi	200 lpi
10% RTV	2,1	0,9	1,8
20% RTV	4,9	1,2	1,1
40% RTV	7,8	2,4	1,9
70% RTV	6,8	4,2	8,6
100% RTV	4,3	4,8	5,0
<b>Srednje <math>\Delta E</math></b>	<b>5,2</b>	<b>2,7</b>	<b>3,7</b>

Tablica 12 Rezultati varijacije linijature magenta separacije

Magenta $\Delta E$	40 lpi	120 lpi	200 lpi
10% RTV	0,68	0,96	2,64
20% RTV	3,50	1,04	2,03
40% RTV	6,59	1,58	5,01
70% RTV	6,52	4,57	11,46
100% RTV	3,59	3,23	3,31
<b>Srednje <math>\Delta E</math></b>	<b>4,2</b>	<b>2,3</b>	<b>4,9</b>

Tablica 13 Rezultati varijacije linijature žute separacije

Žuta $\Delta E$	40 lpi	120 lpi	200 lpi
10% RTV	0,94	2,93	3,97
20% RTV	3,15	2,89	2,26
40% RTV	4,64	1,70	4,75
70% RTV	3,09	3,02	5,49
100% RTV	2,02	1,92	1,68
<b>Srednje <math>\Delta E</math></b>	<b>2,8</b>	<b>2,5</b>	<b>3,6</b>

Tablica 14 Rezultati varijacije linijature crne separacije

Crna $\Delta E$	40 lpi	120 lpi	200 lpi
10% RTV	1,11	1,09	1,08
20% RTV	0,56	3,68	3,67
40% RTV	1,80	5,57	13,65
60% RTV	3,57	10,16	26,66
80% RTV	0,98	14,92	17,77
100% RTV	2,08	1,68	2,73
<b>Srednje <math>\Delta E</math></b>	<b>1,6</b>	<b>7,1</b>	<b>12,6</b>

## 6. LITERATURA

- [1] [\\*\\*https://www.konicaminolta.com/about/csr/environment/globalwarming/toner/index.html](https://www.konicaminolta.com/about/csr/environment/globalwarming/toner/index.html)
- [2] [\\*\\*https://www.xerox.com/en-us/innovation/insights/chester-carlson-xerography](https://www.xerox.com/en-us/innovation/insights/chester-carlson-xerography)
- [3] [\\*\\*https://patents.google.com/patent/US8114559B2/en](https://patents.google.com/patent/US8114559B2/en)
- [4] Schein, L.B., Electrophotography and Development Physics, 2nd edition
- [5] Kipphan, H. (2001.), Handbook of Print Media, Heidelberg
- [6] Graphic Design and Print Production Fundamentals - Wayne Collins; Alex Hass; Ken Jeffery; Alan Martin; Roberto Medeiros; and Steve Tomljanovic
- [7] P. G. Andrus, F. W. Hudson: In Xerography and Related Processes, ed. by J. Dessauer, H. Clark (Focal, New York 1965) Chap. 14
- [8] Majnarić, I. (2015.) Osnove digitalnog tiska, Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- [9] Process Standard Digital, Handbook 2022, Fogra, Research Institute for Media Technologies, Munich
- [10] Harpavat. G, IEEE-1AS Annu. Conf. Proc. 569 (1977); IEEE Trans. 1A-IS, 681 (1979)
- [11] [\\*\\*http://www.drb-mattech.co.uk/uv%20blue%20wool.html](http://www.drb-mattech.co.uk/uv%20blue%20wool.html)
- [12] Gottsegen, M. (2006.), The Painter's Handbook
- [13] Kraushaar, A. (2014.), Instructions for use Fogra Media Wedge CMYK V3.0, Munich
- [14] Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva, Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- [15] Hornbeck, L. J., (1996.), Digital Light Processing and MEMS: Timely Convergence for a Bright Future. Texas Instruments, Dallas (TX)
- [16] The Future of Global Printing to 2022, Smithers Pira
- [17] UPM Paper Catalogue

[18] AccurioPress\_c3080\_3070 brošura

[19] Andrus, P. G., Hudson, F. W., (1965), In Xerography and Related Processes, ed. by J. Dessauer, H. Clark, Focal, New York, Chap. 14

## 7. PRILOZI

### POPIS SLIKA

Slika 1 Shematski dijagram 6 faza elektrofotografije (izvor: Schein, L.B., Electrophotography and Development Physics, 2nd edition).....	3
Slika 2 Prva otisnuta slika elektrofotografskim uređajem (izvor: Xerox, The Story of Xerography).....	4
Slika 3 Princip rada elektrofotografskih strojeva (izvor: Majnarić, I. (2015.) Osnove digitalnog tiska, Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu).....	6
Slika 4 Sheme uređaja koji se koriste za nabijanje fotokonduktora; a) korotron; b) skorotron (izvor: Schein, L.B., Electrophotography and Development Physics, 2nd edition).....	8
Slika 5 Skorotron Konica Minolte AccurioPress C3070 (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva).....	8
Slika 6 Fotoreceptori Konica Minolte AccurioPress C3070 (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva).....	9
Slika 7 Druga faza elektrofotografskog procesa – osvjetljavanje (izvor: Collins, W., Hass, A., Jeffery, K., Martin, A., Medeiros, R., Tomljanovic, S. (2015.), Graphic Design and Print Production Fundamentals) .....	10
Slika 8 Razvijačka jedinica Konica Minolte AccurioPress C3070 (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva) .....	12
Slika 9 Dijelovi razvijačke jedinice Konica Minolte AccurioPress C3070 (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva) .....	12
Slika 10 Praškasti toneri; a) mehanički proizveden toner; b) kemijski proizveden toner; c) dvokomponentni toner (izvor: Kipphan, H. (2001.), Handbook of Print Media, Heidelberg) .....	13
Slika 11 Toneri NIP tehnologija (izvor: Kipphan, H. (2001.), Handbook of Print Media, Heidelberg) .....	14
Slika 12 Transfer tonera (izvor: Majnarić, I. (2015.) Osnove digitalnog tiska, Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu).....	15



Slika 13 Peta faza elektrofotografskog procesa – fiksiranje tonera (fuziranje) (izvor: Majnarić, I. (2015.) Osnove digitalnog tiska, Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu).....	17
Slika 14 Fuzerska jedinica Konica Minolte AccurioPress C3070 (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva) .....	18
Slika 15 Sustav čišćenja fotoreceptora (izvor: Majnarić, I. (2015.) Osnove digitalnog tiska, Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu).....	19
Slika 16 Princip čišćenja četkastim valjkom (izvor: Majnarić, I. (2015.) Osnove digitalnog tiska, Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu).....	20
Slika 17 Dodana polja nove verzije Media Wedge V3.0 klina (izvor: Fogra) .....	22
Slika 18 Osnovna tiskarska jedinica KM AccurioPress C3070 (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva).....	24
Slika 19 a) Jedinica za ulaganje papira; b) moguće nadogradnje (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva) .....	25
Slika 20 a) Doradna jedinica za klamanje – FS-532; b) mogućnosti nadogradnje jedinice (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva).....	25
Slika 21 Pozicije klamanja doradne jedinice FS-532 (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva) .....	26
Slika 22 Izgled tiskovne forme korištene u eksperimentu.....	29
Slika 23 Kronološki dijagram izvršenog eksperimenta .....	31
Slika 24 Konica Minolta AccurioPress C3070 (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva) .....	33
Slika 25 Techkon Spectrodens – Advanced spektrofotometar (Izvor: <a href="https://www.techkon.com/spectrodens.html">https://www.techkon.com/spectrodens.html</a> ) .....	35
Slika 26 Dino-Lite EdgePLUS (izvor: <a href="https://www.dino-lite.eu/sv/?view=article&amp;id=84&amp;catid=25">https://www.dino-lite.eu/sv/?view=article&amp;id=84&amp;catid=25</a> ) .....	37
Slika 27 Čestica Simitri tonera .....	39

Slika 28 Stanje tiskarskog stroja Konica Minolta AccurioPress C3070 prije kalibracijskog procesa te potrebne korekcije: a) cijan krivulja reprodukcije u odnosu na FOGRA 51 standard; b) cijan kompenzacijskih vrijednosti za ostvarivanje FOGRA 51 standarda .	41
Slika 29 Realizacija cijan rastriranih elemenata linijature 120 lpi u područjima 10%, 20%, 40% i 70% RTV: a) okrugli raster; b) linijski raster; c) romb raster; d) FM3 raster .....	42
Slika 30 Stanje tiskarskog stroja Konica Minolta AccurioPress C3070 prije kalibracijskog procesa te potrebne korekcije: a) cijan krivulja reprodukcije u odnosu na FOGRA 51 standard; b) cijan kompenzacijskih vrijednosti za ostvarivanje FOGRA 51 standarda .	43
Slika 31 Realizacija magenta rastriranih elemenata linijature 120 lpi u područjima 10%, 20%, 40% i 70% RTV: a) okrugli raster; b) linijski raster; c) romb raster; d) FM3 raster .....	44
Slika 32 Stanje tiskarskog stroja Konica Minolta AccurioPress C3070 prije kalibracijskog procesa: a) žuta krivulja reprodukcije u odnosu na FOGRA 51 standard; b) žuta kompenzacijska krivulja za ostvarivanje FOGRA 51 standarda .....	45
Slika 33 Realizacija žutih rastriranih elemenata linijature 120 lpi u područjima 10%, 20%, 40% i 70% RTV: a) okrugli raster; b) linijski raster; c) romb raster; d) FM3 raster .....	46
Slika 34 Stanje tiskarskog stroja Konica Minolta AccurioPress C3070 prije kalibracijskog procesa: a) crna krivulja reprodukcije u odnosu na FOGRA 51 standard; b) crna kompenzacijska krivulja za ostvarivanje FOGRA 51 standarda .....	47
Slika 35 Realizacija crnih rastriranih elemenata linijature 120 lpi u područjima 10%, 20%, 40% i 60% RTV: a) okrugli raster; b) linijski raster; c) romb raster; d) FM3 raster .....	48
Slika 36 Kolorimetrijske promjene na Media Wedge V3.0 klinu (72 polja) nastale mjerenjem prije i poslije kalibracijskog procesa, i usporedbom s referencom FOGRA 51 .....	50
Slika 37 Cijan otisci Konica Minolte AccurioPress C3070 ostvareni varijacijom tipa rastera: a) 3D CIE LAB dijagram; b) CIE LAB $\Delta E_{00}$ ; c) devijacije svjetline CIE LAB $\Delta L_{00}$ ; d) devijacija kromatičnosti CIE LAB $\Delta C_{00}$ .....	52

Slika 38 Magenta otisci Konica Minolte AccurioPress C3070 ostvoreni varijacijom tipa rastera: a) 3D CIE LAB dijagram; b) CIE LAB $\Delta E_{00}$ ; c) devijacije svjetline CIE LAB $\Delta L_{00}$ ; d) devijacija kromatičnosti CIE LAB $\Delta C_{00}$ .....	53
Slika 39 Žuti otisci Konica Minolte AccurioPress C3070 ostvoreni varijacijom tipa rastera: a) 3D CIE LAB dijagram; b) CIE LAB $\Delta E_{00}$ ; c) devijacije svjetline CIE LAB $\Delta L_{00}$ ; d) devijacija kromatičnosti CIE LAB $\Delta C_{00}$ .....	54
Slika 40 Crni otisci Konica Minolte C3070 ostvoreni varijacijom tipa rastera: a) 3D CIE LAB dijagram; b) CIE LAB $\Delta E_{00}$ ; c) devijacije svjetline CIE LAB $\Delta L_{00}$ ; d) devijacija kromatičnosti CIE LAB $\Delta C_{00}$ .....	55
Slika 41 Utjecaj linijature rastriranja na tiskarskom stroju KM AccurioPress C3070 za cijan tonove: a) 3D CIE LAB prikaz; b) kolorna razlika CIE LAB $\Delta E_{00}$ ; c) devijacija svjetline CIE LAB $\Delta L_{00}$ ; d) devijacija kromatičnosti CIE LAB $\Delta C_{00}$ .....	56
Slika 42 Utjecaj linijature rastriranja na tiskarskom stroju KM 3070 za magenta tonove: a) 3D CIE LAB prikaz; b) kolorna razlika CIE LAB $\Delta E_{00}$ ; c) devijacija svjetline CIE LAB $\Delta L_{00}$ ; d) devijacija kromatičnosti CIE LAB $\Delta C_{00}$ .....	57
Slika 43 Utjecaj linijature rastriranja na tiskarskom stroju KM AccurioPress C3070 za žute tonove: a) 3D CIE LAB prikaz; b) kolorna razlika CIE LAB $\Delta E_{00}$ ; c) devijacija svjetline CIE LAB $\Delta L_{00}$ ; d) devijacija kromatičnosti CIE LAB $\Delta C_{00}$ .....	58
Slika 44 Utjecaj linijature rastriranja na tiskarskom stroju KM AccurioPress C3070 za crne tonove: a) 3D CIE LAB prikaz; b) kolorna razlika CIE LAB $\Delta E_{00}$ ; c) devijacija svjetline CIE LAB $\Delta L_{00}$ ; d) devijacija kromatičnosti CIE LAB $\Delta C_{00}$ .....	59

## POPIS TABLICA

Tablica 1 Broj klamanih stranica jedinice za broširani uvez SD-510 (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva) .....	26
Tablica 2 Karakteristike osnovne tiskarske jedinice AccurioPress C3070 (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva).....	34
Tablica 3 Tehničke karakteristike uređaja Techkon Spectrodens – Advanced (izvor: <a href="https://www.techkon.com/files/downloads/prospekte/SpectroDens%20Brochure%20Web.pdf">https://www.techkon.com/files/downloads/prospekte/SpectroDens%20Brochure%20Web.pdf</a> ).....	36
Tablica 4 Tehničke karakteristike uređaja Dino-Lite EdgePLUS (izvor: <a href="https://www.dino-lite.com/products_detail.php?index_m1_id=9&amp;index_m2_id=47&amp;index_id=169">https://www.dino-lite.com/products_detail.php?index_m1_id=9&amp;index_m2_id=47&amp;index_id=169</a> ) .....	37
Tablica 5 Tehničke ciljane vrijednosti UPM Finesse silk (izvor: <a href="https://www.upmpaper.com/products/paper-catalogue/categories/sheet-fed-offset-papers/upm-finesse-silk/">https://www.upmpaper.com/products/paper-catalogue/categories/sheet-fed-offset-papers/upm-finesse-silk/</a> ).....	38
Tablica 6 Postojanost na svjetlo Wool skala (izvor: Majnarić, I. (2022.), Tečaj za operatere digitalnih strojeva) .....	40
Tablica 7 Rezultati varijacije oblika rastera cijan separacije.....	61
Tablica 8 Rezultati varijacije oblika rastera magenta separacije.....	61
Tablica 9 Rezultati varijacije oblika rastera žute separacije.....	61
Tablica 10 Rezultati varijacije oblika rastera crne separacije.....	61
Tablica 11 Rezultati varijacije linijature cijan separacije.....	62
Tablica 12 Rezultati varijacije linijature magenta separacije .....	62
Tablica 13 Rezultati varijacije linijature žute separacije .....	62
Tablica 14 Rezultati varijacije linijature crne separacije.....	62