

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET**

DONATELA ŠARIĆ

**ANALIZA REPRODUKCIJE RASTERSKIH ELEMENATA
NA IN-LINE OPLEMENJENOJ TISKOVNOJ PODLOZI U
ELEKTROFOTOGRAFSKOM TISKU**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2019

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET**

DONATELA ŠARIĆ

**ANALIZA REPRODUKCIJE RASTERSKIH ELEMENATA
NA IN-LINE OPLEMENJENOJ TISKOVNOJ PODLOZI U
ELEKTROFOTOGRAFSKOM TISKU**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Igor Majnarić

Student:

Donatela Šarić

Zagreb, 2019

Zahvale

Veliku zahvalnost, u prvom redu, dugujem svom mentoru Igoru Majnariću koji mi je omogućio svu potrebnu opremu i pomogao svojim savjetima pri izradi ovog diplomskog rada i što je uvijek imao strpljenja i vremena za moje upite.

Također, zahvaljujem se sa svim svojim prijateljima i prijateljicama, koji su uvijek bili uz mene i bez kojih cijeli ovaj tijek mog studiranja ne bi prošao tako lako i zabavno. Posebnu zahvalnost iskazujem cijeloj svojoj obitelji, kao i obitelji Čamo koja me je uvijek podržavala.

Na kraju, najveću zaslugu za sve postignuto pripisujem svojim roditeljima na moralnoj i financijskoj pomoći i što su bili tu u svakom trenutku.

SAŽETAK:

Premazivanje tiskovne podloge u grafičkoj industriji primjenjuje se za različite svrhe. Prvenstveno to se očituje u poboljšanju kvalitete otiska i optimiziranju površinske napetosti. Nanos primer laka vrši se prije nanosa bojila kako bi se poboljšala adhezijska svojstva, kako u konvencionalnim tehnikama tiska, tako i u digitalnom tisku.

U današnje vrijeme elektrofotografija i Inkjet su vodeće tehnike digitalnog tiska. Razlog tomu je kvaliteta i brzina tiska. Standardno višebojno otiskivanje definirano je samo na nekoliko tiskovnih podloga. Međutim kako se svakodnevno primjenjuju novi materijali i tiskarska boja, potrebno je raditi na njenim boljim interakcijama. Jedna od mogućnosti je nanašanje tekućina za pospješivanje nanosa bojila (primer).

U ovom radu ispitivat će se korelacija između snaga korone i debljine nanosa primera te njihov utjecaj na kvalitetu otiska za reprodukciju četiri procesnih boja (CMYK) mjereći i uspoređujući varijacije ostvarenih promjera najmanjih rasterskih elemenata. Osim promjera, predmet promatranja biti će i deformacije oblika, odnosno kružnost reproduciranih rasterskih elemenata za svaku kolornu separaciju. Ispitivanje utjecaja debljine nanosa primera provodit će se u tri varijante, odnosno prethodnim nanašanjem primera u nanosu od $0,5 \text{ g/m}^2$ i 1 g/m^2 , te bez nanosa primera. Za utjecaj korone, također, će se primijeniti tri snage korona i to tisak bez korone, korona snage 450 W i korona snage 950 W. Rezultati pokazuju da tisak cijana bez djelovanja korona tretmana daje rasterske elemente koji imaju najveće odstupanje u veličini i kružnosti.

Eksperimentalnim otiskivanjem na HP Indigo WS 6800 najujednačeniji promjer i kružnost rasterskog elementa postignuti su sa koronom snage 450 W, što vrijedi za sve debljine nanosa primera. Oplemenjivanjem podloge koronama snaga 450 W i 950 W dati će najveća odstupanja u rasterskih elemenata u magenta boji. Boja koja ostvaruje najmanja odstupanja u veličini i kružnosti rasterskih elemenata je crna. Pri tom varijacija snage korone ne igra značajnu ulogu za ovu boju.

ABSTRACT:

Coating of printing surface in the printing industry is applied for different purposes, and among other things to improve print quality and optimize surface tension. Applying of the primer is just before to dyeing to enhance adhesion properties, both in conventional printing techniques and in digital printing. Nowadays, electrophotography and Inkjet are the leading digital printing technology because of the quality and speed of printing. In the electrophotography, is possible done corona treatment before the printing process, and at this stage it is very important to precisely and consistently shape future printing elements. As the charge is formed by the corona wire it is essential to adjust the corona strength depending on the substrate and the willing print.

In this paper, will be tested the correlation between the different corona power of the corona and the thickness of the primer application before four colour process prints (CMYK) by measuring and comparing the variations of the diameter of the printing elements depending on the primer thickness, but also on the corona charge power. In addition to the diameter, the object of observation will also be the deformation of the shape or the dot, circularity. The primer thickness test will be performed in three variants, the primer thickness is 0.5 g /m² and 1 g /m², and surface without the primer substrate. By the corona's device will also be used three corona powers; no power, 450 W corona and 950 W. The results show that cyan printing without the corona treatment gives raster elements with the largest deviation in size and circularity. Refinement with the corona power of 450 W and 950 W will give largest variations in dots in magenta. The colour that produces the smallest deviations in the size and circularity of the elements is black. The variation of corona power does not play a significant role for this colour.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. SREDSTVA ZA PREMAZIVANJE TISKOVNE PODLOGE I OTISAKA	2
2.1.1. Tiskarski lakovi na bazi ulja	4
2.1.2. Vododisperzivni lakovi	5
2.1.3. UV lakovi	6
2.1.4. Lakovi na bio bazi	8
2.2. METODE NANAŠANJA SREDSTVA ZA OPLEMENJIVANJE TISKOVNE PODLOGE	9
2.2.1. Ručni nanos primera Majerovom četkom	10
2.2.2. Nanos primera sa fleksografskom tiskarskom jedinicom	11
2.2.3. Nanos primera sa bakrotiskarskom tiskovnom jedinicom	13
2.2.4. Nanos bojila i lakova s ofsetnom tiskovnom jedinicom	14
2.2.5. Nanos bojila i lakova sa sitotiskarskom tiskovnom jedinicom	17
2.2.6. Nanos primera sa digitalnom tiskarskom jedinicom	18
2.2.6.a. Elektrofotografija	19
2.2.6.b Inkjet	21
2.3. KORONA TRETMAN	25
2.4. KVALITETA OTISAKA U DIGITALNOM TISKU	26
2.4.1. Gustoća obojenja	28
2.4.2. Rastertonska vrijednost (RTV)	29
2.4.3. Prirast rastertonske vrijednosti – Dot Gain	30
3. EKSPERIMENTALNI DIO	33
3.1. METODOLOGIJA RADA	33
3.2. KRUŽNOST RASTERSKIH ELEMENATA	36
3.2. KORIŠTENI STROJEVI I UREĐAJI	36
3.2.1. HP Indigo WS 6800 sa in-line jedinicom za nanos primera	36
3.2.2. In-line jedinica za nanašanje primera – HP Indigo WS 6800	38
3.2.3. QEA PIAS II digitalni mikroskop	39
4. REZULTATI I DISKUSIJA	40

4.1. ANALIZA PROMJERA RASTERSKIH ELEMENATA S OBZIROM NA VARIJACIJU SNAGE KORONE.....	40
4.2. ANALIZA KRUŽNOSTI RASTERSKIH ELEMENATA S OBZIROM NA VARIJACIJU SNAGE KORONE.....	47
4.3. ANALIZA PROMJERA RASTERSKIH ELEMENATA S OBZIROM NA VARIJACIJU DEBLJINE NANOSA PRIMERA.....	62
4.4. ANALIZA KRUŽNOSTI RASTERSKIH ELEMENATA S OBZIROM NA VARIJACIJU DEBLJINE NANOSA PRIMERA.....	68
5. ZAKLJUČCI.....	83
6. POPIS LITERATURE.....	86
Popis slika.....	88
Popis tablica.....	92

1.UVOD

Papir je gotovo idealna tiskovna podloga za različite primjene u grafičkoj tehnologiji. To je iskorišteno za tisak ambalaže, časopisa, knjiga i sl. Široka primjena papira omogućena je zbog njegove biorazgradivosti, dobrih mehaničkih svojstava i mogućnosti recikliranja. Međutim, zbog izraženih svojstva hidrofilitnosti i poroznosti papiri stvaraju izazov prilikom točnog određivanja obojenja otiska. Da bi otisak bio što sličniji originalu i da bi se varijacije u tisku svele na minimum potrebno je vršiti kontrolu vlage i temperature zraka.

Jedan od načina sprečavanja ostvarivanja veće količine vlage jest nanos barijernog sloja, odnosno nanos premaza na papir. Nanos odgovarajućeg premaza tako može pomoći u zaštiti tiskovne podloge, lakšeg podudaranja pasera, poboljšanju kvalitete otiska, ali i u unapređenju gotovog grafičkog proizvoda.

U grafičkoj industriji metode premazivanja mogu biti razne pri čemu se najčešće koriste lakovi na bazi ulja, vododisperzivni lakovi i trenutno najčešće UV lakovi. Ovisno o premazivanju otiska može se ostvariti sjajan ili mat efekt. Tiskarski mat lakovi se najčešće koriste za zaštitu ambalažne grafičke proizvode kao što su etikete, brošure. Za razliku od tiskarski lakova na bazi ulja, vododisperzivne lakove karakterizira veći učinak sjajnosti, brže sušenje otisaka te ekološka prihvatljivost. Takvo je dodatno premazivanje na otiske sveprisutniji u grafičkoj industriji, ali i u drugim granama industrije. Pri tom se misli na: automobilsku i zrakoplovnu industrija, tekstilnu industrija, keramičku industrija, vojnu industriju i sl. U tom slučaju, lakovi se koriste kako bise spriječila korozija, štetno djelovanje UV zraka, abrazija te nepoželjni vanjski utjecaji.

Unatoč dobrim navedenim karakteristikama lakova, potrebno je biti pažljiv prilikom doziranja i odabira premaza. Naime, različit nanos može različito izgledati na premazanom i nepremazanom papiru, što je posljedica upijanja bojila u strukturu papira. Zbog načina sušenja ton boje također može biti različita ukoliko se na prethodno otisnutoj boji nanosi UV lak, vododisperzivni lak ili tiskarski lak na bazi ulja.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. SREDSTVA ZA PREMAZIVANJE TISKOVNE PODLOGE I OTISAKA

U grafičkoj industriji otiskivanje se može vršiti na nepremazanom i premazanom papiru. Međutim, na premazanom papiru je kvaliteta otisaka veća. Razlog tomu je, što kada se tiska na nepremazanom papiru, gdje bojilo penetrira u papir, što u konačnici rezultira zamućenom slikom i gubitkom intenziteta boje. Osim toga, otisnuti rasterski elementi su nepravilnijeg i zamućenog oblika. U visokokvalitetnom papiru, premaz sprečava prodiranje bojila u papir, otisak je kontrastniji, boje su zasićenije, a detalji na slikama su izraženiji.

Papir se može premazivati prilikom same proizvodnje papir ili neposredno prije tiska (primjenom specijalne jedinice). Premaz se tako može nanijeti na papir po čitavoj proizvodnoj širini role ili parcijalno sa posebnim jedinicama za premazivanje araka. Količina nanesenog premaza kao i broj slojeva nanosa može varirati, jer se nakon sušenja premaza površina papira može se blago zagladi (za mat premazane papire) ili oštro (za premaze visokog sjaja). [1]

Prilikom proizvodnje papira u kašu se obavezno dodaju punila kako bi se povećala gramatura papira, opacitet, bjelina, mekoća, podatnost papira i glatkoća površine. Zbog svojih nehigroskopskih karaktera, punila dijelom utječu i na dimenzionalnu stabilnost papira. Međutim, čestice punila u papiru ometaju vezivanje celuloznih vlakana, što prvenstveno utječe na smanjenje čvrstoće papira, povećanje otpornosti papira na kidanje, savijanje i cijepanje. Prisutnost punila smanjuje i površinsku čvrstoću papira koja se manifestira čupanjem i prašenjem lista tijekom otiskivanja. Sve ove negativne pojave se mogu u potpunosti anulirati kvalitetnim premazivanjem papira. [2]

Primer sredstva za premazivanje je jedinstveni naziv za sve lakove koji se nanose prije samog početka tiska, odnosno prije nanašanja tiskarskog bojila. Osnovni uvjet je da primer bude suh prije kontakta s bojilom kako se ne bi ostvarila kontaminacija bojila i primera. Bitna karakteristika primer premaza tako je pospješivanje adhezije (vezivanja) boje i omogućavanje boljeg transfera boje na papir ili polimerne tiskovne podloge (koji

imaju nisku površinsku energiju). Osim sušenja primera bitna karakteristika je i sama debljina nanosa primera. Debljina nanosa mora biti konstantna kako se ne bi ostvarila tonska devijacija na otisku, odnosno motling.

Premaz primera osim otisku što daje sjaj i poboljšava mehanička svojstva, štiti bojilo tijekom grebanja i abrazije. Ponekad služi i kao dobar barijerni sloj za sprječavanje migracije tekućih tvari od kojih se sastoji boja što direktno poboljšava kvalitetu otiska te njegovu otpornost na toplinu. Osim toga, postupak premazivanja omogućuje veću brzinu tiska i bržu daljnju obradu i daje dodatnu vrijednost otisku (smanjuje savijanje i može služiti kao zaštita od krivotvorenja).

Specijalni primeri mogu se koristiti i za ukrašavanje i zaštitu otisnutih grafičkih proizvoda. Lakovi za premazivanje temelje se na organskim vezivima koji mogu biti i tekućine, prašci, čiji je mehanizam sušenja fizikalni ili kemijski. Fizikalno kemijski sušeci materijali se mogu nanašati premazivanjem, prskanjem, uranjanjem i drugim postupcima obrade površine što u konačnici rezultira različitim zaštitnim i dekorativnim premazom. Takvim postupcima stvaraju se besprijekorno stvrdnuti film od laka koji imaju visoki sjaj zajedno sa izvrsnim mehaničkom zaštitom (otpornost na otiranje).

Osim mehaničkih svojstava, premazi se često nanose kako bi otisak izgledao luksuznije i uočljivije. Ovisno o želji kupca, to se može postići mat ili sjajni premazom, metalik ili biserni premaz ili jednostavnim nanašanjem lećaste strukture da bi se dobio osjećaj treće dimenzije. Takvi lakovi mogu dati taktilni osjet ili osjet mirisa (primjenom mikrokapsula sa odgovarajućim mirisima).

U osnovi, lakove možemo podijeliti u četiri skupine: lakovi na bazi ulja, vododisperzivni lakovi, UV lakovi i lakovi na bio bazi. [3] Takvi lakovi obavezno sadrže veziva, otapala i dodatke. Glavni sastojak svakog laka je vezivo koje stvara osušeni film. Takav film mora biti tanak i ravnomjerno nanesen. Moguće komponentne u sastavu tiskarskih lakova prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Osnovne komponentne tiskarskog laka

Hlapljivi sastojci	Otapala		Lak i lakirana bojila	Osušeni film laka
Nehlapljivi sastojci	Vezivna sredstva	Površinski sloj laka, Omekšivači, Pomoćni materijali		
	Boja	Bojila i pigmenti		
	Dodaci	Punila		

2.1.1. Tiskarski lakovi na bazi ulja

Zbog svoje jednostavne formulacije i primjene, tiskarski lakovi na bazi ulja su premazi koji se najdulje koriste u grafičkoj industriji. Neškodljivi su za okoliš i lagani za aplikaciju. Nastali filmovi su žilavi, starenjem žute što negativno utječe na kvalitetu otiska. Lakiranje se izvodi pomoću standardnih tiskovnih jedinica, ali postoji mogućnost smanjenja kvalitete kod višebojnog tiska ako se lak nanosi na neosušeno bojilo. Tiskarski lakovi na bazi ulja pretežno se sastoje od mineralnih ulja, sušivih ulja, alkidnih smola, sikativa i različitih aditiva koji nemaju obojenje.[3]

Kada se govori o prednostima korištenja tiskarskih lakova na bazi ulja, onda su to: jednostavan postupak lakiranja, nekorištenje posebnih lak agregata, neosjetljivost na vlagu, dobra interakcija s nealkidnim bojilima i jednostavno izvođenje parcijalnog lakiranja. Međutim, osim prednosti koje omogućuje lakiranje na bazi ulja, postoje i nedostaci koji su upotrebu ovakvog lakiranja sveli na minimum (posebno u ambalažnoj industriji). Takvi nedostaci očituju se u sporom sušenju, povećano pudranje tijekom tiska, malom nanosu laka, slabom sjaju, žućenju otiska nakon određenog vremenskog perioda, neugodnom mirisu, otežanom lijepljenju na lakiranim mjestima. U industriji ambalaže lakiranje na bazi ulja potpuno je izgubilo na značenju te se danas gotovo i ne primjenjuje. Lakiranjem se postiže samo mehanička zaštita npr. prilikom transporta ili

korištenje proizvoda dok je efekt sjaja minoran. Za postizanje boljeg estetskog izgleda bolje je koristiti vododisperzivni ili UV sušeci lak.

2.1.2. Vododisperzivni lakovi

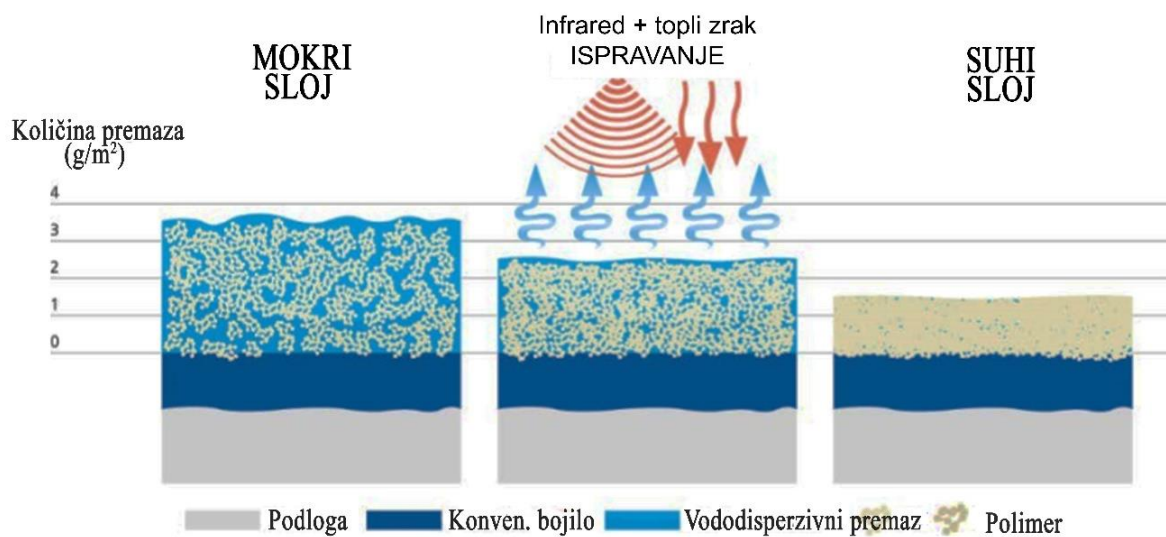
Vododisperzivni lakovi sastoje se od fino disperzirane mješavine modificiranih akrilnih smola, vodotopivih smola, voska i aditiva raspršenih u vodi. Udio suhe tvari se kod ovih lakova kreće između 35% - 45%. Prednosti vododisperzivnih lakova su: veći sjaj lakiranih otisaka, dobra mehanička zaštita grafičkih proizvoda, brzo sušenje otiska, lako pranje lak tiskarske jedinice (samo s vodom), neškodljivost za okoliš, otisak ne žuti nakon dužeg vremena, lak nema miris (nezamjenjiv je pri uporabi mirisno neutralnih bojila) te mogućnost ostvarivanja ravnomjernog trenja na otisnutim i neotisnutim mjestima. Nedostatak ove vrste lakova može se uočiti kod premazivanja tankih papira, gdje dolazi do deformacije uslijed povećanja vlage u samom laku. [4] Sastav i uloga pojedinih sastojaka u vododisperzivnom laku, prikazani su u tablici 2.

Tablica 2. Sastav i uloga sastojaka u vododisperzivnom laku

Sastojak	Uloga
Stirenska akrilna smola	Sirovina koja daje sjaj
Disperzije akrilata	Pospješuje sušenje i smanjuje abraziju
Voskovi	Otpornost na struganje
Silikoni	Sprječavanje pjenjenja
Sredstvo za vlaženje	Vlaženje
Amonijak	Otpuštanje smole
Matirajući pigmenti	Matiranje (za mat premaze)
Voda	Prilagodba viskoznosti / otapalo

Vododisperzivno lakiranje izvodi se tako da voda iz laka prvo penetrira u tiskovnu podlogu da bi nakon nekoliko sekundi započeo proces isparavanja. Tom procesu pomaže što se otisak izloži vrućem zraku i IR elektromagnetskom zračenju. Lakovi na bazi vode suše se u tunelima u koje se upuhuje topli zrak čime se proces sušenja znatno ubrzava. Ovaj tip laka prvenstveno se koristi se za lakiranje cijele površine, iako je lakiranje moguće obavljati i parcijalno.

Za razliku od tradicionalnog uljnog tiskarskog laka, vododisperzivni lak suši kombinacijom penetracije i isparavanja vode. Lakirana površina se tako ne bi se smjela doticati prvih 10 sekundi od formiranja otiska, dok će se u cijelosti sloj laka sušiti mnogo duže. Otisak otporan na ogrebotine ostvarit će se tek nakon potpunog sušenja bojila. Pritom je važan čimbenik sastav tiskovne podloge. To znači da je kao metoda oplemenjivanja prikladan za lakiranje ambalaže za prehrambenu industriju. Shematski prikaz sušenja vododisperzivnog laka prikazan je na slici 1.



Slika 1. Sušenje vododisperzivnih lakova

Izvor: <https://www.labelexpo-europe.com/sites/labelexpo/europe/files/2017/special-coatings-for-impact-v2.pdf>)

2.1.3. UV lakovi

Za razliku od vododisperzivnog i uljnog tiskarskog lakiranja, UV lakiranje omogućuje postizanje visokog efekata sjaja i velike glatkoće otisnute tiskovne podloge. UV lakovi sastoje se od tri osnovne komponente: tekućih smola, aditiva i fotoinicijatora.

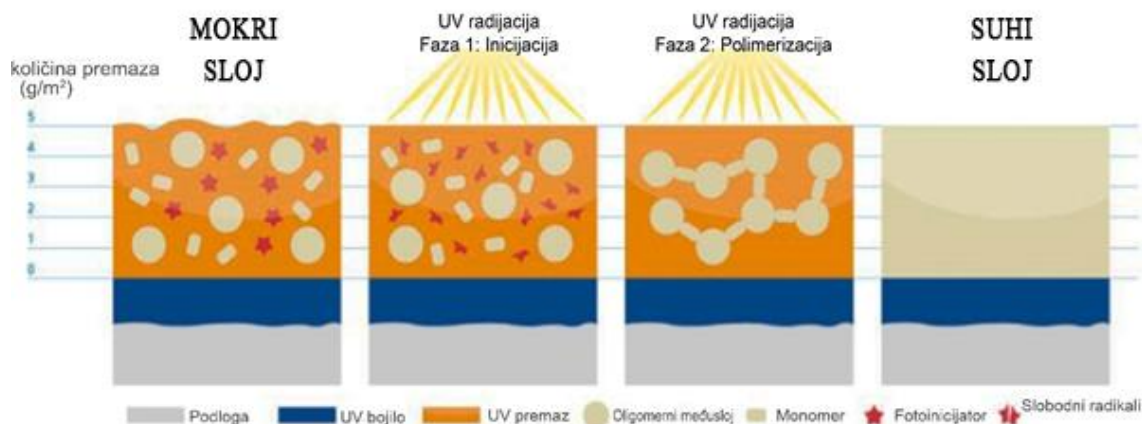
Fotoinicijatori su obavezne komponente koje omogućuju pokretanje lančane reakcije umrežavanja molekula pod utjecajem UV elektromagnetnog zračenja. UV sušeci lak će tako činiti mreža monomera i oligomera. Monomeri su male organske molekule, koje su povezane kovalentnim vezama i koji grade oligomere i polimere. Kako oligomeri posjeduju znatno veću molekularnu masu od monomera, samim time se ostvaruje

preduvjet brzog stvrdnjavanja i stvaranja tankog filma laka (kemijska postojanost, tvrdoća, sjaj i dobra adhezijska svojstva).[5] Glavni sastojci UV laka i njihova uloga prikazani su u tablici 3.

Tablica 3. Sastav i uloga sastojaka UV lakova

Sastojak	Uloga
Epoksi akrilat	Ljepilo
Monomeri	Reaktivni razjeđivač
Amin	Blokator kisika
Fotoinicijator	Aktivator reakcije
Dodaci	Smanjenje pjenjenja, brže sušenje
Matirajući pigmenti	Matiranje (za matirajuće premaze)

UV lakovi ne sadrže lako hlapljiva otapala pa tako ne suše se isparavanjem, nego suše polimerizacijom fotoinicijatorima. Izlaganjem otisaka UV elektromagnetskom zračenju dolazi do momentalnog sušenja, odnosno osvijetljeni fotoinicijatori započinju polimerizaciju. To rezultira stvaranjem slobodnih radikala, odnosno skrućivanjem boje. Takvim se lakovima postižu visoko kvalitetni otisci s dobrim mehaničkim i kemijskim svojstvima, a svoju primjenu su našli na svim vrstama tiskovnih podloga. UV lak je posebno prikladan za in-line lakiranje upravo zbog svoje velike brzine sušenja. Za visoku reaktivnost u procesu sušenja zaslužni su UV izvori koji aktiviraju tipičnu energiju i započinju proces polimerizacije monomera.[6] Shematski prikaz sušenja UV prikazan je na slici 2.



Slika 2. Sušenje UV lakova

(Izvor: <https://www.labelexpo-europe.com/sites/labelexpo/europe/files/2017/special-coatings-for-impact-v2.pdf>)

2.1.4. Lakovi na bio bazi

Kako bi se povećala barijerna svojstva papira i njegova otpornost na vlagu obično se primjenjuju lakovi na bazi naftnih derivata. Tipični predstavnici su: polietilen, parafinski voskovi i/ili fluorderivati. Njihovim nanašanjem površinska hidrofobnost se poboljšava ali se i ostvaruje slaba mogućnost recikliranja i ekološka prihvatljivost (zbog generiranog otpada s nedostatkom bio razgradnje). Alternativno se upotrebljavaju biopolimeri (polisaharidi, proteini, lipidi i poliesteri), koji su pogodni za formuliranje novih biopremaza. Međutim, poteškoće u obradi većine biopolimera mogu nastati zbog izraženije hidrofilnosti, krhkosti ili nestabilnosti taline što ometa potpuno iskorištavanje u drugim industrijskim granama.

Biopolimeri kao barijerni premazi na papiru mogu zamijeniti trenutne sintetičke materijale za premazivanje. Nekoliko biopolimera već je testirano kao premaz za papir i karton. Riječ je o polisaharidima (škrob i derivati celuloze, hitosan i alginati), proteinima (kazein, sirutka, kolagen, soja i gluten), lipidima (pčelinji vosak i slobodne maske kiseline), poliesterima (polihidroksialkanoati (PHA) i poliaktičkim kiselinama (PLA)). Međutim, budući da su mnogi polimeri na biološkoj osnovi hidrofilni, njihova barijerna i mehanička svojstva ovise o atmosferi okoline. Biopolimerni premazi ne samo da daju fleksibilnost za biorazgradnju, već predstavljaju način za poboljšanje funkcionalnosti papirnih površinskih premaza.[7]

2.2. METODE NANAŠANJA SREDSTVA ZA OPLEMENJIVANJE TISKOVNE PODLOGE

Primer lak je jedinstveni naziv za lakove koji se koriste i za pred obradu površine. Pri tom se na tiskovnoj podlozi tanki sloj laka koji povezuje sloj bojila, kako bi se spriječilo njihovo otiranje. Osim toga sloj primera izravnavati će otisnutu površinu i tako stvoriti ugladenu podlogu, što je preduvjet za veću adheziju bojila i sjaj. Nanos primera može biti izveden ručnom ili strojnom metodom. Ručni nanos primera najčešće se koristi za probno i laboratorijsko otiskivanje dok se u strojnom nanosu nanosi isto kao i tiskarsko bojilo s malim modifikacijama tiskarske jedinice (brzina nanašanja, nanos premaza). Tiskarske tehnike koje se uspješno koriste za postupak nanašanja primera prikazane su u tablici 4.

Tablica 4. Tehnike otiskivanja i njihova mogućnost primjene u nanašanju primera

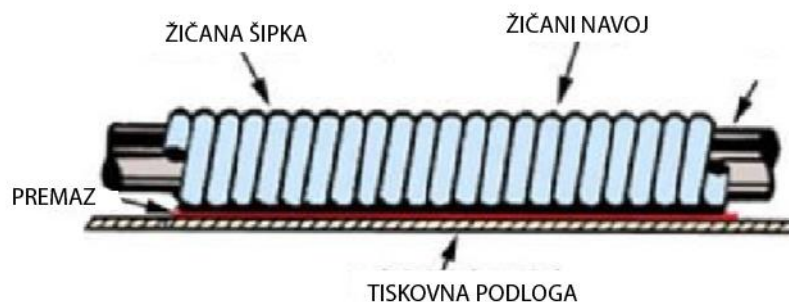
VRSTA TISKA	BOJILA I LAKOVI NA BAZI			
	OTAPALO	VODA	ULJE	UV
FLEKSO TISAK	DA	DA	X	DA
LETTERSET	X	X	DA	DA
OFSETNI TISAK	X	X	DA	DA
SITOTISAK	DA	X	X	DA
BAKROTISAK	DA	DA	X	X
DIGITALNI TISAK	Inkjet	Inkjet	HP indigo	Inkjet

Sa svim tehnikama tiska navedenim u tablici 4, nanos primera se može ostvariti preko cijelog otiska, ili selektivno, (samo na određene dijelove koji se žele otisnuti). Između fleksografskog tiska, letterseta, ofsetnog tiska, sitotiska, bakrotiska i digitalnog tiska očituje se u debljini formiranog nanosa primera, izgledu tiskovne forme za premazivanje i konzistenciji primera. Ipak se najčešće koriste vododisperzivni primeri koji naspram tradicionalnog tiskarskog laka za premazivanje daju bolji sjaj, povećava otpornost tiskovne podloge, smanjuje lijepljenje prašine i brže se nanosi.

2.2.1. Ručni nanos primera Majerovom četkom

Ručni nanos primera najčešće se koristi kod izrade probnih uzoraka. Razlog tomu je jednostavnost, ekonomičnost i učinkovitost takvog premazivanja. Ručni nanos primera obično se izvodi pomoću žičanih četki gdje mali promjer namotaja žice omogućuje konstantnu debljinu nanosa primera. Tako će se ovisno o profilu udubina između žica stvoriti veća ili manja količina premaza. Velika prednost takvih četki je jednostavnost primjene (povlačenje) i lagano čišćenje. Nedostatak ove metode je ručna izvedba, tj. brzina i pritisak šipke ne ostvaruju mogućnost segmentnog nanosa laka.

Osim ručnog nanosa Majerovom četkom, postoji i mogućnost automatskog principa nanašanja. Automatski aplikatori za premazivanje omogućuju ponovljiv način nanosa boja i/ili drugih lakova na veoma ujednačen i reproduktivan način. Tako je prilikom nanašanja moguće kontrolirati brzinu i pritisak. Presjek tipične Majerove četke prikazan je na slici 3.



Slika 3. Izgled majerove četke za ručni nanos laka

(Izvor: <https://www.labelexpo-europe.com/sites/labelexpo/europe/files/2017/in-house-testing-of-inks.pdf>)

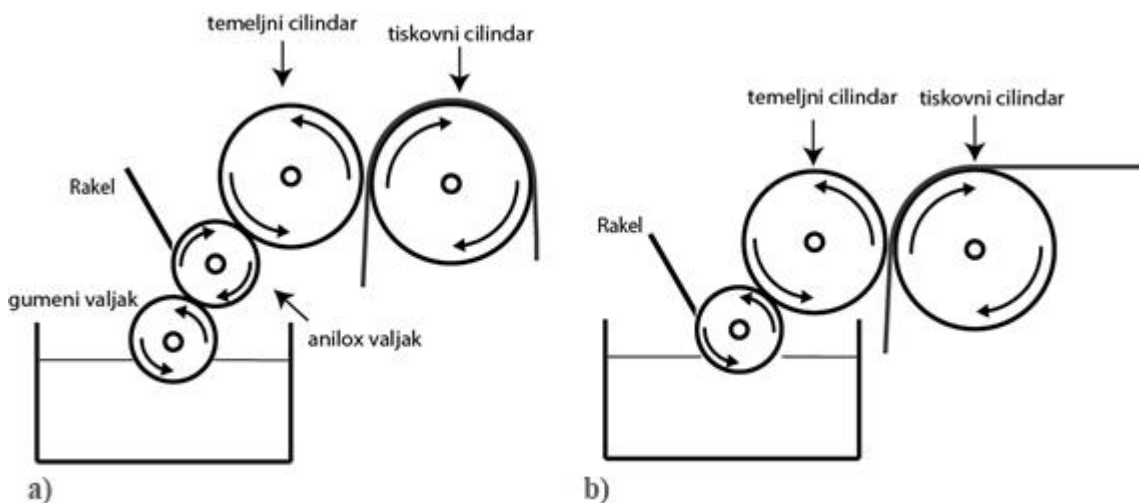
Majerove četke stvaraju vrlo dosljedne premaze, čak i kod premaza pastoznih tiskarskih boja, ali ne daju nikakve tipične površinske karakteristike nastale tijekom procesa tiska. Tiskovna podloga i njena svojstva pritom imaju veliku ulogu u kvaliteti nanosa premaza. [5]

2.2.2. Nanos primera sa fleksografskom tiskarskom jedinicom

Fleksografski tisak je tehnika visokog tiska koja se prvenstveno koristi za tisak ambalaže. Razlog tomu je mogućnosti tiska na tiskovnim podlogama različitih sastava. Tiskovna forma se izrađuje od gume ili polimera, na kojoj su tiskovni elementi povišeni s tipičnom linijaturom od 20 do 60 lin/cm. Današnji fleksografski strojevi za tisak obično se sastoje od 8 do 10 tiskovnih jedinica. Na kraju stroja često se nalaze jedinice za završnu obradu materijala, kao što su izrezivanje, laminacija, utiskivanje i sl.

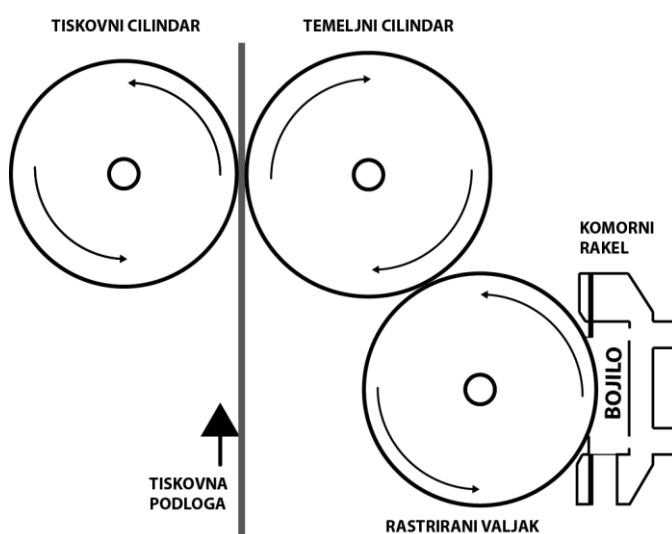
Tiskovna jedinica kod fleksografskog tiska sastavljena je od uređaja za obojenje sa dva cilindra (tiskovnog i temeljnog). Zbog male viskoznosti fleksografskog bojila, uređaj za obojenje jednostavne je konstrukcije te ne sadrži valjke za razribavanje bojila (kratki put bojila). Postoje tako dva glavna načina prijenosa bojila, a to su sustav za obojenje sa gumenim valjkom i sustav za obojenje sa komornim rakelom.

Kod sustava za obojenje sa gumenim valjkom, rastirani odnosno anilox valjak prima bojilo od gumenog valjka (duktora) koji je djelomično uronjen u bojanik. Brzina okretanja gumenog valjka je promjenjiva u odnosu na brzinu rotacije anilox valjka čime se postiže da tekuće bojilo ulazi samo u ćelije anilox valjka. Drugi način je da se bojilo direktno nanaša na anilox valjak te skida dodatnim rakelom. Proces nanašanja fleksografskog bojila prikazan je na slici 4.



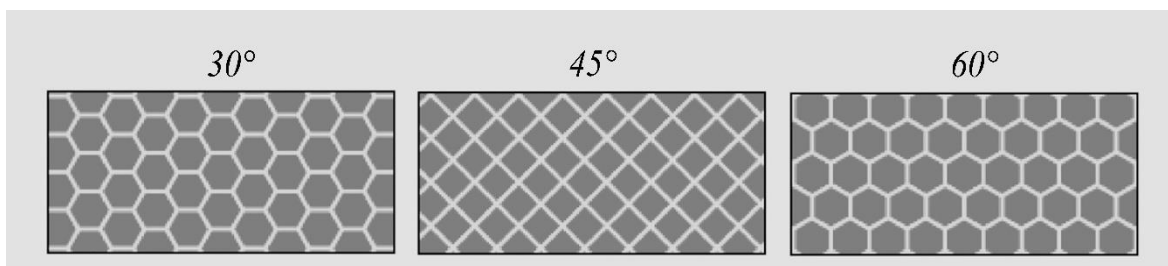
Slika 4. Sustav za obojenje sa gumenim valjkom
a) indirektni princip, b) direktni princip

Kod sustava s komornim rakelom (slika 5), bojanik je zamijenjen s mehanički zatvorenom komorom koja je u direktnom kontaktu sa anilox valjkom. Komora tako ima dva rakel postavljena na krajevima unutar koje se nalazi bojilo ili lak. Odnosno, prvi rakel je smješten pod kutom suprotnim od rotacije rastriranog anilox valjka, a drugi rakel samo ostvaruje kontakt kako bi bojilo ostalo unutar komore. Ovakvi sustavi nanosa bojila su mnogo precizniji od sustava sa gumenim valjkom, što se očituje u smanjenju isparavanja otapala iz boje.[8]



Slika 5. Sustav za obojenje sa komornim rakelom

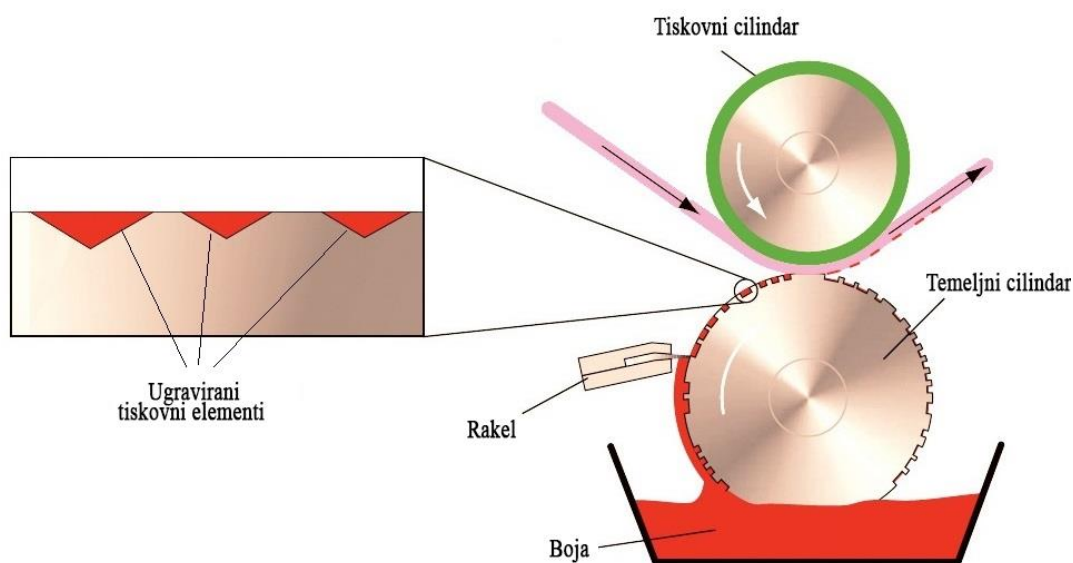
U fleksografskom tisku mogu se koristiti različiti anilox valjci, odnosno valjci sa različitim dubinama i veličinama „člašica“. Pri tom se mijenjaju kutovi udubina čime se utječe na vrijednosti njihove distribucije. Mogući oblici aniloks rasterskih mrežica tako jesu: ortogonalna, dijagonalna, linearna ili romboidna mreža. Tako će kut od 30°, 45° i 60° ostvariti drugačiji nanos laka ili fleksografskog bojila (slika 6). Tako će se aniloks sa kutom od 30° koristiti za premazivanje lakovima. Za nanašanje viskoznijih tekućina (tiskarskih bojila) koristit će se dva kuta (45° i 60°), odnosno dijamantni uzorak za tisak novina, dok će se heksagonalni uzorak koristiti za višetonski tisak.



Slika 6. Različiti kutovi graviranja anilox valjka

2.2.3. Nanos primera sa bakrotiskarskom tiskovnom jedinicom

Specifičnost dubokog tiska je tiskovna forma kod koje su slobodne površine u osnovnoj ravnini u odnosu na snižene tiskovne elemente. Tiskovni elementi se dobivaju procesima jetkanja ili graviranja, a u posljednje vrijeme i laserskom abrazijom površinskog sloja. Najznačajniji predstavnik dubokog tiska je bakrotisak. U bakrotisku se tisak odvija prijenosom bojila sa graviranog cilindra direktno na tiskovnu podlogu. Zbog mogućnosti ostvarivanja različitog nanosa to je ujedno i najkvalitetnija tehnika premazivanja, ali i najskuplja metoda tiska. Razlog tomu je složenost izrade tiskovnog cilindra. Zbog toga se bakrotisak najčešće koristi za veće naklade. U odnosu na fleksografski tisak, u bakrotisku je nanos bojila mnogo veći, ali je viskoznost bojila niža kako bi se bojilo lako moglo iz tiskovnih elemenata prenijeti na tiskovnu podlogu. Na slici 7 prikazana je osnovna tiskovna jedinica bakrotiska.

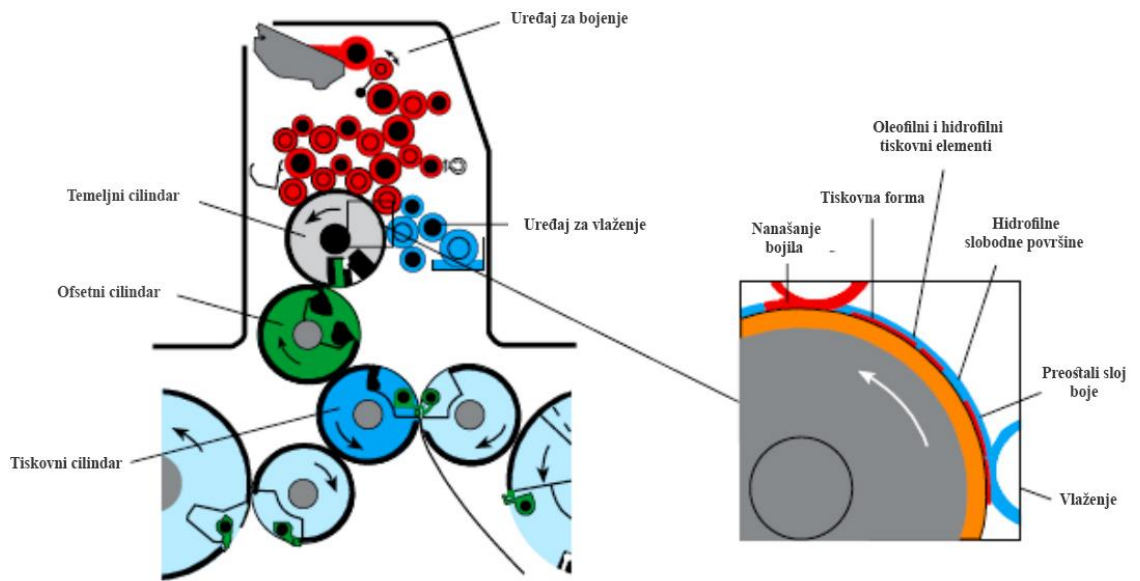


Slika 7 Shematski prikaz obojenja u dubokom tisku

Za bakrotisak karakteristična je brzina tiska koja se kreće od 120 do 300 m/min, a u zoni dodira između temeljnog i tiskovnog cilindra nalazi se tiskovna podloga koja je pod pritiskom od 4 do 5,5 MPa·s. Pri tom pritisku bojilo se iz tiskovnih elemenata izvlači adhezijskim silama i prenosi na tiskovnu podlogu. Sušenje bojila u bakrotisku provodi se isparavanjem, a debljina nanosa bojila nakon sušenja je od 0,8 do 2 μm.

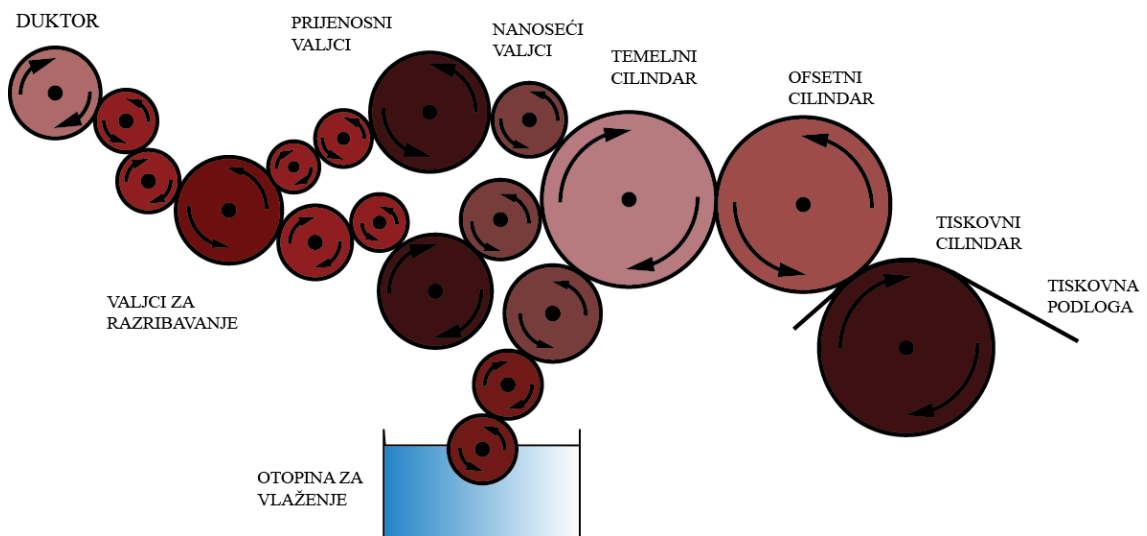
2.2.4. Nanos bojila i lakova s ofsetnom tiskovnom jedinicom

U grafičkoj industriji ofsetni tisak je najzastupljenija tehnika tiska. Razlog tomu je jednostavan pripremni proces, visoka kvaliteta tiska i niska cijena otiskivanja proizvoda. Tiskovna forma za ofsetni tisak ima tiskovne elemente i slobodne površine u istoj ravnini (razlika u visini je svega nekoliko mikrometara). Osnovni princip baziran je na fizikalno – kemijskoj pojavi močenja, odnosno hidrofilnosti i oleofilnosti tiskovnih elemenata i slobodnih površina. Karakteristika ofsetnog tiska je, što osim sustava za obojenje, ima i sustav za vlaženje tiskovne forme. I jedan i drugi sustav se sastoje od većeg broja valjaka za razribavanje i nanašanje. Time se ujedno postiže jednoličan sloj bojila i tekućine za vlaženje na tiskovnoj formi. Kako se masno ofsetno bojilo ne bi prihvatilo na prethodno ovlažene slobodne površine. Premaz bojila nastaje kontaktom tiskovne forme i ofsetnog cilindra pri čemu dolazi do transfera bojila sa tiskovnih elemenata na gumenu ofsetnu navlaku s koje se bojilo potom prenosi na tiskovnu podlogu. Sila u dodirnoj zoni cilindara je između 2,5 i 3 MPa·s, a ostvarena debljina nanosa bojila kreće se od 0,5 do 1,5 μm. Sušenje se provodi oksipolimerizacijom površinskog sloja i penetracijom tekućih komponenata bojila u tiskovnu podlogu. Viskoznost standardnog ofsetnog bojila je od 40 do 80 Pa·s. Osnovne komponente uz prikaz nastajanja obojenja na tiskovnoj formi prikazan je na slici 8.



Slika 8 Osnovna ofsetna tiskovna jedinica

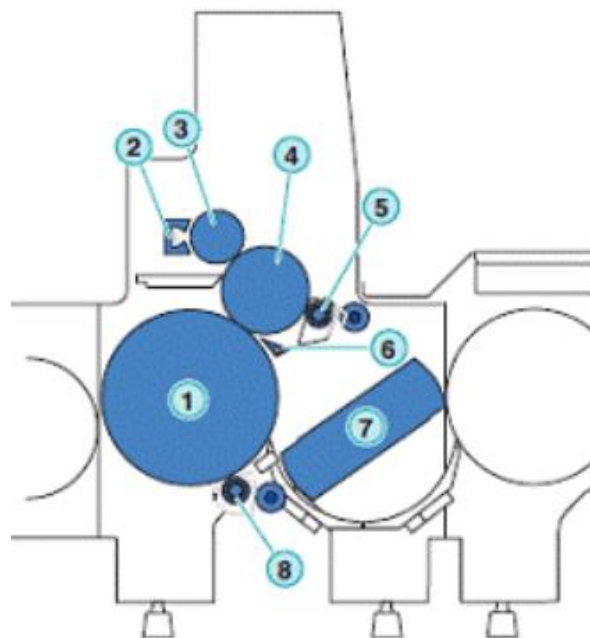
Ofsetni tiskarski strojevi su univerzalni te mogu otiskivati iz arka i iz role. Za potrebe tiska ambalaže i etiketa brzina otiskivanja se rapidno povećava. Samim time i konstrukcija tiskovne jedinice se mijenja te se put boje skraćuje ugradnjom manjeg broja valjaka. Na slici 9 prikazana je jedna takva tiskovna jedinica.



Slika 9 Kratka jedinica za lakiranje u ofsetnom tisku

Za izradu kompleksnijih tiskanih proizvoda tiskarskim strojevima se dodaju i druge tiskovne jedinice. Tako kod *in-line* ofsetnog tiska, jedinica za lakiranje nalazi se iza zadnje ofsetne tiskarske jedinice. Tiskarska jedinica za lakiranje je slične građe kao i jedinica za nanos bojila, ali se razlikuje po tome što se umjesto uobičajene tiskovne forme za plošni tisak koristi tiskovna forma za fleksotisak. Na temeljni cilindar prislonjen je na tiskovnu formu, a samim time i na tiskovnu podlogu. Lak se pod pritiskom u komoru sa rakelima dovodi cijevima iz koje se direktno nanosi na anilox valjak. Gornji i donji rakel služe za skidanje viška bojila s anilox valjka. Tako da lak ostaje u ćelijama.

Tiskovna jedinica za lakiranje razlikuje se od jedinice za obojenje, gdje se razlika očituje ponajviše u veličini, pri čemu je jedinica za lakiranje manje konstrukcije jer se ne koriste valjci za razribavanje. Na slici 10 prikazana je jedinica za lakiranje koja se sastoji od tiskovnog cilindra (1), komornog rakela (2), rastriranog (anilox) valjka(3), tiskovne forme za lakiranje (4), sustava za čišćenje forme (5), sustava za raspuhavanje zraka na tiskovnom cilindru(6), prijenosnog bubnja (7) i sustava za pranje tiskovnog cilindra (8).

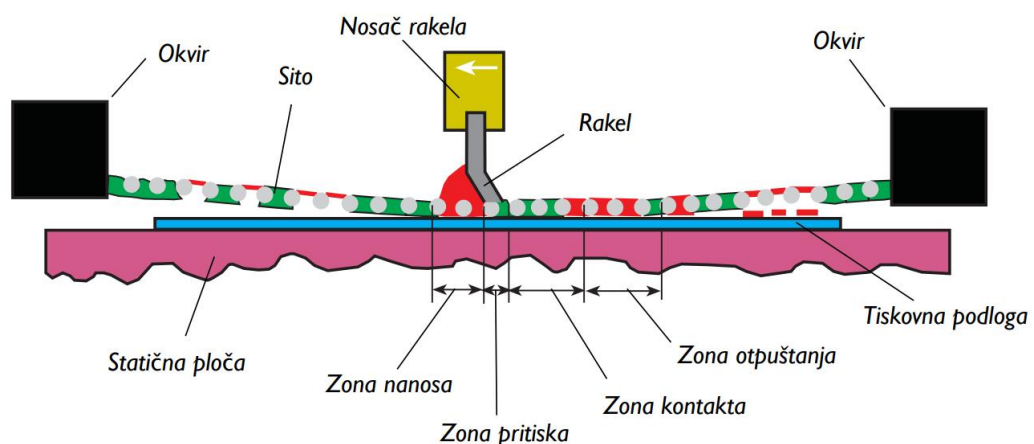


Slika 10 Prikaz jedinice za lakiranje

Sav višak laka skinut s anilox valjka vraća se u spremnik iz kojeg se ponovo vraća cijevima u komorni rakel. Tijekom cijelog procesa tiska lak cirkulira pri čemu dolazi i do pročišćavanja. Sustav za nanos laka je zatvorenog tipa te radi na principu tlačenja laka.

2.2.5. Nanos bojila i lakova sa sitotiskarskom tiskovnom jedinicom

Sitotisak je tiskarska tehnika koja se uspješno koristi u velikom broju industrijskih grana jer omogućuje tisak i premazivanje na različitim oblicima i vrstama tiskovnih podloga (drvo, tekstil, plastika, staklo, keramika, guma, koža, juta, karton, papir i dr.). Sitotisak je industrijski najprimjenjivija tehnika tiska. Da bi se otisnula točno definirana dimenzija, u centralnom dijelu sita nalazi se šablona koju čine propusni dijelovi tkanine (tiskovni elementi) i nepropusni elementi tkanine (slobodne površine). Zbog fleksibilnosti tkanine (mastera), moguće je otiskivati na različite oblike gotovog proizvoda. Mrežice za sitotisak mogu biti različito gusto tkanine, nastale ispreplitanjem prirodnih ili sintetičkih niti, a dosta često se koriste i mrežice od metalnih niti. Zbog izvrsnih mehaničkih svojstava i povoljnosti, najčešće se koriste sintetičke mrežice, koje mogu biti izrađene od poliestera, perlone i najlona. Gustoća tkanja mrežica obično je od 30 do 165 niti po centimetru što direktno diktira propusnost bojila. Ovisno o debljini šablone ostvaruje se i različit nanos premaza. Za nanos premaza u sitotisku potrebna je veća linijatura mrežice, otprilike 120 niti po centimetru.



Slika 11 Shematski prikaz principa rada flatbad sitotiskarskog stroja
(Izvor: predavanje 9 kolegija Male tiskarske tehnike, prof I. Majnarić)

Osim *flatbed* konstrukcije koja se primjenjuje za tisak ravnih i debelih podloga, u tehnici sitotiska postoji mogućnost otiskivanja tankih fleksibilnih podloga. Pri tom se pri premazivanju upotrebljavaju drugačije konstrukcije strojeva koje rade na principu rotacijskog tiska. Sitotiskarski cilindar konstrukcija je namijenjena za tisak na arke velikog formata i namijenjene su za otiskivanje tiskovnih podloga u roli. Takav sistem koristi rotacijsku sitotiskarsku formu (mrežica je napeta na cilindar). Unutar cilindra smještena je jedinica za obojenje, koju čine bojanik i fiksni rakel, otisak nastaje prolaskom role između sitotiskarskog temeljnog i tiskovnog cilindra koji svojom rotacijom protiskuju bojilo direktno na tiskovnu podlogu. Takvom konstrukcijom ostvaruju se preduvjeti otiskivanja velikom brzinom što je iskorišteno za otiskivanje etiketa i samoljepljivog promocijskog materijala.

Otisak se dobiva tako da se sito postavi nekoliko milimetara iznad tiskovne podloge, a bojilo se protiskuje gumenim ili sintetskim rakelom. Bojilo tada prolazi kroz otvore na mrežici i nanosi se direktno na tiskovnu podlogu. Različiti nanosi bojila se postiže se različitom silom pritiska rakela, različitom brzinom tiska, konzistencijom bojila i lakova, različitim izborom gustoća tkanja mrežice. Jedna od karakteristika sitotiska je ta, što se u sitotisku mogu ostvariti ekstremno veliki nanosi bojila, za koje je potrebno osigurati duže vrijeme sušenja.

2.2.6. *Nanos primera sa digitalnom tiskarskom jedinicom*

Digitalni tisak izvodi se pomoću računala koje je direktno spojeno sa tiskarskim strojem. Digitalni tisak se odnosi na dva različito organizirana procesa: „*Computer to Print*“ i „*Computer to Press*“. Tako se kod *Computer to Print* ne koriste fizičke tiskovne forme, nego je tiskovna forma zapravo virtualna i za svaki otisak se forma ponovno izrađuje.

Digitalni tisak uspostavljen je kao jedna od mogućih tehnika tiska od njenog predstavljanja. U posljednjih 20 godina, digitalni tisak postao je značajna nova tehnologija za proizvodnju različitih tiskanih medija. Od tada, digitalni tisak se rapidno brzo razvija što dovodi do značajne promjene, ne samo u tisku, nego u proizvodnom procesu premazivanja.[9]

Rast digitalnog tiska može se pripisati mnogim prednostima koje ova tehnika nudi kupcima, a to su ekologija, brzina, učinkovitost, male naklade i personalizacija. Za razliku od konvencionalnih tehnika tiska, za digitalni tisak nisu potrebne tiskovne forme i kemikalije za razvijanje.

U digitalnom tisku vrijeme početka tiska je kraće jer je vrijeme pripreme stroja minimalno zbog nekorištenja standardne tiskovne forme. Pojednostavljuje se proces tiskanja, priprema stroja, podešavanje registra i podešavanja obojenja. Manji je broj proizvodnih faza kao i ljudi koji su uključeni u proces tiskanja, što u konačnici rezultira bržu isporuku kupcu.

Ova tehnika tiska tako omogućava tiskarama da uvedu financijske uštede. Tiskare koje tiskaju konvencionalnim tehnikama tiska danas koriste proizvode minimalne količine, što čini proces tiska neisplativ. Zbog fleksibilnosti i većeg broja strojeva, digitalne tiskare nemaju takve problem. Digitalni tisak je samim time povoljniji za tisak malih i srednjih naklada od konvencionalnih tehnika tiska. Zbog virtualne tiskovne forme i njene promjenjivosti, digitalni tisak daje mogućnost personalizacije otiska. Zbog ove karakteristike, digitalni tisak se dosta često koristi kod tiska ambalaže gdje je svako pakiranje sadržaja drugačije. Na tržištu trenutno su najveća je zastupljenost dvije tehnologije digitalnog tiska. To su elektrofotografija i Inkjet.

2.2.6.a. Elektrofotografija

Početak elektrofotografije započeo je 1938. kada je Chester Charlson postigao otisak sa suhim tonerom i njegovim patentiranjem 1942. godine. Primjena elektrofotografskog stroja u grafičkoj industriji započela je 1995. godine, zadržavajući osnovni princip elektrofotografije koji se temelji na fotoelektričnom efektu. Elektrofotografija ima šest faza: nabijanje tiskovne forme (fotoreceptora), osvjetljavanje fotoreceptora, razvijanje fotoreceptora, prijenos tonera, fuziranje tonera na tiskovnu podlogu i čišćenje bubnja.

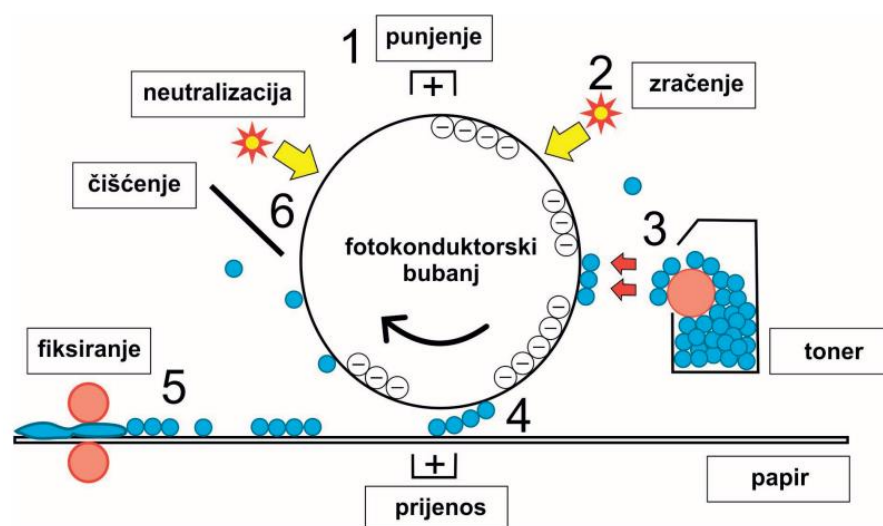
U fazi nabijanja fotoreceptora (tiskovne forme) fotoosjetljiva površina bubnja se pražnjenjem korone elektrostatički nabija istosmjernom strujom pri čemu se stvara elektrostatički nabijena površina. Fotoreceptor koji nije izložen svjetlosti ima tako svojstva izolatora.

U drugoj fazi (osvjetljavanje) površina se selekcijski osvjetljava i pri tome dolazi do neutralizacije prethodno nabijene površine fotoreceptora. Stvara se latentna slika. Korišteno svjetlo može biti reflektirano sa nekog dokumenta ili generirano posredstvom računalna (laserske zrake).

Razvijanje je treća faza, gdje se vrši nanos tonera. On može biti u dva agregatna stanja: praškasti ili tekući. U ovoj fazi latentna slika postaje vidljiva jer se toner selektivno prihvaća na nabijene dijelove fotoreceptora (tiskovni elementi).

Četvrta faza je prijenos tonera. Slika načinjena od praškastog tonera prijenosi se sa fotoreceptora na papir uz pomoć prijenosne korone koja se nalazi ispod papira. Da bi se toner zadržao na papiru, otisak se fiksira kako bi mu se povećala mehanička svojstva i otpornost na otiranje. Otisak se pritom zagrijava te dolazi do taljenja tonera i njegovog uprešavanja u površinu tiskovne podloge.

Na kraju procesa se izvodi čišćenje fotoreceptora. Nakon prijenosa tonera na papir, dio tonera ostaje na fotoreceptoru. Zbog toga ga treba potpuno neutralizirati i očistiti. Pri tome se primjenjuju uređaji kao što su: korona, lampe, četkice i rakeli.[9] Na slici 12 prikazan je osnovni princip rada elektrofotografske tiskovne jedinice.



Slika 12. Princip rada i osnovne komponente elektrofotografskog stroja
(Izvor: Majnarić, I. (2004). Kvaliteta digitalnih otisaka uvjetovana starenjem tiskovne podloge)

Osim elektrofotografije sa praškastim tonerom, rjeđe se koristi tekući toner. Vodeće tvrtke u ovom tiskarskom procesu su HP Indigo. Osnova ove vrste elektrofotografije je tekući toner tzv. „ElectroInk“ koji se sastoji od tekućeg nosioca u kojem su raspršeni negativno nabijeni pigmenti veličine 1-3 μ m. u elektrofotografskim sustavima sa tekućim tonerom karakterističan je fotokonduktor koji je građen od amornog silikonom.[10]

Princip tiska je sličan kao i kod elektrofotografije sa praškastim tonerom.

Fotokonduktor se negativskim postupkom nabija i osvjetljava s laserskim sustavom koji odjednom proizvodi više laserskih zraka. Indirektan prijenos tonera na tiskovnu podlogu kod elektrofotografije s tekućim tonerom radi se posredstvom ofsetnog cilindra.

Cilindar je spojen s istosmjernim električnim napajanjem i istovremeno se zagrijava pomoću grijača. Iz toga proizlazi da gumena navlaka mora biti električki provodljiva, otporna na visoke temperature i kompresibilna. Prijenos tonera na tiskovnu podlogu mora biti 99,9% učinkovit.[11] [12]

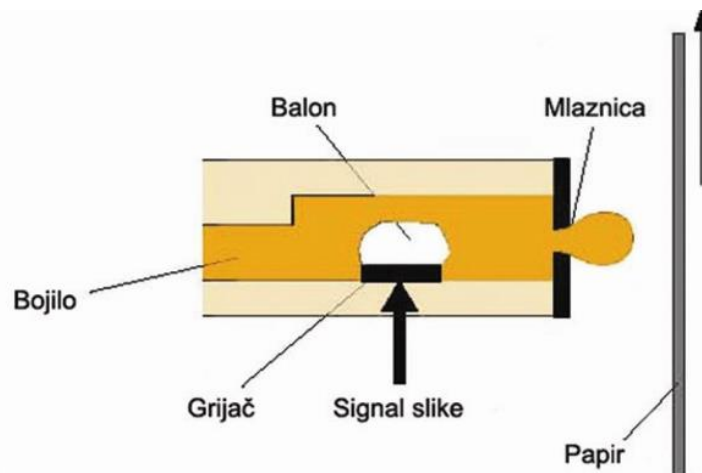
Nakon što je toner prenesen na fotoreceptor. Količina tonera može biti ovisna o naponu razvijачke jedinice, koja može privući više ili manje tonera. U fazi fuziranja odnosno fiksiranja tonera vrućim ofsetnim cilindrom dolazi do deformacija i uklanjanja vlage iz papira. Zbog toga je kod fuziranja toplinom potrebno kontrolirati ofsetnog cilindra. Ukoliko temperatura valjka opadne, dobiva se neujednačen otisak.

2.2.6.b Inkjet

Inkjet je tehnika digitalnog tiska koja je uz elektrofotografiju vodeća tehnika digitalnog tiska. Razlog tomu je brzi ispis i visoka kvaliteta reprodukcije. Inkjet bojilo je uglavnom tekuće, dinamičkog koeficijenta viskoznosti između 1 i 20 mPa·s, koja se mlaznicama distribuira na tiskovnu podlogu. S obzirom na način formiranja kapljice, ova tehnika se dijeli na Inkjet koji formira kapljice na zahtjev i kontinuirani Inkjet.

Osnovni predstavnici Inkjet tehnologije koji rade principom formiranja kapljice na zahtjev su piezo Inkjet i termalni Inkjet. Takvi Inkjet pisači posjeduju veći broj minijaturnih komora u kojima su smješteni aktivatori koji su direktno spojeni sa računalom i ovisno o binarnom zapisu formiraju se pojedinačne kapljice bojila.

Termalni Inkjet pisači formiraju kapljice selektivnim zagrijavanjem mikro grijača unutar mikro komore, što rezultira formiranjem plinskog mjehura koji izbacuje kapljicu bojila na tiskovnu podlogu. Nakon aktivacije grijaćeg elementa temperatura se povećava na 300°C. Uslijed te promjene, bojilo isparava i formira se mjehur. Zagrijavanje kapljice i mjehura prestaje, kapljica puca te kapilarna sila usisava novo bojilo u mlaznicu (slika 13).[13]

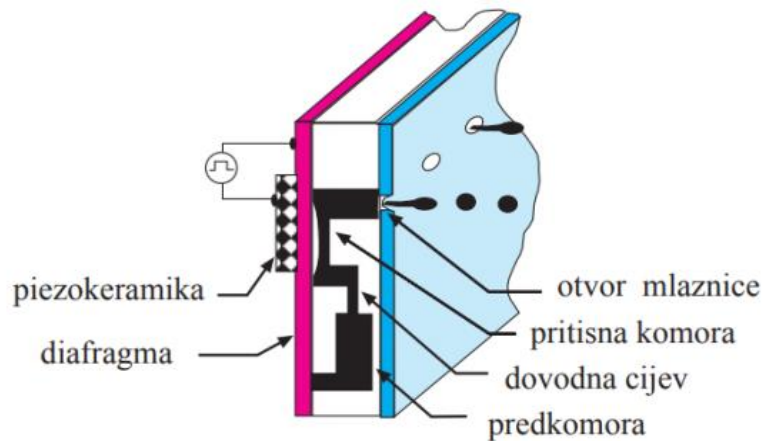


Slika 13 Princip nastajanja kapljice bojila u termalnom Inkjetu

Veličina formirane kapljice proporcionalna je veličini mjehura, odnosno temperaturi samog grijača. Temperatura mikrogrijača može biti do 4000 K (Kelvina). Karakteristike termalnog inkjet principa su: frekvencija kapanja od 5 – 8 kHz, volumen kapljica od 23 pl, promjer kapljica od 35 μm .

U grafičkoj industriji piezoelektrični Inkjet je mnogo zastupljeniji od termalnog Inkjeta. Razlog tome je jednostavniji i lakši princip nastajanja kapljica. Piezo Inkjet tehnologija formira kapljicu bojila deformacijom mlazne komore. Aktiviranjem signala dobivenog iz računala, piezo električni kristalić selektivno mijenja volumen mlazne komore. Za formiranje jedne kapljice bojila nužno je konstruirati specijalnu višeslojnu ispisnu glavu. Takva ispisna glava sastoji se od centralnog piezoelektroničkog elementa (20 μm) cirkonijske dijafragme (3 μm), pretkomore, dovodne cijeli i pritiskne komore. Za preciznost otisaka (formiranje kapljice bez zraka) važna je pozicija mlaznog otvora. On se obavezno nalazi u sklopu pritiskne komore (nasuprot piezokristalu). U visoko produktivnim sustavima položaj osnovnih komponenti u ispisnim glavama može se modificirati. Takve modularne piezoelektrične glave obično se sastoje od upravljačkog

sklopa, kontaktnog međusloja, poroznog sloja i piezoelektričnog elementa i pločice s mlaznicama na vrhu ispisne glave (Slika 14). Smanjenjem volumena u komori, povećava se pritisak koji rezultira izbacivanjem bojila kroz mlaznicu. Dobivena kapljica proporcionalna je deformiranom volumenu, odnosno komornom tlaku. [14]

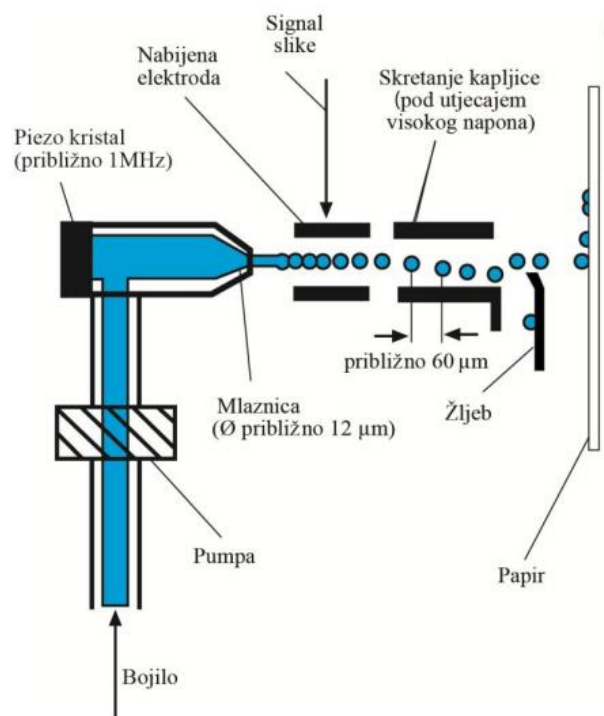


*Slika 14. Presjek ispisne glave u piezoelektričnom Inkjet-u
(Izvor: I. Majnarić, Osnove digitalnog tiska, 2015.)*

Kod otiskivanja piezoelektričnim Inkjet-om dovod boje mora biti konstantan i bez prisutnosti zraka. Kako bi to bilo postignuto boja se dovodi iz spremnika u pretkomoru, nakon koje se cjevčicom za dovod distribuira u ispisnu mikrokomoru. Deformacijom piezokeramičkog materijala (uzrokovano dolaznim impulsom iz računala) stvara se pojedinačna kapljica boje. Tako nastaje potisni val koji Inkjet bojilo istiskuje prema otvoru mlaznice. Da bi se savladala površinska napetost na otvoru mlaznice, pritisak vala mora biti dovoljno jak kako ne bi došlo do gubitka tlaka unutar tekućine. Kao posljedica toga na otvoru mlaznice kratko se stvara kapljični meniskus. Da bi došlo do formiranja kapljice u cijelosti, njenog izbacivanja i kretanja u smjeru tiskovne podloge, potrebno je dovoljno dugo zadržati pritisak unutar mikrokomore.

Princip rada kontinuiranog Inkjet-a je baziran na tehnologiji koja omogućuje stvaranje visokofrekventnog kapljičnog mlaza (slika 15). Pumpa vodi bojilo iz rezervoara u jednu ili više malih mlaznica, koje konstantno izbacuju kapljice na frekvenciji od 50 kHz do 1 MHz. Veličina kapljice i interval ispuštanja ovisi o promjeru mlaznice, viskozitetu boje, površinske napetosti boje i frekvencije pobude. Kapljice prolaze kroz set elektroda koje

nabijaju određenu kapljicu u skladu sa signalom slike koju računalo generira. Zatim, kapljice prolaze kroz skretnicu koja uz pomoć elektrostatskog polja otklanja one kapljice koje trebaju ići na tiskovnu podlogu, dok preostale kapljice vraća u žlijeb. Nabijene kapljice tako mijenjaju smjer i izlaze u žlijeb s odvodnim kanalom, dok ne nabijene kapljice završavaju na površini tiskovne podloge.[15] Karakteristike kontinuiranog Inkjet principa su: frekvencija kapanja od oko 1 MHz, volumen kapljica od 4 pl, promjer kapljica od 20 μm , brzina kapljica od 40 m/s).[16]



*Slika 15 Princip rada kontinuiranog Inkjeta
Kipphan, H., (2001.), The handbook of print media, Springer)*

U Inkjetu debljina prosječno nanijetog bojila na tiskovnoj podlozi je ok 0,5 μm , ovisno o primijenjenoj boji. Otisak se na papirima osim hlapljenjem, suši i penetracijom bojila u strukturu tiskovne podloge. Pritom dolazi do raspršivanja jednog dijela bojila po širini tiskovne podloge, što dovodi do reducirane reprodukcije rasterskih elemenata. Za postizanje kvalitetnog otiska preporučuje se specijalno pripremljene tiskovne podloge s povećanom kapilarnom upojnosti, koja omogućava kvalitetno sušenje i sprečava nekontrolirano površinsko razlijevanje. Zbog male brzine otiskivanja i niske cijene Inkjet pisača, ova tehnologija je pronašla primjenu u stolnom izdavaštvu u tisku velikih formata i primjenjivanju debljih podloga. [17]

2.3. KORONA TRETMAN

U tisku je nanašanje bojila i lakova na neupojne tiskovne podloge vrlo problematično. Razlog tomu je uglavnom slaba adhezija u zoni boja – tiskovna podloga. Zbog toga se za smanjenje površinske energije tiskovne podloge izvodi dodatna priprema. Ona je moguće: korona tretmanom, plazma tretmanom ili tretmanom djelovanjem otvorenog plamena. Ovi tretmani mogu se primijeniti samo na neupojnim podlogama, čija je izvorna površinska napetost velika i kontaminirana sa nečistoćama.

Korona tretman je javnosti prezentirao danski inženjer Verner Eisby 1951. godine. To je bilo jedno vidljivo električno pražnjenje koje se izvodi distribuiranjem visokog napona kroz elektrodu malog promjera. Pritom se elektrode smještaju u neposrednoj blizini tretirane podloge (nekoliko milimetara). To pražnjenje je poznatije i kao *korona pražnjenje*, a uzrokuje djelomičnu ionizaciju okolnog zraka čije se molekule koriste za modificiranje tretirane površine. Prvenstveno se koristi na površinama koje imaju visoku površinsku energiju s ciljem povećanja mikro hrapavosti. Ovakvim načinom obrade materijala, podloga će ostvariti veću površinu koja je nužna za dobro prihvaćanje tiskarskih bojila i lakova. Obrada površine s ionizirajućim plinovima (bombardiranjem) odvija se djelovanjem električne struje između anode i katode. Kako se unutar korone nalazi zrak, kao rezultat dolazi do stvaranja ozona (O₃). [8]

Na ovaj se način površina materijala aktivira i postaje polarnog karaktera. Korona tretman poboljšava otpornost prema otiranju bojila, ali ne utječe na homogenost otiskivanja bojila. Za dobru adheziju bojila na podlozi potreba je površinski napon ili energija od 38 do 42 N/m. U slučaju većeg površinskog napona površinu materijala je potrebno ponovno obraditi. Obrada površine s vremenom opada te se preporučuje otiskivanje na obrađeni materijal u što kraćem roku. Opadanje površinske energije ovisi o samo strukturi materijala, vrsti i načinu skladištenja. Ukoliko je intenzitet tretmana prevelik može doći do neželjenog sljepljivanja. [18]

2.4. KVALITETA OTISAKA U DIGITALNOM TISKU

Za razliku od ofsetnog tiska, kod digitalnog tiska ne postoji jedinstven slijed postupaka upravljana procesima. Stoga se metode testiranja i kontrole razlikuju od uobičajenih. Razlog tomu je mnoštvo različitih tiskovnih podloga, tehnologija i bojila koje se koriste. Konstrukcijski, ofsetni strojevi ne variraju od jednog modela do drugog. No, svi proizvođači strojeva za digitalni tisak imaju jedinstvene i patentima zaštićene.

Kod digitalnog tiska uzima se u obzir kvaliteta reprodukcije boja, odnosno raspon nijansi koji se može reproducirati – gamut. Što je gamut veći, to se veći raspon tonova može otisnuti. Obično, strojevi za digitalni tisak imaju veći gamut od ofseta zbog mogućnosti dodatnog tiska spotnih boja.

Proces Standard Digital za digitalni tisak (PSD) pruža industrijske smjernice za generiranje ulaznih podataka pa sve do rezultata tiskanja. PSD trenutno razvija institut FOGRA te sadržava tri glavna predmeta: Kontrola izlaznog procesa, točnost boja, *workflow u skladu sa PDF/X*.

Kontrola izlaznog procesa je važna za postizanje ponovljivog procesa, dok ispis boja mora biti onakav kakvim ih kupac želi. Cijeli tijek rada mora biti podvrgnut ispitivanju u pogledu njegove sposobnosti za trajno postizanje dosljedne kvalitete ispisa i točnosti tonova. Dakle, procesni standard treba pružiti smjernice za kreiranje, provjeru točnosti sadržaja i predobradu PDF dokumenata za konačni tisak.[19]

Za razliku od ISO 12647 standarda, ISO 15311 standard je višedijelni standard koji se temelji na reprezentativnim slučajevima uporabe. To je standard koji se ne temelji na tehnologiji, već standardizacijom digitalnog tiska. On se sastoji se od 4 dijela: ISO 15311 – 1 (Parametri i metode mjerenja), ISO 15311 – 2 (Komerrijalni tisak), ISO 15311 – 3 (Tisak velikih formata) i ISO 15311 – 4 (dodatak). Za glavne tehnike tiska, pa tako i za digitalne tehnike, ISO standardi definiraju uvjete i načine kontroliranja otisaka. Posebno je važna serija ISO 12642 standarda ili ISO 13655 standard koji opisuje načine mjerenja u različitim svjetlosnim uvjetima. Norma ISO 28178 tako podržava sve postojeće i standarde grafičke industrije koji zahtijevaju razmjenu izmjerenih, izračunatih i kontrolnih podataka iz dobivenih odgovarajućih metapodataka.

Za uspješan tijek rada, ključno je raditi prema skupu pravila održavanja koje propisuje sam proizvođač strojeva. Pri tome se misli na kalibraciju senzora i komponenti strojeva, što uključuje i potrošne materijale. Pritom učestalost korištenja i ugradnja alata za održavanje svakodnevnog radnog tijeka mora biti prilagođena zahtjevima i kritičnosti poslova. Tako se aktivnosti i rutine alata za održavanje mogu se smatrati zamjenom za vizualni pregled poslova za probleme kvalitete slike.[19]

Odabir odgovarajuće podloge posebno je važno za nesmetani rad digitalnog tiskarskog stroja. Kod digitalnog tiska fizička ograničenja igraju temeljnu ulogu u pogledu mogućnosti ispisa i ponovljivosti. Dok se mogućnosti tiskanja većinom odnose na nanos bojila na podlogu, ovdje se misli na sinkronizirano kretanje papira kroz transportni sustav. Nakon odabira odgovarajućeg formata u obzir se uzimaju parametri za tzv. fino ugađanje. Takvi parametri uzimaju u obzir precizan registar, brzinu ispisa, gramaturu podloge, način ispisa (obostrano – jednostrano). U PSD smjernicama su definirana dva osnovna tipa papira, nepremazani i premazani. Premazani papiri obično imaju tri aktivna sloja: gornji zaštitni sloj, sloj za fiksiranje bojila i sloj koji apsorbira tekuće komponente boje. Polimerni premaz na papiru tako štiti otisak od atmosferskih zagađivača, čime se vrijeme sušenja na premazanom papiru značajno povećava. Površina je obložena s vrlo malim inertnim česticama koje stvaraju mikro šupljine u kojima se taloži boja čime se sprječava njeno širenje. Porozni premazani papir ima veću otpornost na vlagu. Ovaj tip papir zahtjeva minimalno vrijeme sušenja, kako bi se ispis mogao obaviti bez razmazivanja. Odabrana tiskovna podloga u digitalnom tisku izravno utječe na kolorni gamut konačnog proizvoda. Ako nisu definirani uvjeti za tisak, najčešće se koristi FOGRA 51, odnosno tisak u skladu sa normom ISO 12647 – 2 za premazani papir. FOGRA51 ili srodni PSO Coated V3 ICC profil se u praksi može smatrati referencom za digitalne ispise.

Procesne boje za digitalni tisak moraju omogućiti postizanje točnih primarnih i sekundarnih tonova. Vrijednosti tolerancija gamuta mogu pomoći prilikom procjene odstupanja reproduciranih tonova. Analiza stvarnih uvjeta tiska obuhvaća i dodatne aspekte kao što su vizualna kontrola, traping spotnih boja i kontrola proizvodnih uvjeta tiska (relativna vlažnost i temperatura zraka). Uvjeti ispisa moraju biti takvi da se omogući maksimalno iskorištavanje sposobnosti tiskarskog stroja. Kao najkvalitetnija tehnologija digitalnog tiska je Inkjet. Inkjet otisci mogu biti sastavljeni od koloranata

koji se koriste u tradicionalnim fotografskim ispisima ali i os uobičajenih pigmenata koji su stabilniji. Otisci u Inkjetu mogu biti na premazanom ili nepremazanom papiru, ali samo na premazanom papiru će se ostvariti kvalitetan otisak.

Kontrola tiska mora biti jednostavna, objektivna i brza. Zbog toga se ona mora temeljiti i na vizualnoj procjeni. Za detaljniju kontrolu otisaka i kalibraciju koriste se kolorimetri i denzitometri koji kroz karakteristični profil otiska mjere gustoću obojenja i kolorne vrijednosti otisaka. Specijalni premazani papiri za Inkjet tisak obavezno imaju svoj porozni sloj. Njihove korekcije obično se rješavaju primjenom *color managementa* u sklopu pripreme datoteka gdje se kvaliteta ispisa, kao i kod konvencionalnih tehnika, mora redovno kontrolirati.[20] Tako se pri mjerenju otisaka određuje gustoća obojenja, rastertonska vrijednost (RTV) i prirast rastertonske vrijednosti.

2.4.1. Gustoća obojenja

Bijela svjetlost se sastoji od elektromagnetskih valova koji se prostorom šire u obliku valova. Svjetlost se u interakciji sa krutim tijelima i tekućinama reflektira i/ili apsorbira, dajući pri tom različitu svjetlosnu vrijednost. Denzitometrija kao mjerna metoda temelji se na određivanju apsorpcije ulaznog svjetla na otisku ili tiskovnoj podlozi.

Denzitometrija je tako najjeftiniji i najrašireniji mjerni postupak koji se koristi najviše u tisku. Denzitometri kao uređaji mogu biti ručni (mjerno polje) ili kao automatizirani (mjerenje mjernih stripova). Denzitometri mogu biti transmisijski i refleksijski.

Transmisijski denzitometar se koristi u reprodukciji za mjerenje zacrnjena transparentnih podloga, a refleksijski za mjerenje netransparentnih podloga i otisaka.

U tisku, denzitometri daju mjerni rezultat za gustoću boje D (*engl. Density*) u obliku logaritamskog broja. On se dobiva logaritamskim omjerom apsorpcije svjetlosti kod referentne bijele podloge i apsorpcije svjetlosti mjerene boje. Vrijednost gustoće obojenja izračunava se po sljedećoj formuli:

$$D = \log \frac{1}{\beta} \quad [1]$$

gdje je β stupanj refleksije, te izražava omjer refleksije svjetlosti neke mjerene boje (tiskarska boja) i bijele (referentne vrijednosti).

Mjerne vrijednosti površine koja je prekrivena sa 100% obojenjem naziva se gustoća punog tona ili kraće DV. Mjeri se uz pomoć kontrolne trake koja se otiskuje na arku okomito na smjer tiska. Uz ostale kontrolne elemente, kontrolna traka sadrži i polja punog tona za sve četiri procesne boje (a po potrebi i dodatne boje). Uz pomoć gustoće obojenja punog tona koje se direktno određuje moguća je direktna kontrola i ujednačenost debljine nanosa boje po širini arka, ali i unutar cijele naklade.

Na rasteriziranim područjima određuje se optička gustoća rastera. Ona se također mjeri na kontrolnoj traci koja sadrži kontrolna polja za sve značajnije rastertonske vrijednosti. Mjerna veličina je gustoća rastera DR. mjerna veličina je utoliko veća što je veći udio rasterskih točkica na mjerenoj površini te je veća što je veća debljina nanosa boje.

2.4.2. Rastertonska vrijednost (RTV)

Na osnovu izmjerenih vrijednost punog tona i rasteriziranog polja moguće je izračunati rastertonsku vrijednost. Tehnika rasteriziranja temelji se na činjenici da ljudsko oko neku površinu prekrivenu sitnim točkicama (rasterima) vidi kao homogenu boju. Intenzitet obojenja se tako kontrolira mijenjanjem proporcija rastera, bilo veličinom rasterskih točkica (amplitudno modulirani raster) ili varijacijom frekvencije rastera (frekventno modulirani raster). [23]

Prilikom mjerenja RTV-a, denzitometar se ponajprije kalibrira na bijeli papir, te se mjere DV i DR. Iz ovih izmjerenih vrijednosti, stvarana rastertonska vrijednost F_a se računa prema Murray – Daviesovom formulom:

$$F(a) = \frac{1-10^{-DR}}{1-10^{-DV}} \times 100 \% \quad [2]$$

gdje je DR gustoća obojenja polja koje se mjeri, a DV gustoća obojenja punog polja.[22]

2.4.3. Prirast rastertonske vrijednosti – Dot Gain

Deformacije rasterskih elemenata su neizbježne pojave prilikom primjene svake tehnike tiska. To vrijedi kako za konvencionalne tehnike tako i za digitalne tehnike tiska. Napretkom tehnologije i znanstvenim istraživanjima te deformacije se pokušavaju eliminirati, odnosno svesti ih na minimum. Deformacije možemo podijeliti na optičke i mehaničke deformacije. Optičke deformacije rasterskih elemenata uvjetovane su tiskovnom podlogom, pri čemu će hrapavija površina realizirati većim prirastom. Pri tom se ulazno svjetlo raspršuje i u njegovoj unutrašnjosti što nam stvara doživljaj da su otisnuti rasterski elementi izgledaju veći nego što zapravo jest. Osjetljivost na optičku deformaciju najveća je između 70% i 80% rastertonske vrijednosti jer ljudsko oko u tom području najslabije osjeća razliku među njima.[21]

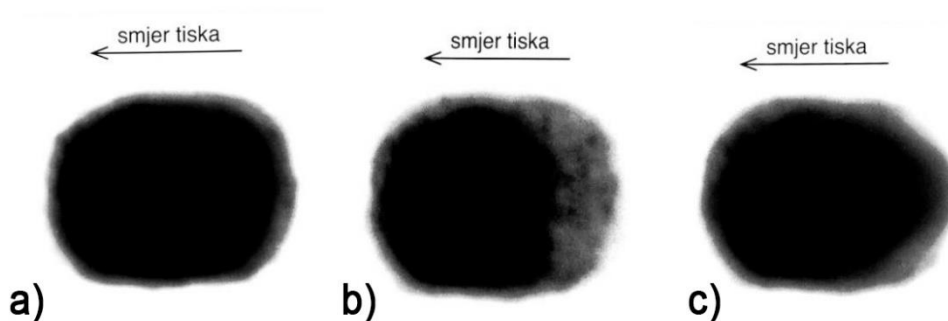


Slika 16. Optička deformacija rasterskog elementa
(Izvor: <http://repro.grf.unizg.hr>)

Denzitometrijskim mjerenjem rastera se ne mjeri geometrijska pokrivenost površine, nego „optički djelotvorna pokrivenost površine“. Razlika između geometrijske i optičke pokrivenosti površine bazira se na činjenici da i pri vizualnom promatranju, jednako kao i pri denzitometrijskom mjerenju dio emitiranih zraka prodire na neotisnuta mjesta na papiru između rastera, no pri refleksiji dopijevaju među točkice te se tamo apsorbira. Kao posljedica toga, rasterski elementi optički djeluju veće nego što to jesu u stvarnosti. Jackson je definirao mehanički prirast rastertonske vrijednosti kao ukupni fizički prirast u veličini rasterskog elementa do kojeg dolazi prilikom svakog koraka prijenosa slike na otisnuti papir. Prilikom rastriranja poželjno je da su svi rasterski elementi istog oblika i

bojile. Također, na kvalitetu otiska uvelike utječe i „tribo“ efekt, odnosno trenje između čestica tonera koji je povezan sa kvalitetom, odnosno veličinom i strukturom pigmenta. Na prirast se može utjecati prilikom: separacije boje, izrade tiskovne forme, prijenosa boje sa tiskovne forme na tiskovnu podlogu, ali isto tako karakteristike boje i podloga koje mogu utjecati na povećanje rasterskog elementa prilikom ispisa. [24]

Mehanički prirast može biti vidljiv kod svake rasterske točkice te oblikom može biti pravilan ili nepravilan, npr. smicanje (izduživanje rasterskog elementa), dubliranje (formiranje sekundarnog rasterskog elementa u blizini otisnute) i razmazivanje (zbog mehaničkog dodira sa strojem tijekom tiska).



Slika 17 Prikaz deformacija rasterskih elemenata a) smicanje, b) dubliranje i c) razmazivanje

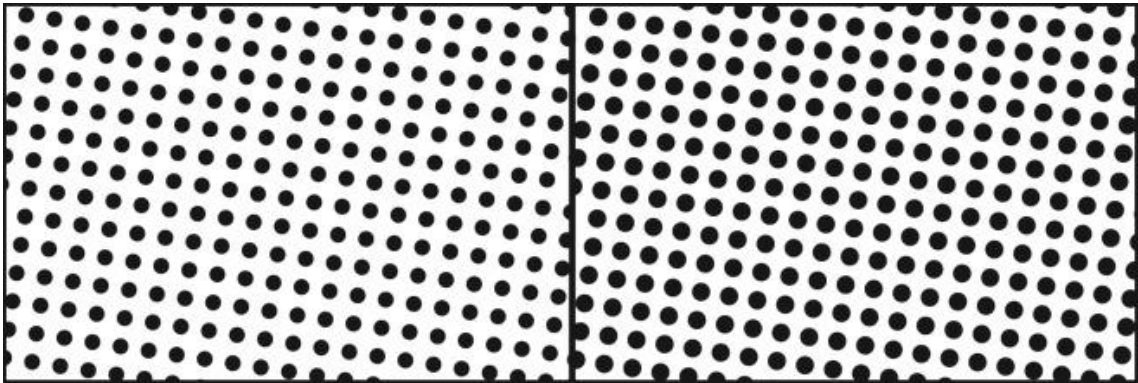
Geometrijska reprodukcija sitnih elemenata u tisku obavezno doživljava stanovite promjene koje se očituju u njihovom povećanju, a ponekad i u obliku. Prirast rastertonske vrijednosti (RTV-a) je neizbježna pojava u kojoj se rasterski element doživljava većim nego što zapravo je (pozitivan prirast) ili u rijetkim slučajevima njihovom smanjenju (negativan prirast).

Povećanje tonske vrijednosti Z , izračunava se iz prethodno izmjerene rastertonske vrijednosti F_a i poznate rastertonske vrijednosti F_r :

$$Z(\%) = F_r - F_a \quad [3]$$

Tako na veličinu prirasta izrazito utječe linijatura rastriranja. Otiskivanje finog rastera stvara veće probleme u tisku. Veća linijatura znači veći broj rasterskih elemenata na istoj površini pa time i ostvaruje veću devijaciju u ostvarenom opsegu. Osim o linijaturi,

prirast ovisi i o tiskovnoj podlozi (upojnost, glatkoća), svojstvima bojila (viskoznost, konzistencija) i uvjetima tijekom tiska (tvrdoća gume ofsetnog cilindra, podešenost stroja, pritisak i sl.) pa tako uzroci deformacije rasterskih elemenata mogu biti neujednačen pritisak među cilindrima, različite brzine okretanja cilindra, kriva kalibracijska krivulja, nejednolik naboj korone itd. Primjer otiska sa kontroliranim i nekontroliranim prirastom prikazan je na slici 18.



Slika 18. Primjer različitog prirasta rasterskih elemenata, lijevo područje bez prirasta, desno područje sa ostvarenim prirast rasterskih elemenata
(Izvor : <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/halftone>)

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. METODOLOGIJA RADA

Za preciznu analizu kolorne slike primjenjuje se metoda slikovne analize. Da bi se odredili rezultati, u radu će biti analizirano područje od 10%, 20% i 30% rastertonske vrijednosti (RTV). Razlog tome je što su rasterski elementi kao takvi u tim područjima neovisni, odnosno okruženi su bjelinom papira te ih kamera može detektirati i izmjeriti. Višetonske vrijednosti su teže za izmjeriti zbog međusobnog povezivanja rasterskih elemenata u nakupine. U tim slučajevima se mjeri negativ točaka, odnosno bjelina između rasterskih elemenata.

Za eksperimentalno otiskivanje upotrijebljen je sedmerbojni HP Indigo WS 6800 tiskarski stroj kojim se ostvaruje mogućnosti varijacije linijature pri ispisivanju i otiskivanju šest različitih višebojnih separacija. Za bolje adhezije boje, HP Indigo WS 6800 posjeduje integriranu jedinicu za nanašanje *in-line primera* i koronu za regulaciju površinske napetosti materijala.

Za ispitivanje je upotrijebljena standardna tiskovna forma „FOGRA Image Quality” koja služi za PSD (*Proces Standard Digital*) standardizaciju kvalitete otiskivanja.[25] Takva tiskovna forma sadrži stranicu A3+ formata s media vedge mjernim poljima iz koje se dobivaju podatci o općem stanju kvalitete reproduciranog otiska. Ista se koristi i za provjeru i kalibraciju ostalih elektrofotografskih tiskarskih strojeva. Kako bi se izvršilo otiskivanje, PDF tiskovna forma provučena je kroz RIP ESCO HPE ProLiant ML350 uz primjenu standardne kalibracijske krivulje LUT 0.5. Ovakav RIP prilagođen je HP Indigo strojevima čime je osigurana visoka produktivnost uz mogućnost varijacije parametara otiskivanja. Naši eksperimentalni uzorci otisnuti su samo standardnim CMYK bojama u linijaturi (70 lin/cm). Da bi se što bolje uočio utjecaj rezolucije, kao tiskovna podloga upotrijebljen je papir visoke kvalitete (90 g/m² gloss premazani papir za umjetnički tisak, tvorničkog naziva „Condat digital gloss RL”).

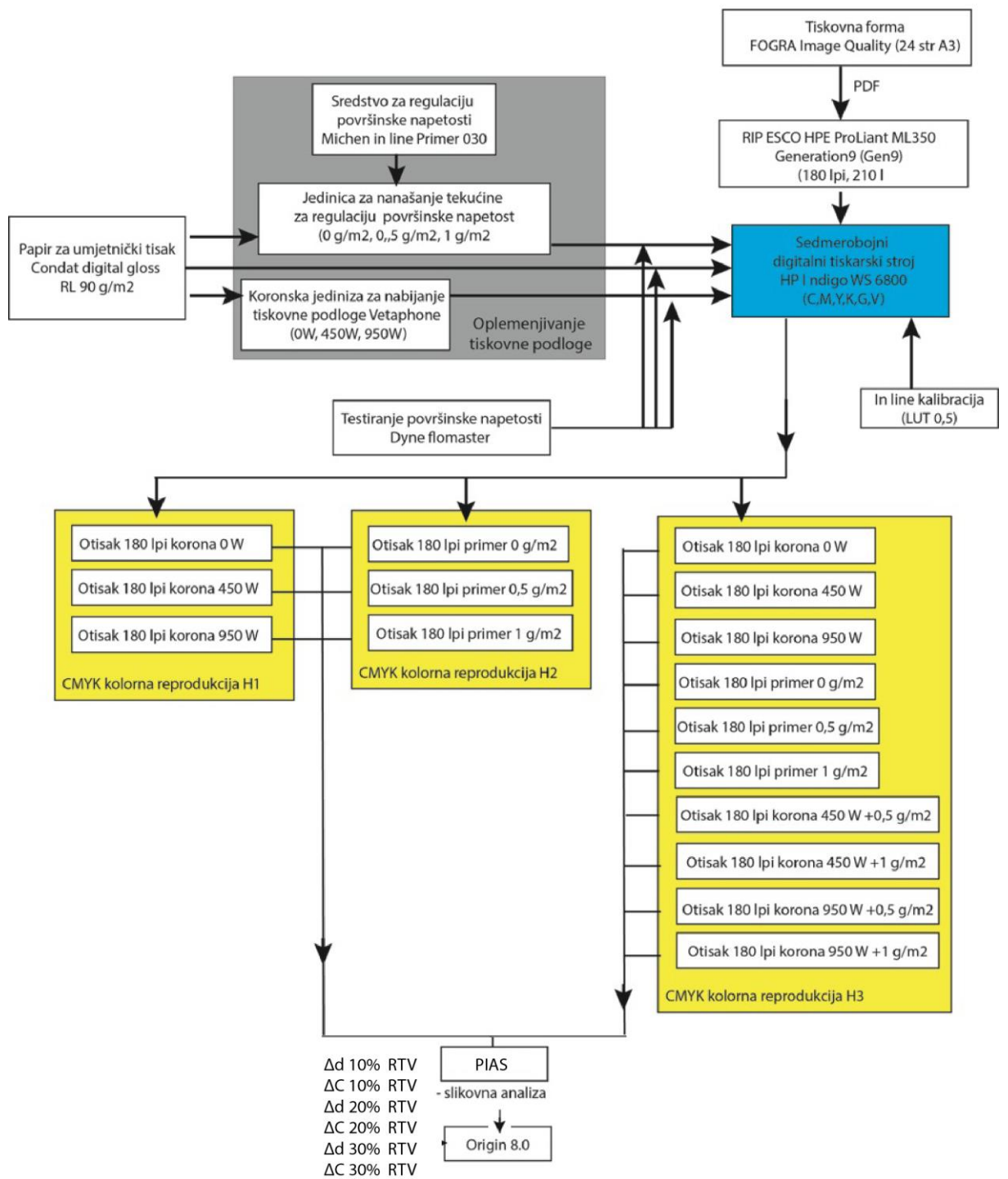
Za stvaranje ponovljive višebojne reprodukcije presudan je kontrolirani nanos bojila. On zavisi direktno o tipu upotrijebljene tiskovne podloge, odnosno o njihovoj površinskoj energiji. U našem eksperimentu upotrijebljena je jedinica za dodatno oslojavanje (*in-line* jedinica za nanošenje tekućine za reguliranje površinske napetosti s gumenim valjkom promjera 74 mm) i jedinica za korona tretman koja je konstrukcijom

prilagođena HP Indigu serije WS 6800 (Vetaphone korona tretman) [50]. Upotrijebljeno sredstvo za regulaciju površinske napetosti preporučeno je od strane proizvođača stroja. To je tekućina za oplemenjivanje Michem® In-Line Primer 030 proizvođača Michelman.[26]

Eksperimentalno otiskivanje izvodilo se na tri različito tretirane podloge: a) netretirana površina (bez primera), b) površina tretirana tekućinom za reguliranje površinske napetosti u nanosu od 0,5 g/m² (46 ok/min) i c) površina tretirana tekućinom za reguliranje površinske napetosti u nanosu od 1 g/m² (96 ok/min). Prije oslojavanja izvršeno je korona tretiranje (različitom snagom korone). Pri tom su upotrijebljene tri eksperimentalne snage nabijanja: 0 W (otisci nastali bez djelovanja korona izboja), 450 W (srednja snaga nabijanja) i 950 W (velika snaga nabijanja). Nakon toga izvršen je proces oplemenjivanja tiskovne podloge tekućinom za reguliranje površinske napetosti i korona tretmanom kako je prethodno određeno.

Uslijedilo je eksperimentalno otiskivanje FOGRA PSD testne forme u devet varijacija s nakladom od tri kopije. Pritom su se izmjenjivale varijable i to – tri djelovanja korona tretmana i tri različita nanosa tekućine za reguliranje površinske napetosti.

Da bi se ustanovila kvaliteta višebojne reprodukcija, umjesto denzitometrije, odrađena je slikovna i vizualna analiza otisaka. Za slikovnu vizualnu analizu upotrijebljen je uređaj Personal IAS. Dobiveni rezultati promjera rasterskih elemenata i kružnosti uspoređeni su međusobno, što će dovesti do novih spoznaja u unapređivanju procesa digitalnog tiska tekućim elektrofotografskim bojilom. Na slici 19 kronološki je prikazan proces izvršenog eksperimenta.



Slika 19. Shematski prikaz plana eksperimentalnog rada

3.2. KRUŽNOST RASTERSKIH ELEMENATA

Kvaliteta rasterskog elementa ovisi i o njegovoj kružnosti (engl. *Circularity*). Rasterski elementi mogu biti različitih oblika, ali najčešći oblik rasterskog elementa je krug koji se u postupku reprodukcije otiska deformira prolazeći kroz pojedine faze tiska, rubovi elemenata nisu oštri, nego postaju „nazubljeni“. Savršeni krug, odnosno idealni element ima i najmanji mogući opseg, dok realni element ima nepravilne rubove i veći opseg. Kružnost se može izračunavati po formuli:

$$C = \frac{4\pi A^2}{p^2} \quad [4]$$

gdje je C kružnost rasterskog elementa, A – površina kruga, a p – dijametar kruga

Ovisno o tome u kom smjeru je došlo do deformacije, rasterski element može biti deformiran u smjeru tiska ($C > 1$) ili okomito na smjer tiska ($C < 1$). [27]

3.2. KORIŠTENI STROJEVI I UREĐAJI

3.2.1. HP Indigo WS 6800 sa in-line jedinicom za nanos primera

HP Indigo WS 6800 je stroj za visokokvalitetni tisak. Tehnologija koja se koristi za tisak sa HP Indigo WS 6800 je elektrofotografija gdje se koristi specijalno bojilo (HP ElectroInk) kako bi se postigao visokokvalitetni otisak.

Namijenjen je za tisak iz role, a nudi razna digitalna rješenja za tisak. Primarno se koristi za tisak naljepnica za ambalažnu industriju. Ima mogućnost otiskivanja, osim standardnih četverbojnih višebojnih separacija (CMYK) i šesterbojne separacije HP IndiChrome (CMYKOV) te sedmerbojne separacije HP IndiChrome PLU (CMYKOVG).

Višebojne separacije sa šest i sedam boja se koriste kako bi se povećao ukupni kolorni raspon (gamut) otisaka. U sklopu stroja se nalaza integrirana in-line jedinica za premazivanje tiskovne podloge kako bi se poboljšala adhezija i transfer bojila na otisak. Brzina tiska iznosi 30 m/min za četverbojni tisak te 60 m/min a tisak jedne ili dvije boje. Rezolucija ispisa iznosi 812 dpi, dok se za tisak visoke rezolucije (HDI) koristi 2438x2438 dpi, uz mogućnost promjenljive linijature od 175 do 210 lpi.

Maksimalni format role za ispis je 320 mm, dok je minimalna površina pod tiskom dimenzija 320x980 mm. Stroj ima mogućnost jednostranog i obostranog otiskivanja.[28]

Tablica 5. Specifikacije HP Indigo WS 6800

Brzina ispisa	30 m/min za četverbojne otiske 40 m/min u višem modu produktivnosti 60 m/min za tisak jedne ili dvije boje
Rezolucija slike	812 dpi; 2438 x 2438 dpi HDI (High Definition Imaging)
Linijatura otisaka	175, 180, 196 i 210 lpi
Maksimalni format slike	320 x 980 mm
Debljina materijala	40 do 380 μm
Boje	CMYK + OVG
In-line jedinica za nanos primera	Mogućnost nanošenja premaza debljini na 0,5 g/m ² , 1 g/m ²
Konfiguracija	Dvostruki mod (tisak i dorada), i-line kontrola kvalitete otisaka, automatska kalibracija



Slika 20. HP Indigo WS 6800

(Izvor: <https://www.surplustoner.com/model/INDIGO-WS6800-DIGITAL-PRESS/30858>)

3.2.2. *In-line jedinica za nanašanje primera – HP Indigo WS 6800*

Jedinica za nanašanje funkcionalnih premaza (primera) služi za distribuciju tekućina koje će utjecati na površinsku napetost tiskovne podloge, čime ju čini podatnijom za otiskivanje. Zbog kontinuiranog sistema za nanošenje premaza primera, jedinicu je moguće primijeniti samo kod otiskivanja iz role.

Jedinica za nanos primera radi na način da se prvo papirna rola počne odmotavati te se pritom papir tretira koronom. Prilikom tretiranja koronom, vrši se nabijanje površine ioniziranim zrakom, sa ciljem stvaranja mikro struktura na površini papira. Papir se tretira koronom kako bi se ohrapavila njegova površina i prilagodila za bolje prihvaćanje boje. Naponi koji se na koroni mogu izvesti iznose od 0 W do 1200 W, a snaga korone se podešava ovisi o podlozi na kojoj se vrši otiskivanje. Korona jedinica se uglavnom se koristi za tisak na polimerne i metalizirane materijale.

Nakon korona tretmana, rola ulazi u centralnu jedinicu za premazivanje od ukupno pet valjaka gdje dolazi do aplikacije primera na površinu papira. Količina nanosa premaza ovisi o promjeru valjaka za nanašanje primera i izboru o promjeru valjaka mogu se postizati dva nanosa (od 0,5 g/m² i 1 g/m²). Kako bi se primer osušio, papir prolazi kroz tunel za sušenje toplim zrakom, nakon čega prelazi na valjke za hlađenje da bi se ostvarila početna temperatura (od 20° – 25°C).

Cijelo to vrijeme rola papira mora biti napeta što se osigurava jedinicom za održavanje napetosti role papira. Na kraju takva oplemenjena podloga ulazi u tiskovnu jedinicu u HP Indigo gdje se vrši otiskivanje na prethodno nanoseni primer.

3.2.3. QEA PIAS II digitalni mikroskop

PIAS II je prijenosni uređaj tvrtke QEA, mjerni uređaj novije generacije za objektivnu analizu kvalitete otisaka. Ovaj uređaj ima vlastiti izvor svjetla. Digitalna kamera visokih performansi spaja se sa računalom i automatski prenosi slike na računalo i daje podatke o otisku. Izlazni podaci su: promjer, brojnost, kružnost, pokrivenost površine, postotak obojenosti, kut rastriranja, gustoća obojenja te $L^*a^*b^*$ vrijednosti snimljenog područja. Vrste mjerenja koje se mogu provoditi su analiza: kvalitete točke, kvalitete linije (ISO-13660), kvaliteta površine (ISO-13660), reprodukcija tona, analiza deformacija slike i kvalitete reprodukcije teksta.[29]



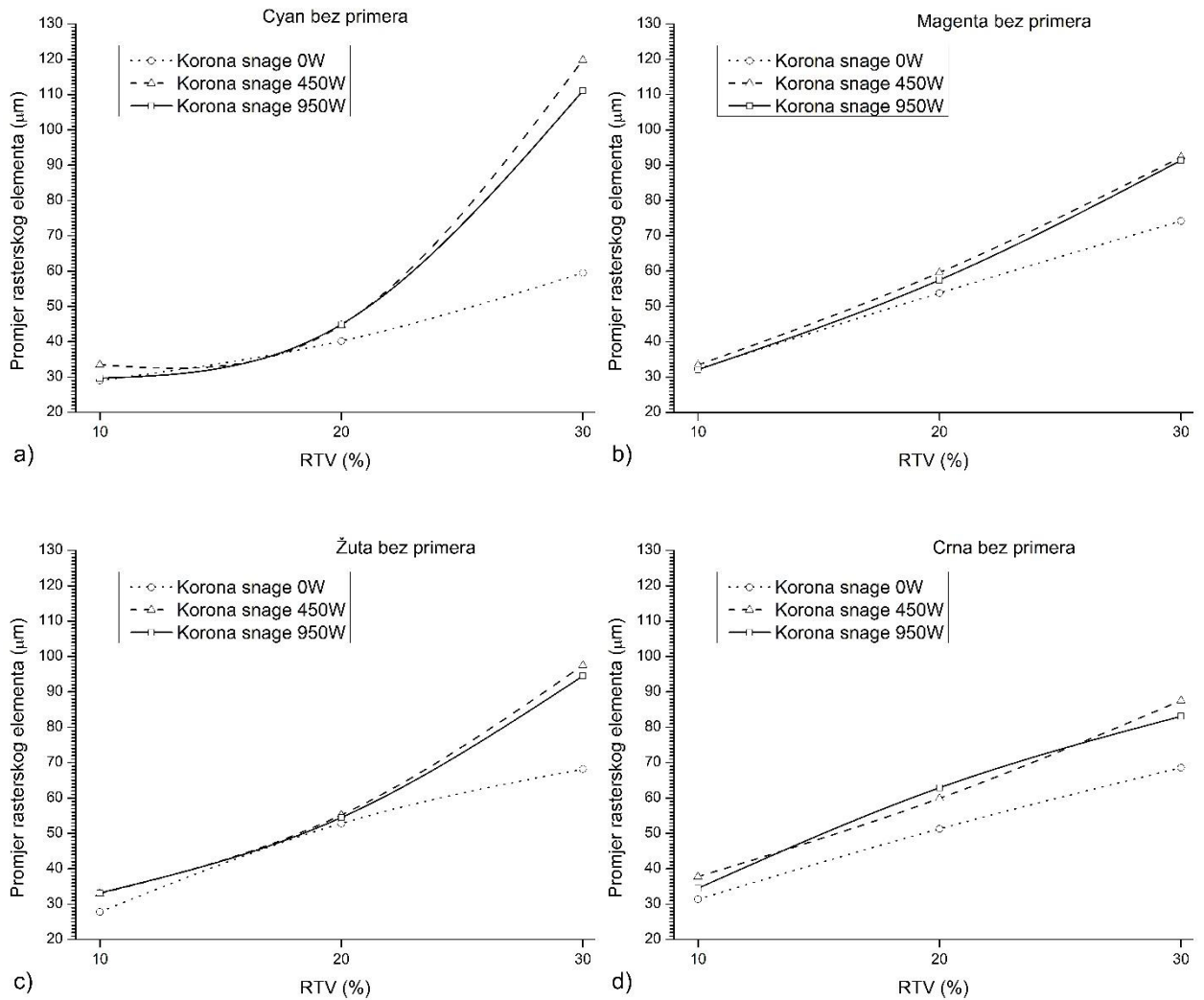
Slika 21. Pias II digitalni mikroskop
(Izvor: <https://www.qea.com/products/image-analysis/pias-ii/>)

4. REZULTATI I DISKUSIJA

4.1. ANALIZA PROMJERA RASTERSKIH ELEMENATA S OBZIROM NA VARIJACIJU SNAGE KORONE

Da bi se formirala višebojna reprodukcija, tijekom otiskivanja je potrebno reproducirati četiri procesne boje (CMYK). Ovisno o primijenjenoj metodi rastriranja, rasterski elementi mogu biti modelirani amplitudnim rastriranjem (AM raster) ili frekventnim rastriranjem (FM raster). Prilikom otiskivanja eksperimentalnih uzoraka potrebnih za ovaj rad, korišten je digitalni tiskarski stroj HP Indigo WS 6800, a primijenjeno je tzv. digitalno rastriranje kod kojeg se za izradu rasterskih elemenata primjenjuje matrica 6x6 pixela.

Eksperimentalnom varijacijom nanosa količine tekućine za regulaciju površinske napetosti (primera) ostvarena je različita devijacija reprodukcije rasterskih elemenata. Na slikama 22, 23 i 24 prikazane su krivulje devijacije promjena rasterskih elemenata za četiri procesne boje (CMYK).



Slika 22. Grafovi ovisnosti promjera rasterskih elemenata na otiscima bez primera i s koronama snage 0W, 450W i 950W; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja

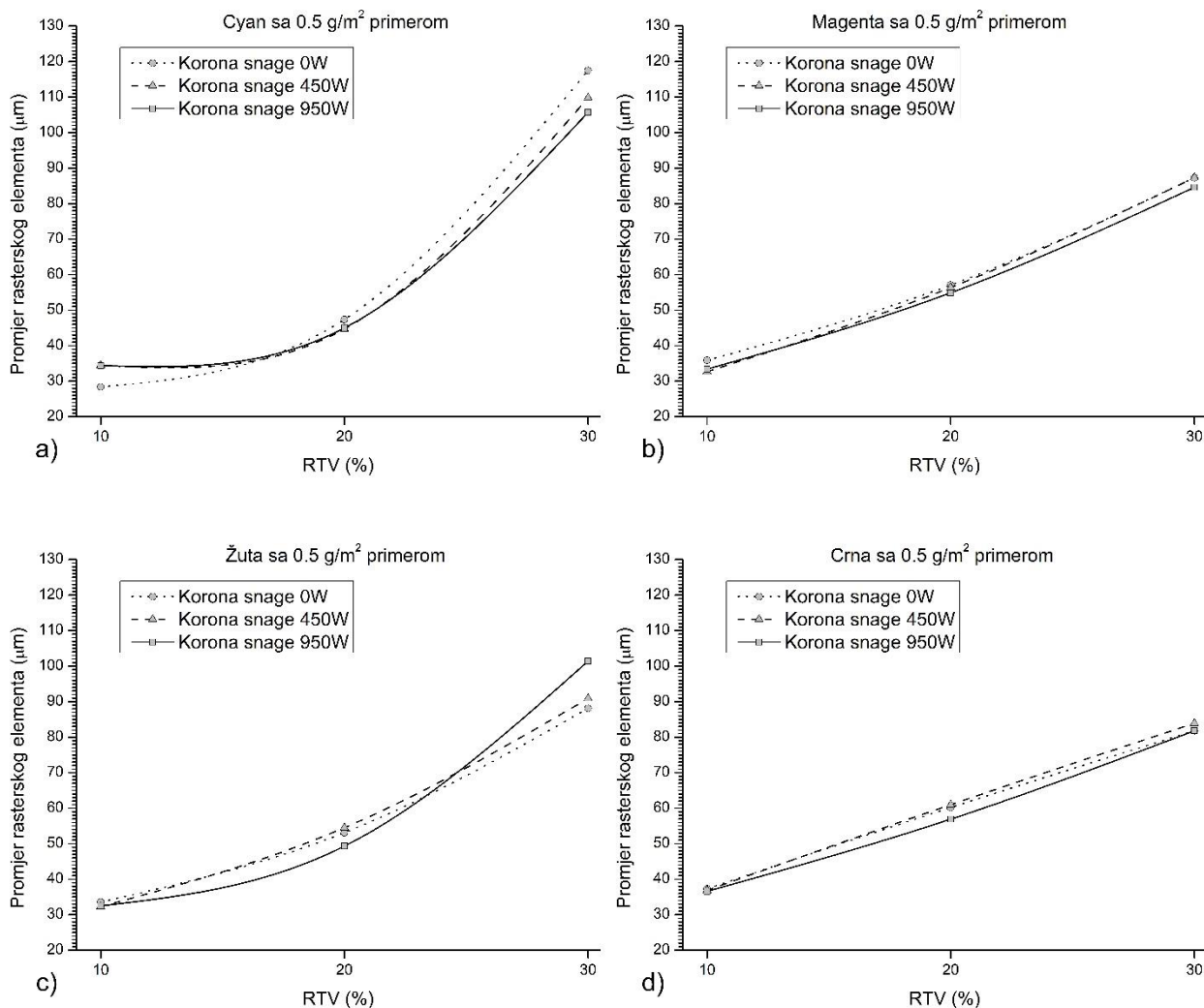
Na krivuljama koje prikazuju devijaciju promjera rasterskih elemenata cijan boje (slika 22a), zamijećeno je nepravilna raspodjela veličine reproduciranih rasterskih elemenata. Tako se na otisku oplemenjenom koronom snage 450 W formirani najveći rasterski elementi ($d_{src_450W} = 66 \mu\text{m}$), a najmanji je na tiskovnoj podlozi koja nije tretirana koronom ($d_{src(0W)} = 42.9 \mu\text{m}$). Pri tom su analizirana tri različite površinske pokrivenosti: 10% RTV-a, 20% RTV-a i 30% RTV-a). Zamijećena su minimalna odstupanja u području 10% i 20% RTV-a ako je podloga tretirana koronom snaga 450W i 950W. Na najtamnijoj površini cijana (30% RTV-a) odstupanja su nešto veća. Ona su vidljiva između otisaka tretiranih i netretiranih podloga ($\Delta d_{30\%C\ 0W-950W} = 60,3 \mu\text{m}$).

Promjeri rasterskih elemenata magenta boje (slika 22b) su linearno raspoređeni. Na 10% i 20% RTV-a nema značajnih odstupanja, dok na 30% RTV-a je uočena devijacija rasterskih elemenata na otiscima bez tretmana ($\Delta d_{30\%M(0W-450W)} = 18,1 \mu\text{m}$).

Najveći rasterski elementi formirani su obrađivanjem podloge snagom korone 450 W ($d_{srM_{450W}} = 61,77 \mu\text{m}$), dok su rasterski elementi na podlozi tretiranom koronom snage 950 W malo manji ($d_{srM_{950W}} = 60,33 \mu\text{m}$). Najmanji promjeri elemenata ostvareni su na podlozi bez korona tretmana ($d_{srC_{0W}} = 53,43 \mu\text{m}$).

Na slici 22c prikazane su varijacije promjera rasterskih elemenata najsvjetlije procesne boje (žute boje). Na poljima sa najmanjom površinskom pokrivenošću (10% RTV-a) odstupanja između veličina rasterskih elemenata nastalih djelovanjem korona snage 450 W i 950 W su minimalna. Odstupanje promjera na otiscima bez tretmana je nešto veće, ($\Delta d_{10\%Y(0W-450W)} = 5,2 \mu\text{m}$). Na 20% RTV-a odstupanja su gotovo zanemariva, dok se na područjima od 30% RTV-a ističe devijacija promjera na otiscima bez tretmana, ($\Delta d_{30\%Y(0W-450W)} = 29,3 \mu\text{m}$). Tako će razlika između veličine rasterskih elemenata na tretiranim otiscima koronama snaga 450 W i 950 W iznositi: $\Delta d_{30\%Y(450W-950W)} = 3 \mu\text{m}$. Najveći promjer ostvaruju rasterski elementi formirani na otiscima tretiranim koronama snaga 450 W i 950 W ($d_{srY_{450W}} = 61,9 \mu\text{m}$, odnosno $d_{srY_{950W}} = 60,73 \mu\text{m}$), dok će najmanji formirani promjeri biti na otisku bez korona tretmana ($d_{srY_{0W}} = 49,6 \mu\text{m}$).

Na slici 22d vidljivo je da je raspodjela veličina promjera rasterskih elemenata crne boje nelinearna. Na svim rastertonskim vrijednostima vidljiva su odstupanja veličina rasterskih elemenata, ali najznačajnije je odstupanje rasterskih elemenata na otiscima bez tretmana. Na području od 30% RTV-a ono iznosi $\Delta d_{30\%K(0W-450W)} = 19 \mu\text{m}$. Kao i kod drugih kolornih separacija, najveći rasterski elementi formirani su na tiskovnoj podlozi tretiranom koronom snage 450 W ($d_{srK_{450W}} = 61,77 \mu\text{m}$), dok su najmanji na otiscima bez korona tretmana ($d_{srK_{0W}} = 50,43 \mu\text{m}$).



Slika 23. Grafovi ovisnosti promjera rasterskih elemenata na otiscima sa nanosom primera 0,5 g/m² i s koronama snage 0W, 450W i 950W; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja

Uslijed aktivacije uređaja za prajmiranje koji ostvaruje nanos primera u vrijednosti 0,5 g/m² ostvaruju se potpuno drugačiji promjeri reproduciranih rasterskih elemenata. Tako na krivuljama koje prikazuju varijacije napona cijan separacije (slika 23a) vidljivo je da na 10% i 20% RTV-a nema znatno većih odstupanja promjera rasterskih elemenata. Na površinama od 30% RTV-a očituje se odstupanje u promjeru ako se izvodi oplemenjene tiskovnih podloga ($\Delta d_{30\%C} (0W - 450W) = 7,7\mu m$).

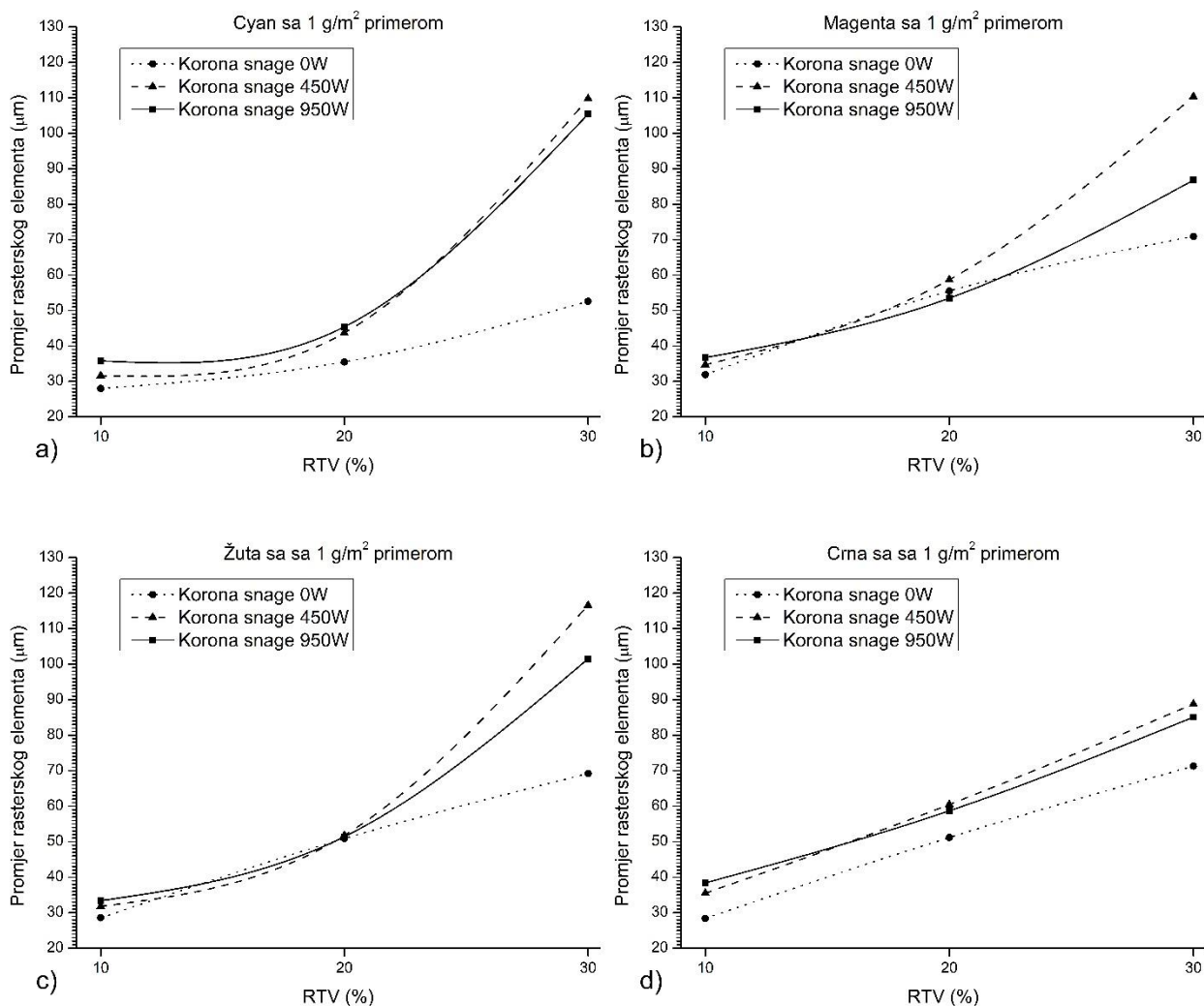
Najveći promjeri formirani su na otiscima koji nisu prethodno tretirani, dok su najmanji tiskovni elementi formirani na podlogama prethodno oplemenjenim koronom snage 950 W. Njihova razlika nije značajna, jer su tako djelovanjem korone ostvareni sljedeći promjeri: $d_{src(0W)} = 64,43\mu m$, $d_{src(950W)} = 61,7\mu m$.

Na slici 23b, odnosno kod magenta boje, odstupanja između otisaka tretiranih različitim koronama su minimalna. To karakterizira sve analizirane rastertonske vrijednosti.

Najveći promjeri su tako formirani bez oplemenjivanja tiskovne podloge ($d_{srM(0W)} = 60,1 \mu\text{m}$), a najmanji koronom snage 950 W ($d_{srM(950W)} = 57,63 \mu\text{m}$).

Kod krivulja koje prikazuju varijaciju promjera tiskovnih elemenata žute boje (slika 23c), na najsvjetlijim poljima RTV-a odstupanja su minimalna, dok su na najveća odstupanja ostvarena na najtamnijim poljima. Ona su nastala uslijed oplemenjivanja podloge i djelovanjem korone snage 950W ($d_{30\%Y(450W - 950W)} = 10,5 \mu\text{m}$.) U prosjeku, najveći promjeri formirani su na podlozi tretiranom koronom snage 950 W ($d_{srY(950W)} = 61,07 \mu\text{m}$), dok su najmanji dobiveni tretiranjem i koronom snage 0 W ($d_{srY(0W)} = 58,27 \mu\text{m}$).

Krivulje na slici 23d, prikazuju promjere rasterskih elemenata crne boje. One su pravilnog, linearnog oblika. Sva nastala odstupanja na svim mjerenim poljima RTV-a su minimalna bez obzira na primjenu snage korone. To je vidljivo i iz veličina promjera rasterskih elemenata koje se kreću od $d_{srY(950W)} = 58,43 \mu\text{m}$ do $d_{srY(450W)} = 60,6 \mu\text{m}$.



Slika 24. Grafovi ovisnosti promjera rasterskih elemenata na otiscima sa 1 g/m² primerom i koronama 0W, 450W i 950W; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja

Na slici 24. prikazani su grafovi ovisnosti promjera rasterskih elemenata i varijacije snage korona na otiscima sa većim nanosom tekućine za regulaciju površinske napetosti, odnosno sa nanosom primera debljine 1 g/m².

Na slici 24a prikazana je varijacija promjera cijan tiskovnih elemenata ovisno o jačini korone. Iz krivulja je vidljivo da najveća odstupanja imaju promjeri dobiveni na podlogama bez korona tretmana (0W). To odstupanje se najviše očituje na najtamnijim područjima RTV-a ($\Delta d_{30\%C(0W-450W)} = 57,2 \mu\text{m}$), dok na 20% RTV-a devijacija istog otiska iznosi $\Delta d_{20\%C(0W-450W)} = 8,2 \mu\text{m}$. Isto tako, odstupanja između promjera dobivenih na tiskovnim podlogama oplemenjenih koronama snage 450W i 950W su zanemariva. Najveći rasterski elementi tako su formirani na tiskovnim podlogama

primjenom snage korone 950 W i 450 W ($d_{src(950W)} = 62.2 \mu\text{m}$, odnosno $d_{src(450W)} = 61.7 \mu\text{m}$). Najmanji rasterski elementi formirani su na otiscima bez korona tretmana $d_{src(0W)} = 38.7 \mu\text{m}$.

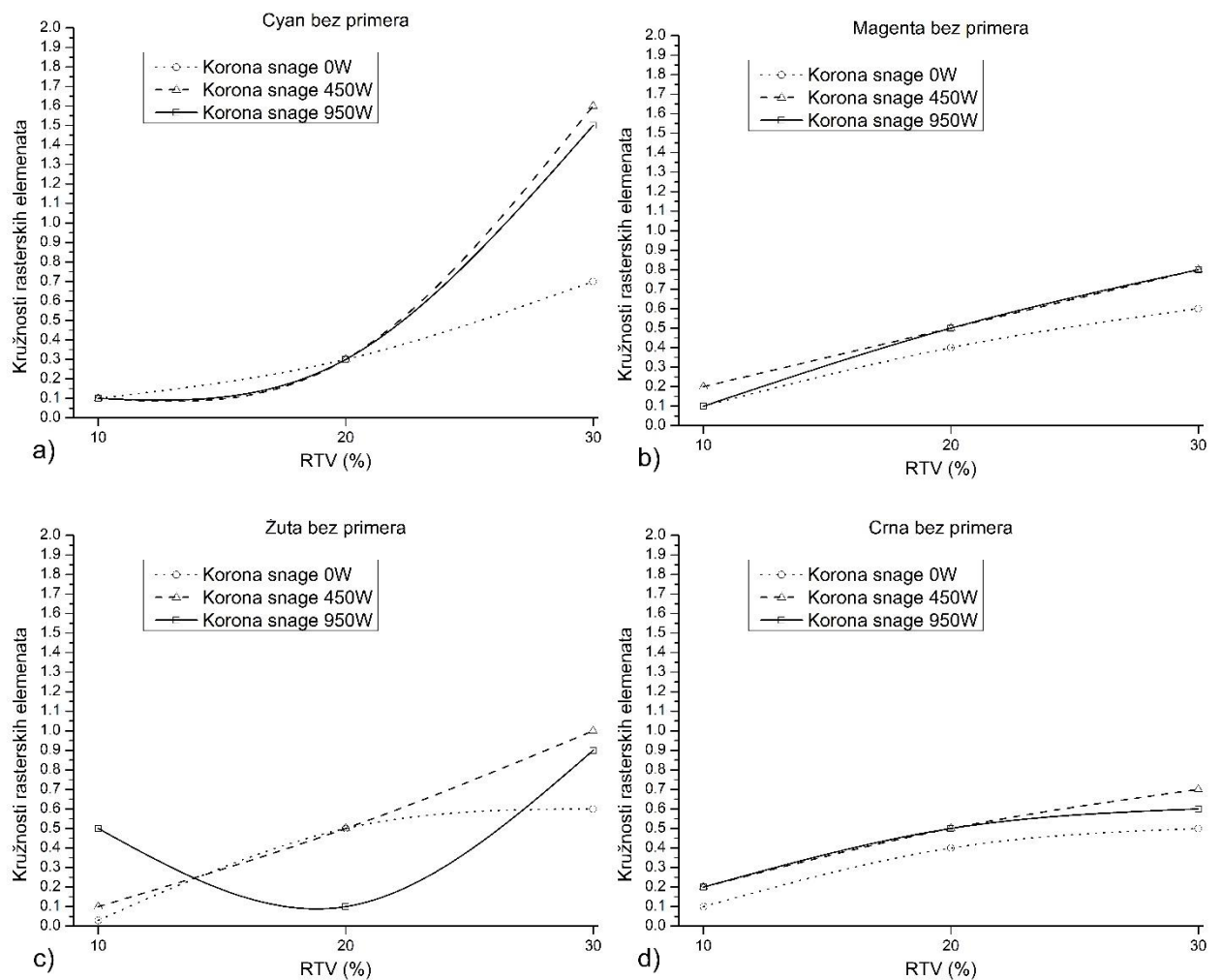
Kod otisaka magenta boje na malim rastertonskim vrijednostima (10% i 20 % RTV-a) odstupanja veličina promjera rasterskih elemenata su veoma mala za sve tri korone. Međutim, na 30% RTV-a ostvarena su veća odstupanja ($\Delta d_{30\%M(0W-450W)} = 39,5 \mu\text{m}$), odnosno $\Delta d_{30\%M(450W-950W)} = 23,6 \mu\text{m}$. Tako je na krivuljama zamijećeno da podloga tretirana koronom snage 450 W daje najveće promjere $d_{srM(450W)} = 67,93 \mu\text{m}$, dok tiskovna podloga bez korona tretmana daje promjere najmanje veličine $d_{srM(0W)} = 52,77 \mu\text{m}$.

Kod otisaka žute boje (slika 24c) krivulje reprodukcije su slične krivuljama magente, s tom razlikom što su odstupanja na 10% i 20% RTV-a nešto manja. Na području od 30% RTV-a odstupanja su veća, posebno kod promjera dobivenih na otiscima bez korona tretmana ($\Delta d_{30\%Y(0W-450W)} = 47,4 \mu\text{m}$, $\Delta d_{30\%Y(450W-950W)} = 15,1 \mu\text{m}$). Najveći žuti rasterski elementi ostvareni su tretmanom koronom snage 450 W, $d_{srM(450W)} = 66,73 \mu\text{m}$, dok su najmanji dobiveni bez tretmana, $d_{srM(0W)} = 49,57 \mu\text{m}$.

Na slici 24d, (otisci crne boje) uočljivo je da se krivulja varijacije promjera dobivenih na podlogama bez djelovanja snage korone izdvaja od druge dvije krivulje. To je posebno naglašeno na površinama od 30% RTV-a ($\Delta d_{30\%K(0W-450W)} = 17,5 \mu\text{m}$). Vidljivo je da su nastala odstupanja veoma mala, ali ipak, tretman koronom snage 450W ostvariti će nešto veće promjere rasterskih elemenata na tamnijim poljima ($d_{srK(450W)} = 61,6 \mu\text{m}$). Najmanji promjeri crnih tiskovnih elemenata dobiveni su tako na otiscima bez djelovanja korona uređaja ($d_{K(0W)} = 50,3 \mu\text{m}$).

4.2. ANALIZA KRUŽNOSTI RASTERSKIH ELEMENATA S OBZIROM NA VARIJACIJU SNAGE KORONE

Da bi se ostvario što bolji tonski prijelaz unutar višebojne slike najmanji reproducirani tiskovni elementi (rasterske točkice) moraju biti savršeno okrugle (bez devijacija). Na slikama 25, 30 i 35 prikazane su krivulje devijacije kružnosti rasterskih elemenata za četiri procesne boje (CMYK) u područjima od 10%, 20% i 30 % RTV-a. Pri tome će idealna kružnost imati vrijednost 1.

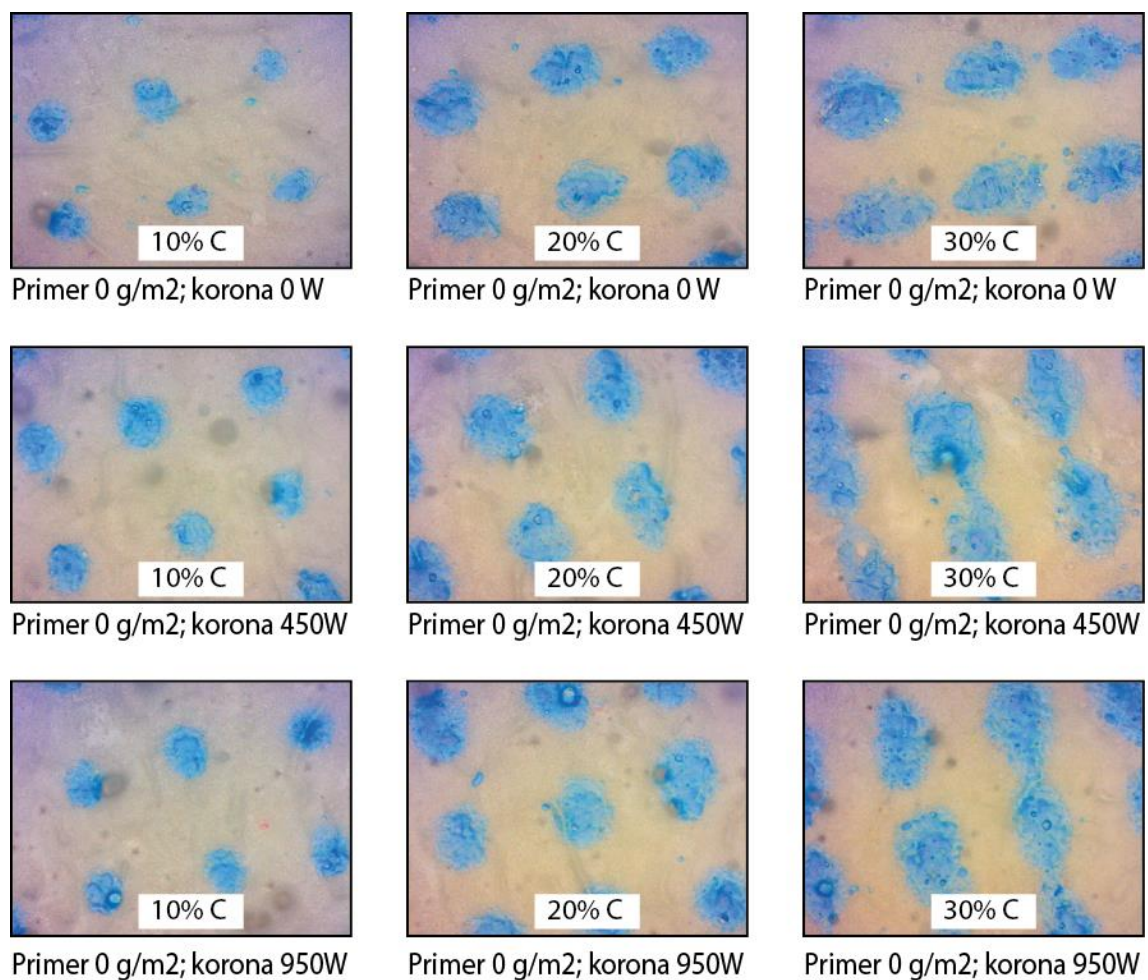


Slika 25. Grafovi ovisnosti kružnosti rasterskih elemenata na otiscima bez primera i sa koronama snage 0W, 450W i 950W; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja

Na slici 25a prikazani su rasterski elementi na otiscima cijan boje bez prethodno nanesenog primera. Na područjima od 30% RTV-a otisnutih bez prethodnog nanašanja primera i bez aktivacije korone, ostvarit će se najpravilniji rasterski elementi. Pri tom će

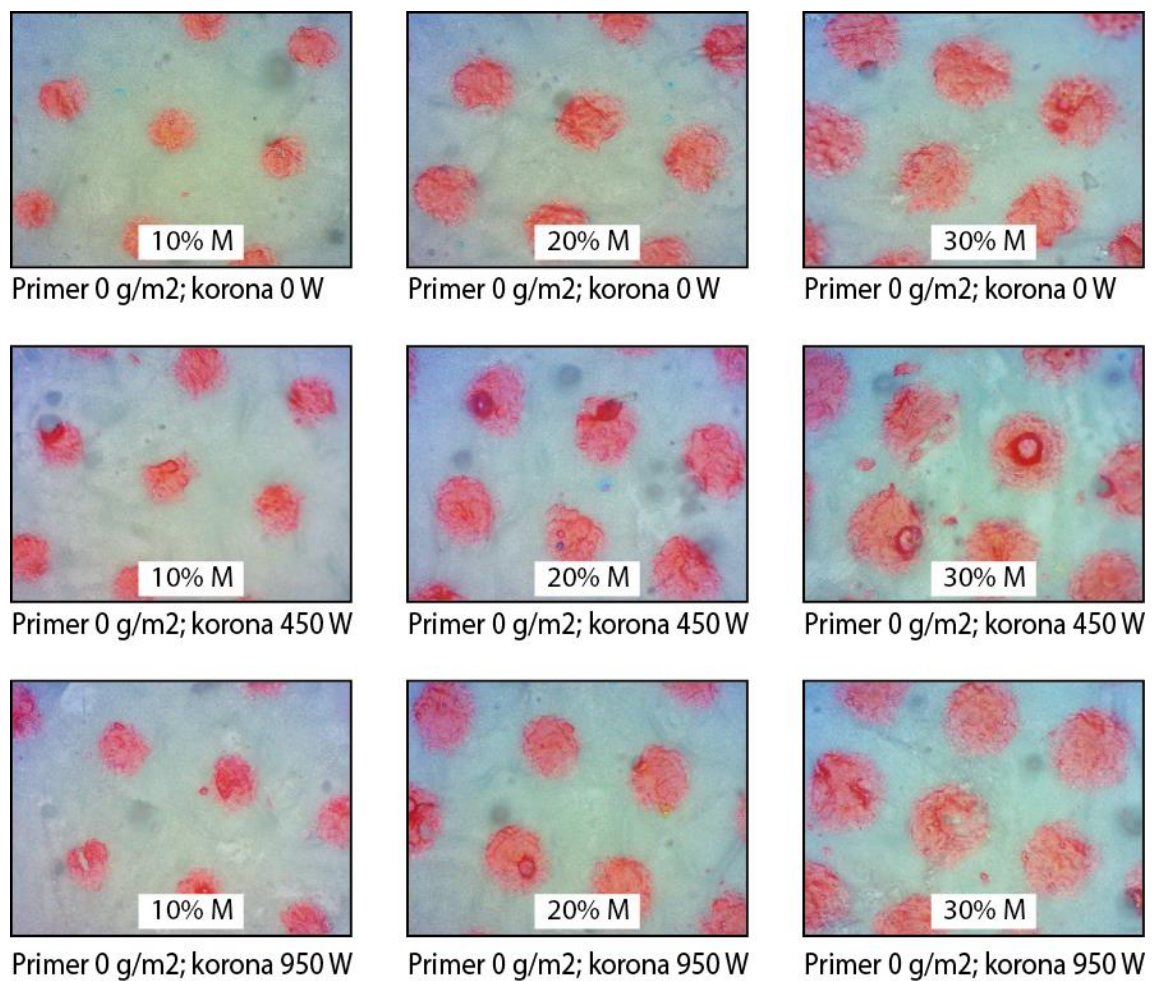
cirkularnost iznositi ($C_{30\%C(0W)} = 0,7$). Na istom tom području ostvarena je i najveća deformacija i to na podlozi tretiranoj koronom snage 450 W ($\Delta C_{30\%C(0W-450W)} = 0,9$). Na 10% i 20 % RTV-a odstupanja su minimalna za sve tri tretirane tiskovne podloge.

Najmanju kružnost, a samim time i najveću deformaciju, imaju rasterski elementi dobiveni na tiskovnoj podlozi bez korona tretmana ($C_{srC(0W)} = 0,37$). Varijacijom snage korone (450 W i 950 W) neće se ostvariti promjena u kružnosti i ona je gotovo zanemariva ($C_{srC(450W)} = 0,66$, $C_{srC(950W)} = 0,63$). To je vizualno vidljivo na slici 26, koja su prikazuje cijan analizirana polja povećanja 200 puta.



Slika 26. Uvećanje rasterskih elemenata cijan boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima bez nanosa primera

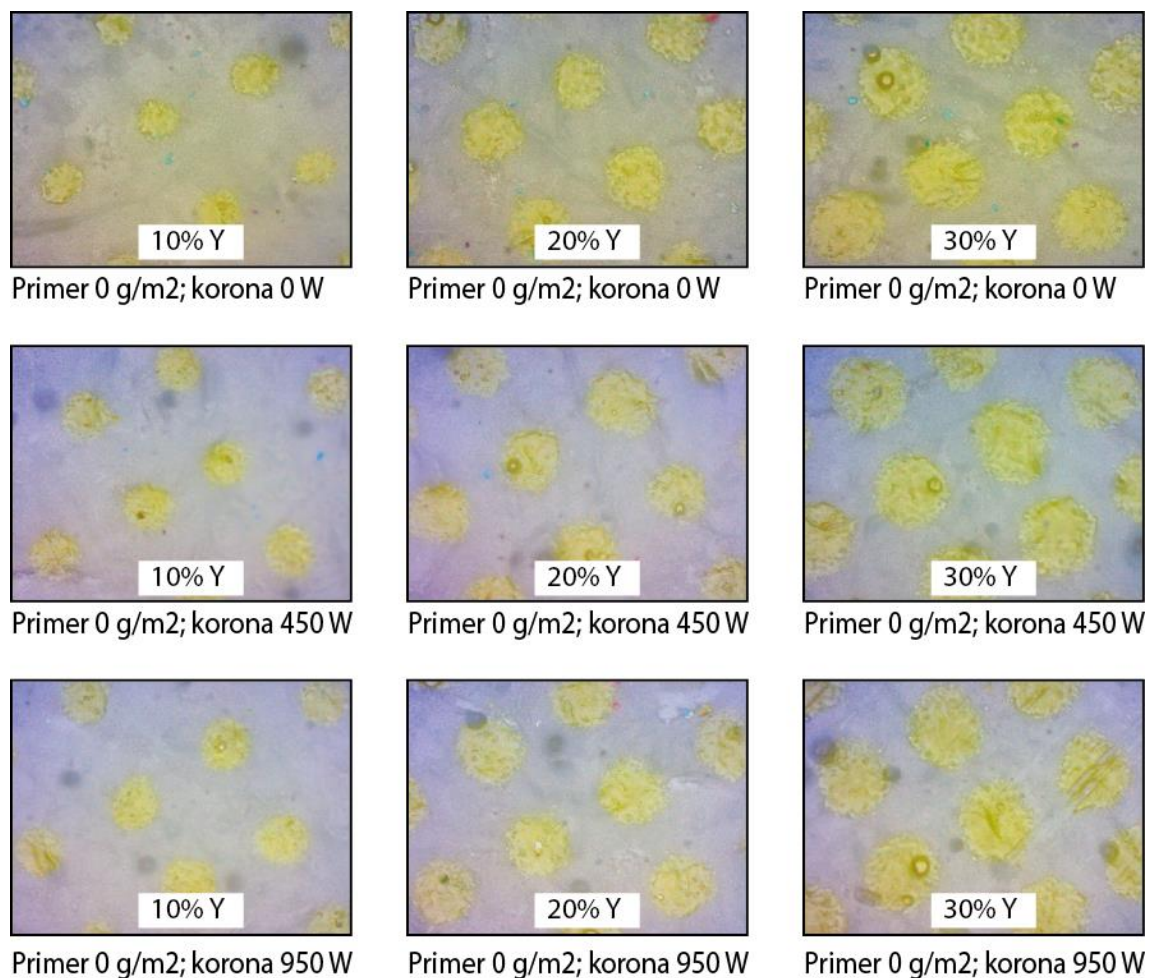
Na slici 25b prikazane su krivulje reprodukcije kružnosti magenta rasterskih elemenata. Za razliku od cijan otisaka, ovdje je na svim vrijednostima RTV-a odstupanja između kružnosti elemenata je minimalna. Tako devijacija između različito tretiranih tiskovnih podloga ne prelazi vrijednost 0,1. To rezultira i veoma slične vrijednosti kružnosti koje iznose: $C_{srM(0W)} = 0,37 \mu\text{m}$, $C_{srM(450W)} = 0,5 \mu\text{m}$ i $C_{srM(950W)} = 0,47 \mu\text{m}$. Mikroskopski uvećani otisci magenta boje to pokazuju na slici 27.



Slika 27. Uvećanje rasterskih elemenata magenta boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima bez nanosa primera

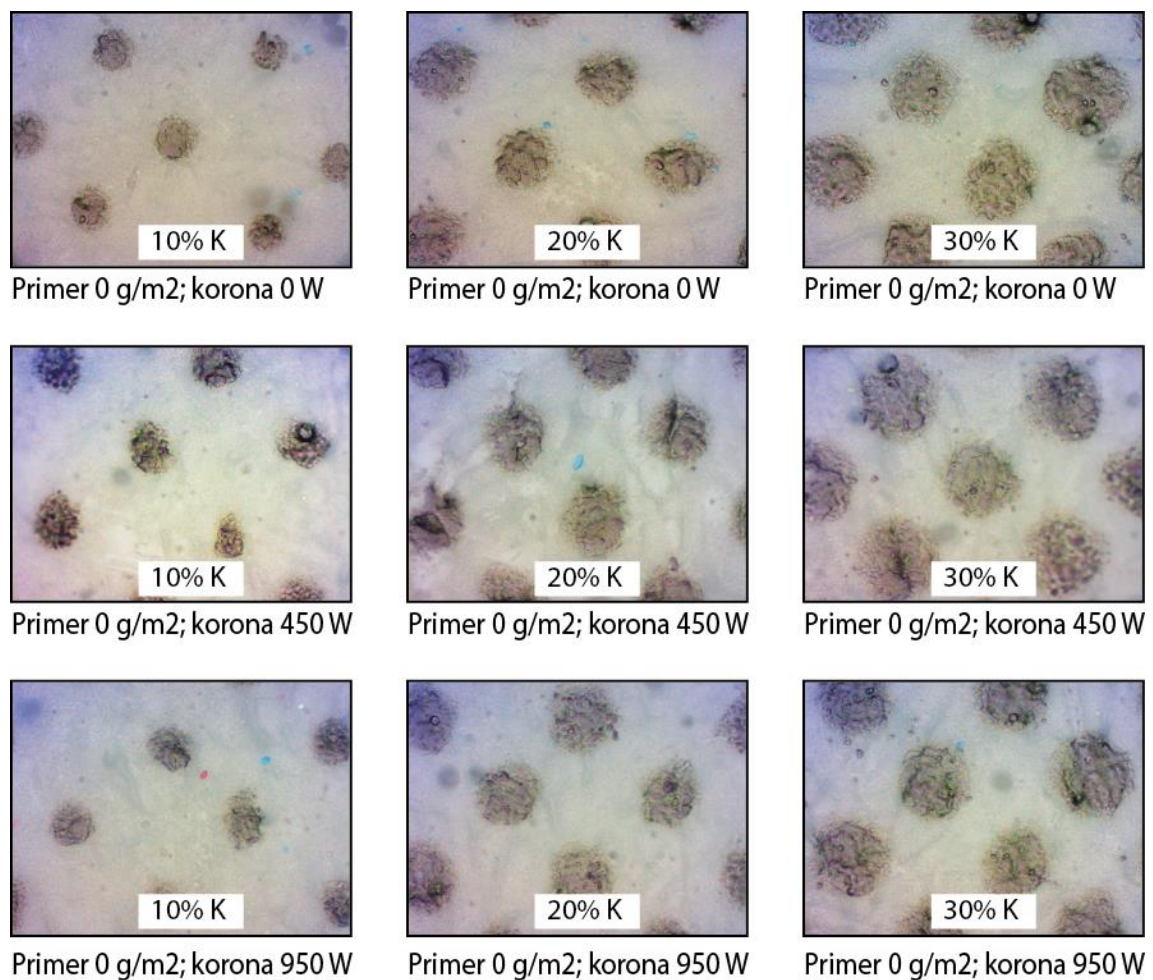
Kod žute boje (slika 25c) na 10% RTV-a najveću kružnost imaju rasterski elementi dobiveni na tiskovnoj podlozi oplemenjenom koronom snage 950 W ($C_{10\%Y(950W)} = 0,5$), dok su kružnosti rasterskih elemenata formiranih na druge dvije tiskovne podloge znatno manje ($\Delta C_{10\%Y(0W-950W)} = 0,47$ i $\Delta C_{10\%Y(450W-950W)} = 0,4$). Na 20% kružnosti rasterskih elemenata dobivenih na podlozi bez tretiranja i na podlozi tretiranoj koronom snage 450 W su ista. Kružnost elemenata na podlozi oplemenjenom koronom snage 950 W je znatno manja ($\Delta C_{20\%Y(450W-950W)} = 0,4$).

Analizom svih rasterskih područja vidljivo je da će kružnost rasterskih elemenata tretiranjem koronama snaga 450 W i 950 W dati slične vrijednosti ($C_{srY(450W i 950W)} = 0,5$), što ne vrijedi i za kružnost rasterskih elemenata dobivenih bez korona tretmana ($C_{srY(0W)} = 0,37$).

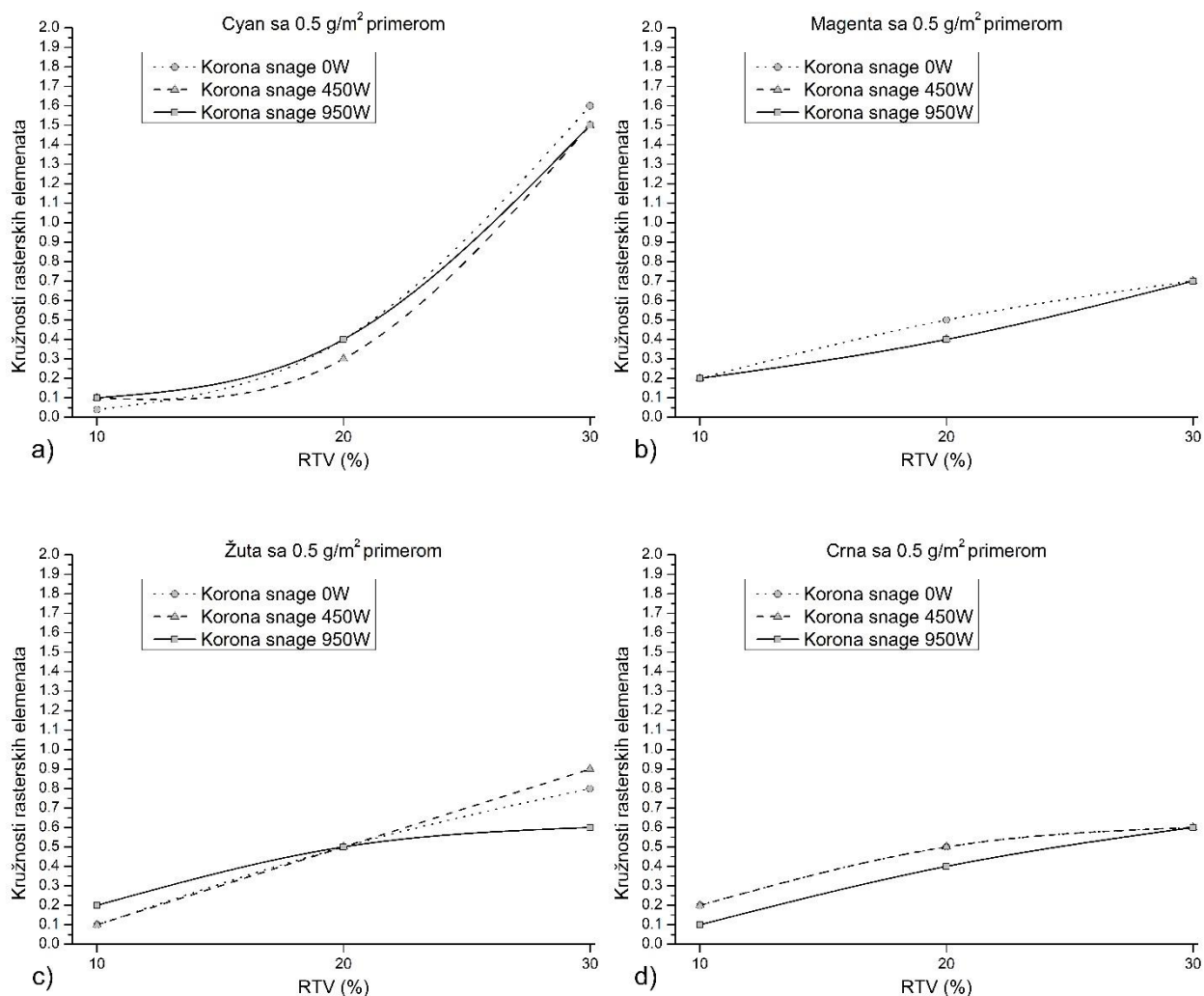


Slika 28. Uvećanje rasterskih elemenata žute boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima bez nanosa primera

Kružnosti rasterskih elemenata crne boje (slika 25d) će na površinama od 10% i 20% RTV-a rasterski elementi dobivenih tretiranjem koronama snage 450 W i 950 W imati iste vrijednosti ($C_{10\%K(450W i 950W)} = 0,2$ i $C_{20\%K(450W i 950W)} = 0,5$). Odstupanje kružnosti dobivenih na tiskovnoj podlozi bez korona tretmana je zanemarivo ($\Delta C_{10\%K(0W-450W)} = 0,1$). Na najtamnijim područjima (30% RTV-a) kružnost elemenata najbolja je na podlozi tretiranoj koronom snage 450 W ($C_{30\%K} = 0,7$), dok je na druga dva tipa podloga nešto lošija, ali ne toliko da bi bilo od značaja ($C_{30\%(0W)K} = 0,5$ i $C_{30\%(950W)K} = 0,6$). Analizom svih reproduciranih crnih otisaka, zamijećena je mala prosječna devijacija kružnosti elemenata koja iznosi: $C_{srK(0W)} = 0,33 \mu\text{m}$, $C_{srK(450W)} = 0,47 \mu\text{m}$ i $C_{srK(950W)} = 0,43 \mu\text{m}$. Sličnost kružnosti rasterskih elemenata vidljiva je i na slici 29.



Slika 29. Uvećanje rasterskih elemenata crne boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima bez nanosa primera

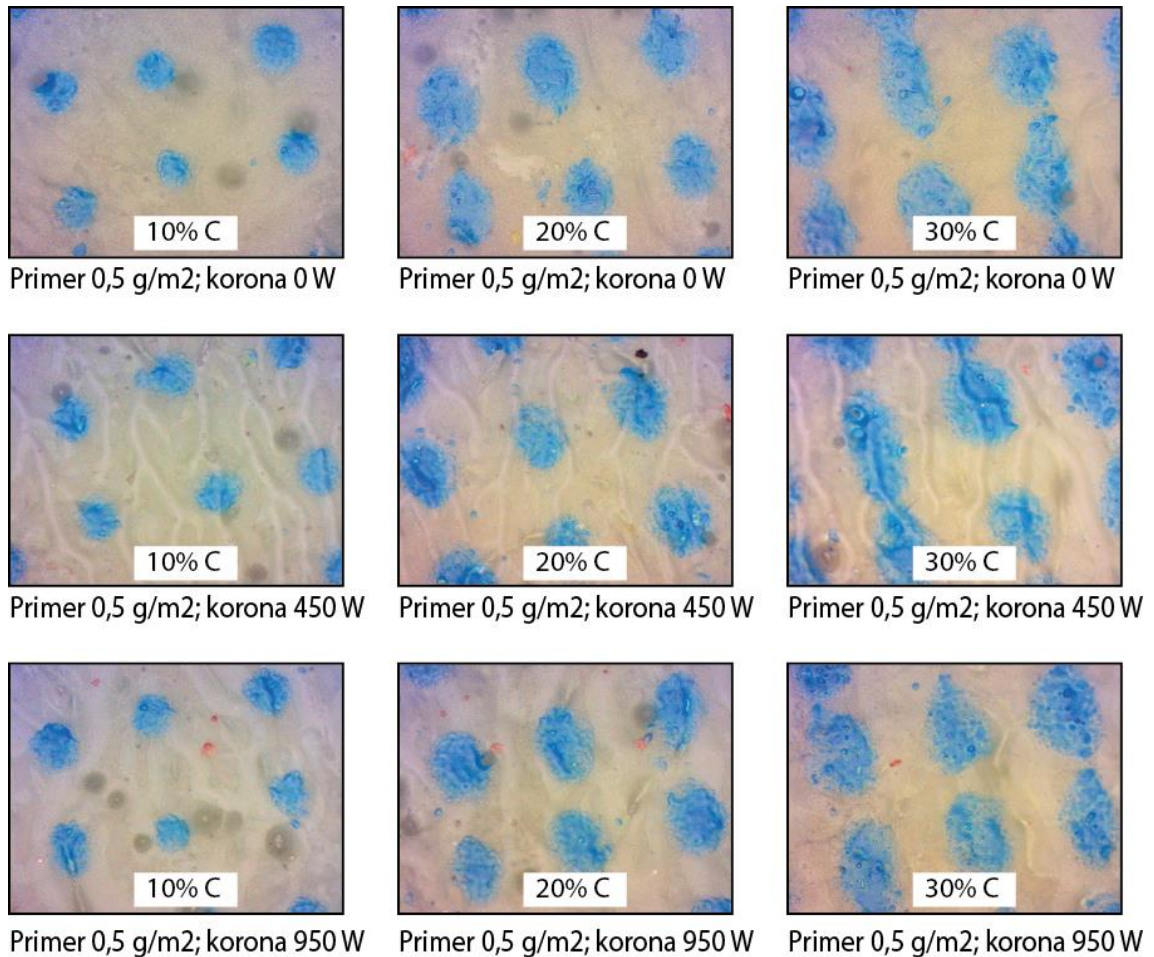


Slika 30. Grafovi ovisnosti kružnosti rasterskih elemenata na otiscima sa 0,5 g/m² primerom i koronama 0W, 450W i 950W; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja

Na slici 30. prikazani su grafovi ovisnosti kružnosti rasterskih elemenata za četiri procesne boje na otiscima sa primerom debljine nanosa 0,5 g/m² i tretiranim različitim varijacijama napona korona (0 W, 450 W i 950 W). Na slikama 31, 32, 33 i 34 nalaze se mikroskopske fotografije 200 puta uvećani sa reproduciranim rasterskim elementima u području od 10%, 20% i 30% RTV-a.

Na slici 30a prikazane su varijacije rasterskih elemenata cijan otisaka. Za sve snage korona, nastala odstupanja kružnosti su jako mala na svim vrijednostima RTV-a. Najveća odstupanja zamijećena su na 20% rastertonske vrijednosti i to za podlogu

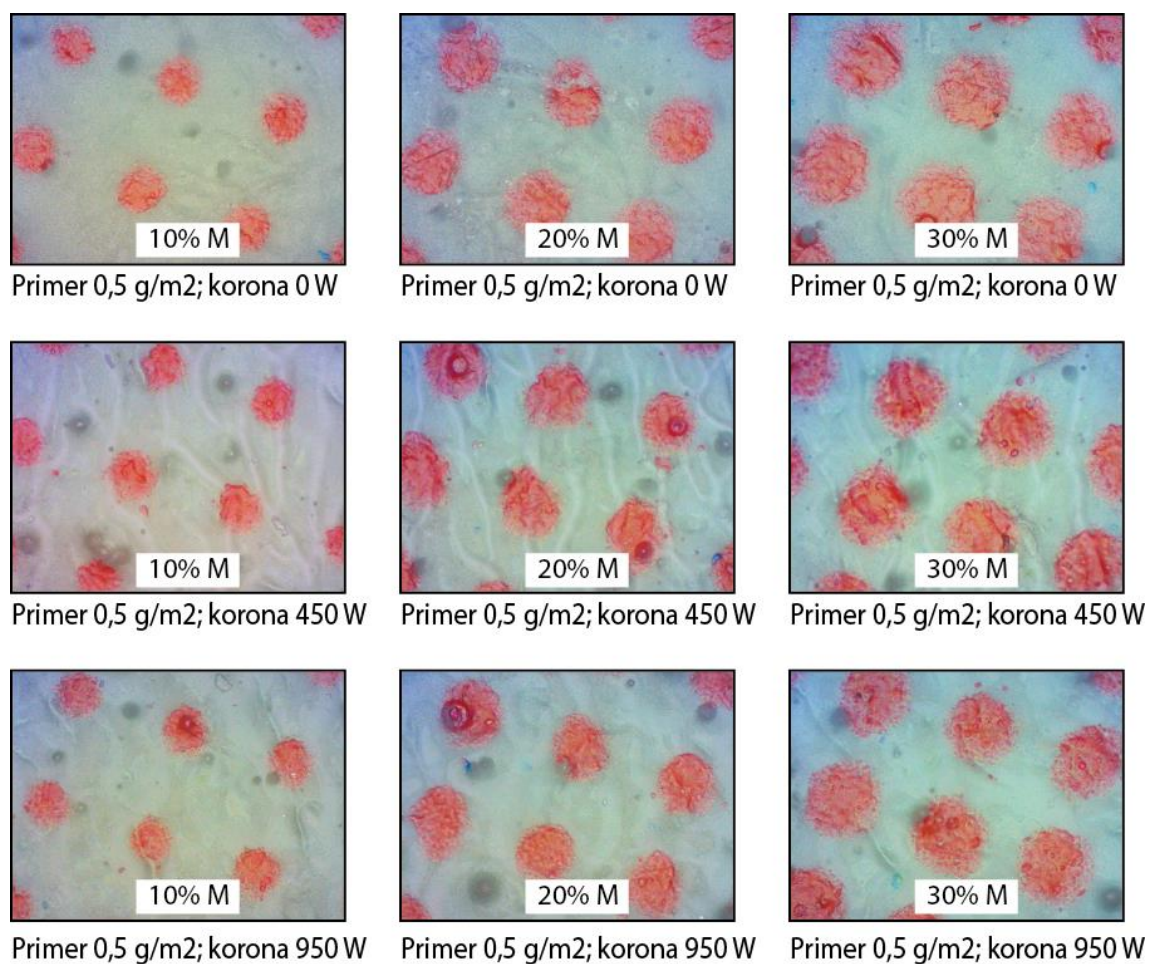
tretiranu koronom snage 450 W ($\Delta C_{20\%C(0W-450W)} = 0,1$). Na svim ostalim RTV-ima odstupanja su zanemariva. Izračunom srednjih vrijednosti od 10%, 20% i 30% RTV-a dobivene su slične kružnosti rasterskih elemenata koje iznose: $C_{src(0W)} = 0,68 \mu\text{m}$, $C_{src(450W)} = 0,63 \mu\text{m}$ i $C_{src(950W)} = 0,67 \mu\text{m}$. Izgled rasterskih elemenata za ovu separaciju vidljiv je na slici 31.



Slika 31. Uvećanje rasterskih elemenata cijan boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima sa debljinom nanosa primera 0,5 g/m²

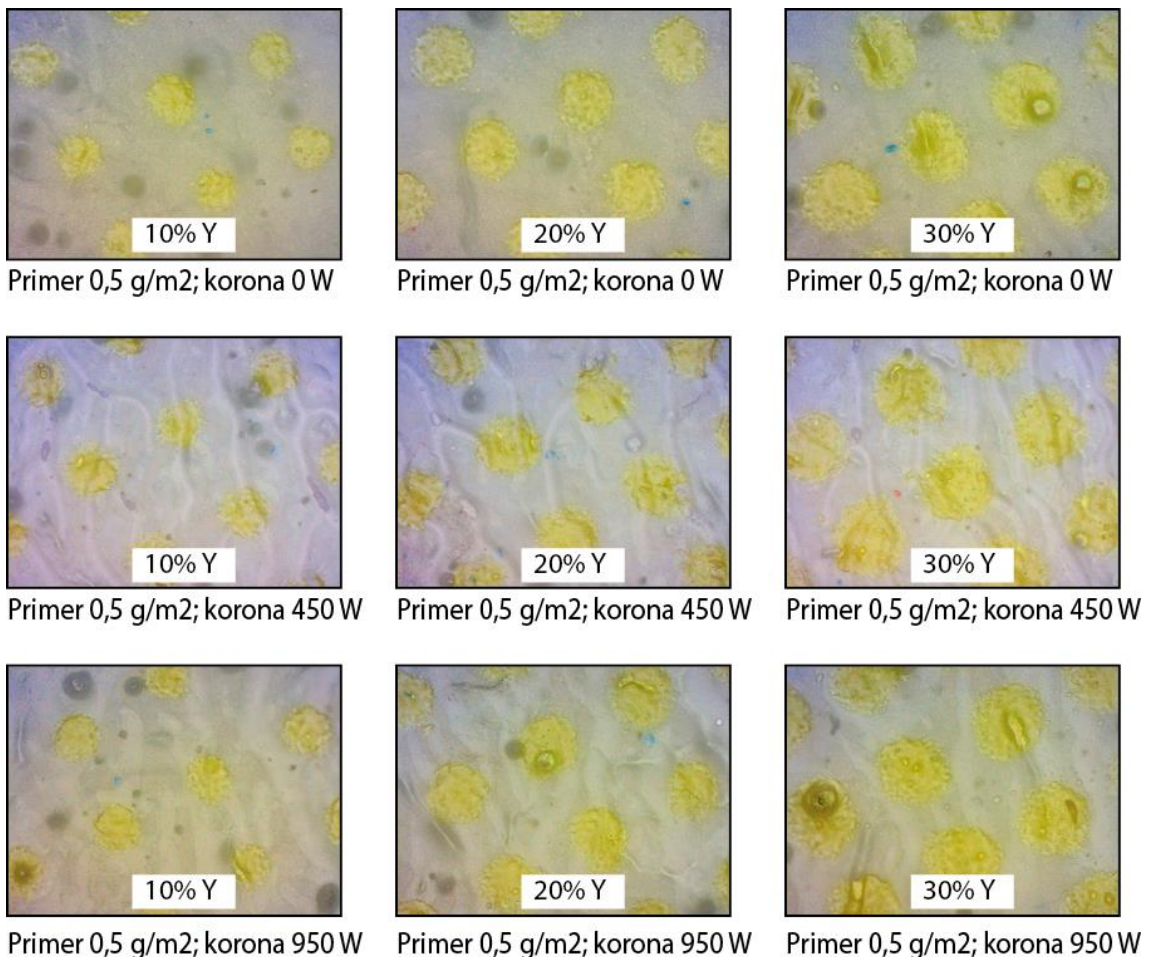
Kod magenta otisaka (slika 30b), tretiranjem koronom neće nastati promjene u kružnosti u području od 10% i 30% RTV-a. Na podlozi bez korona tretmana odstupanje na 20% rastertonske vrijednosti je veoma malo ($\Delta C_{20\%M(0W-450W)} = 0,1$).

Također, prosječna vrijednost za kružnost rasterskih elemenata dobivenih na tiskovnim podlogama oplemenjenih koronama snaga 450 W i 950 W je ista ($C_{SRM(450W-950W)} = 0,43$), dok je magenta na tiskovnoj podlozi bez korona tretmana ostvarila kružnost $C_{SRM(0W)} = 0,47$. Na slici 32 vidi se mikroskopski prikaz 200 puta uvećanog otiska magenta boje.



Slika 32. Uvećanje rasterskih elemenata magenta boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima sa debljinom nanosa primera 0,5 g/m²

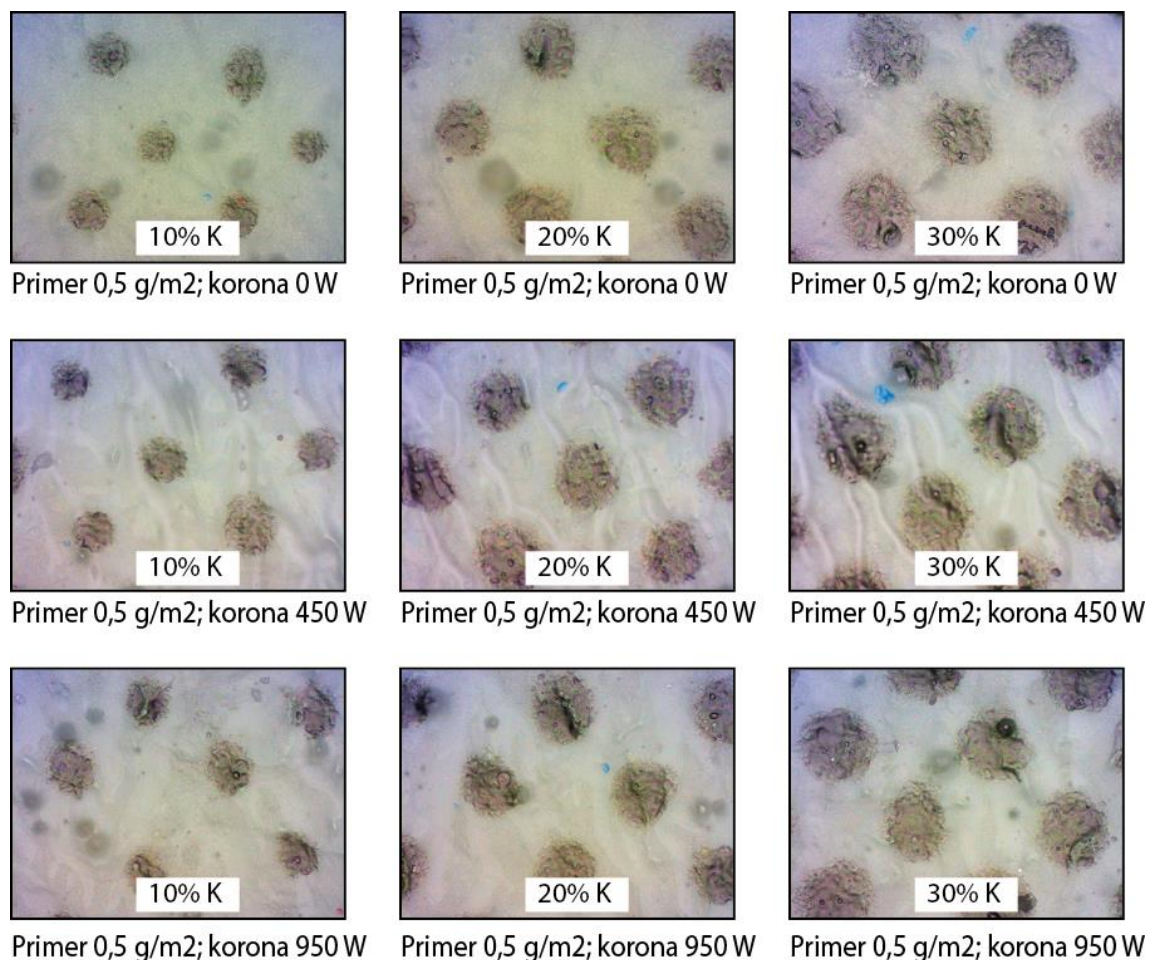
Na slici 30c je vidljivo da kod otisaka sa žutom bojom na 20% RTV-a postoje identični rezultati za kružnosti za sve tri primijenjene korone. Na 10% RTV-a vrijednosti kružnosti rasterskih elemenata dobivenih bez korone tretmana i primjenom korone snage 450W su iste. U slučaju tretiranja koronom snage 950W odstupanja su minimalna ($\Delta C_{10\%Y(450W-950W)} = 0,1$). Na 30% RTV-a najveća kružnost (gotovo idealna) dobivena je tretmanom korone snage 450W ($C_{30\%Y(450W)} = 0,9$), a najmanja sa koronom snage 950W ($C_{30\%Y(950W)} = 0,6$). Samim time razlike u kružnosti između ovih rasterskih elemenata je $\Delta C_{30\%Y(450W-950W)} = 0,3$. Eksperimentalni otisci su tako ujednačeni, što se može vidjeti iz prosječnih vrijednosti kružnosti rasterskih elemenata koje su slične ($C_{srY(0W)} = 0,47$, $C_{srY(450W)} = 0,5 \mu\text{m}$, $C_{srY(950W)} = 0,43 \mu\text{m}$). Slika 33 sadrži mikroskopski prikaz rasterskih elemenata žute boje.



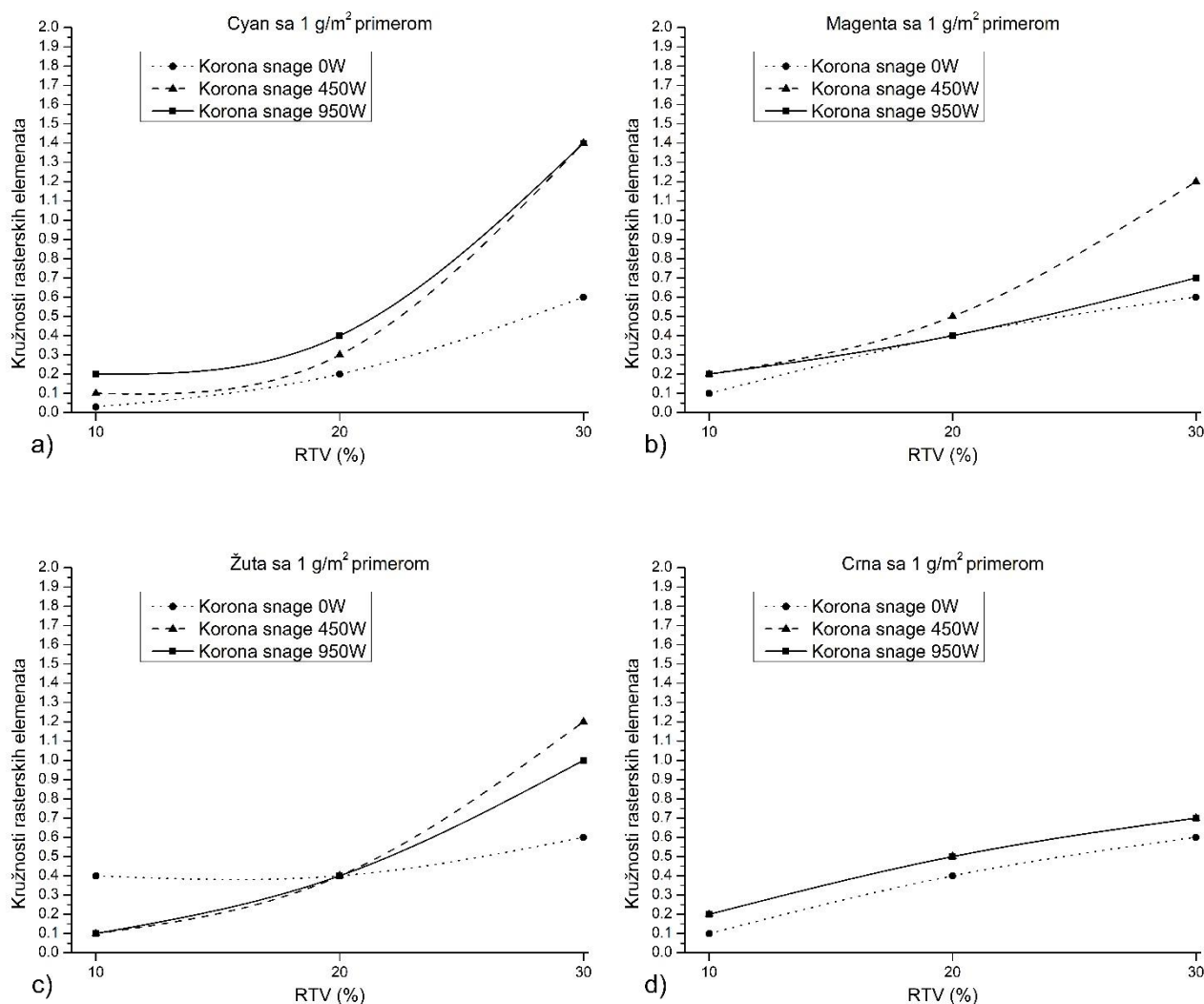
Slika 33. Uvećanje rasterskih elemenata žute boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima sa debljinom nanosa primera 0,5 g/m²

Kod otisaka crne boje (slika 30d) kružnosti rasterskih elemenata su potpuno iste na tiskovnoj podlozi bez tretmana i na podlozi oplemenjenoj koronom snage 450 W. To vrijedi za analizirane vrijednosti RTV-a. Odstupanja kružnosti rasterskih elemenata na tiskovnoj podlozi tretiranoj koronom snage 950W iznose $\Delta C_{10\%K (450W-950W)} = 0,1$ i $\Delta C_{20\%K (450W-950W)} = 0,1$. Na području od 30% RTV kružnost dobivena na sve tri obrađene tiskovne podloge su iste i iznose $C_{(0W, 450W i 950W)} = 0,6$.

Izračunom prosječne kružnosti elemenata zamijećeno je da na podlogama bez korona tretmana i sa tretmanom koronom snage 450 W nastaje identična kružnost elemenata ($C_{srK (0W i 450W)} = 0,43$). Sa tretmanom koronom snage 950 W ostvareni su nešto nepravilnije rasterske elemente ($C_{srK (950W)} = 0,37$). To je vidljivo i na povećanim segmentima otisaka na slici 34.



Slika 34. Uvećanje rasterskih elemenata crne boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima sa debljinom nanosa primera 0,5 g/m²

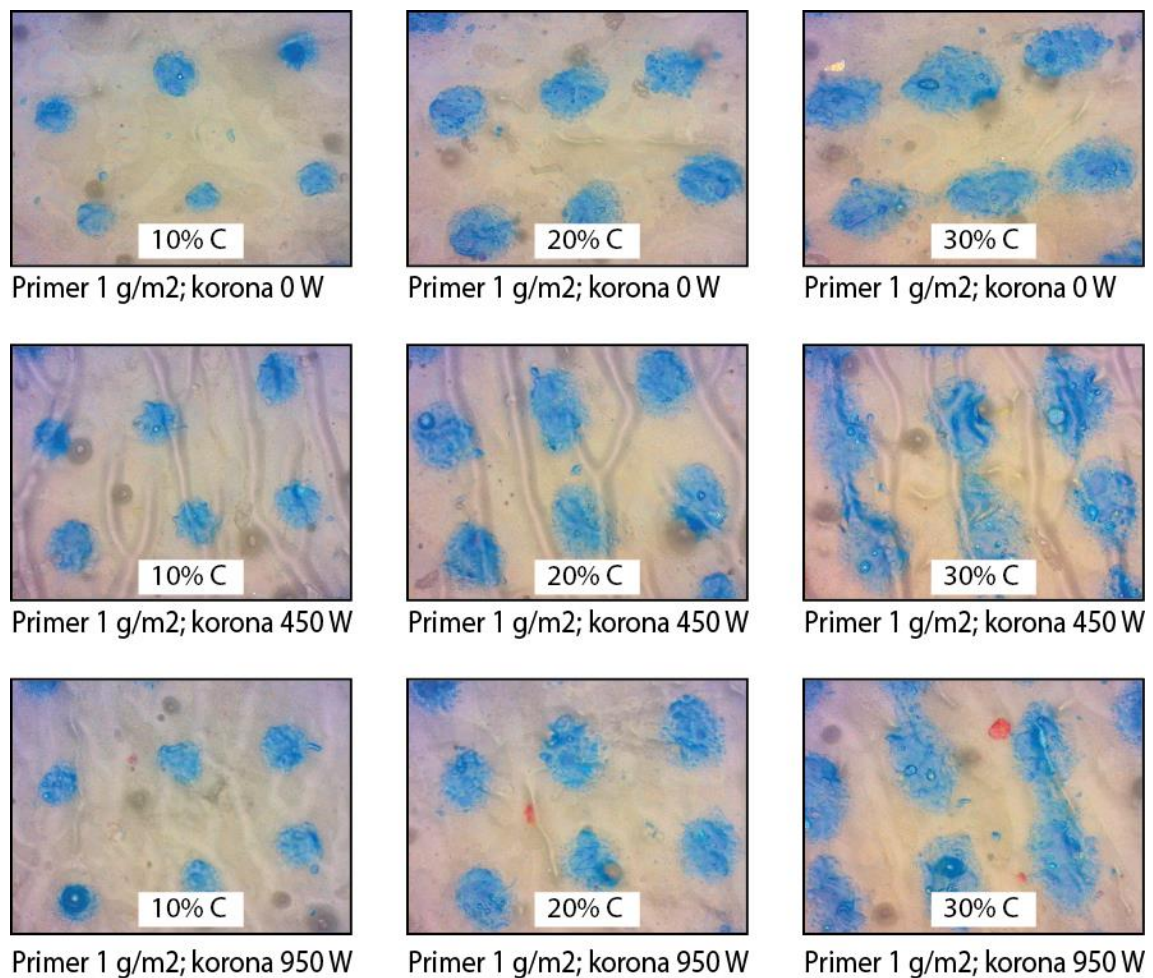


Slika 35. Grafovi ovisnosti kružnosti rasterskih elemenata na otiscima sa 1 g/m² primerom i koronama snaga 0W, 450W i 950W; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja

Na slici 35 prikazani su grafovi varijacije kružnosti CMYK otisaka, ovisno o različitim naponima na koje je nanesen primer debljine 1 g/m². Na slikama 36, 37, 38 i 39 dane su mikroskopske fotografije 200 puta uvećani rasterskih elemenata za svaku procesnu boju.

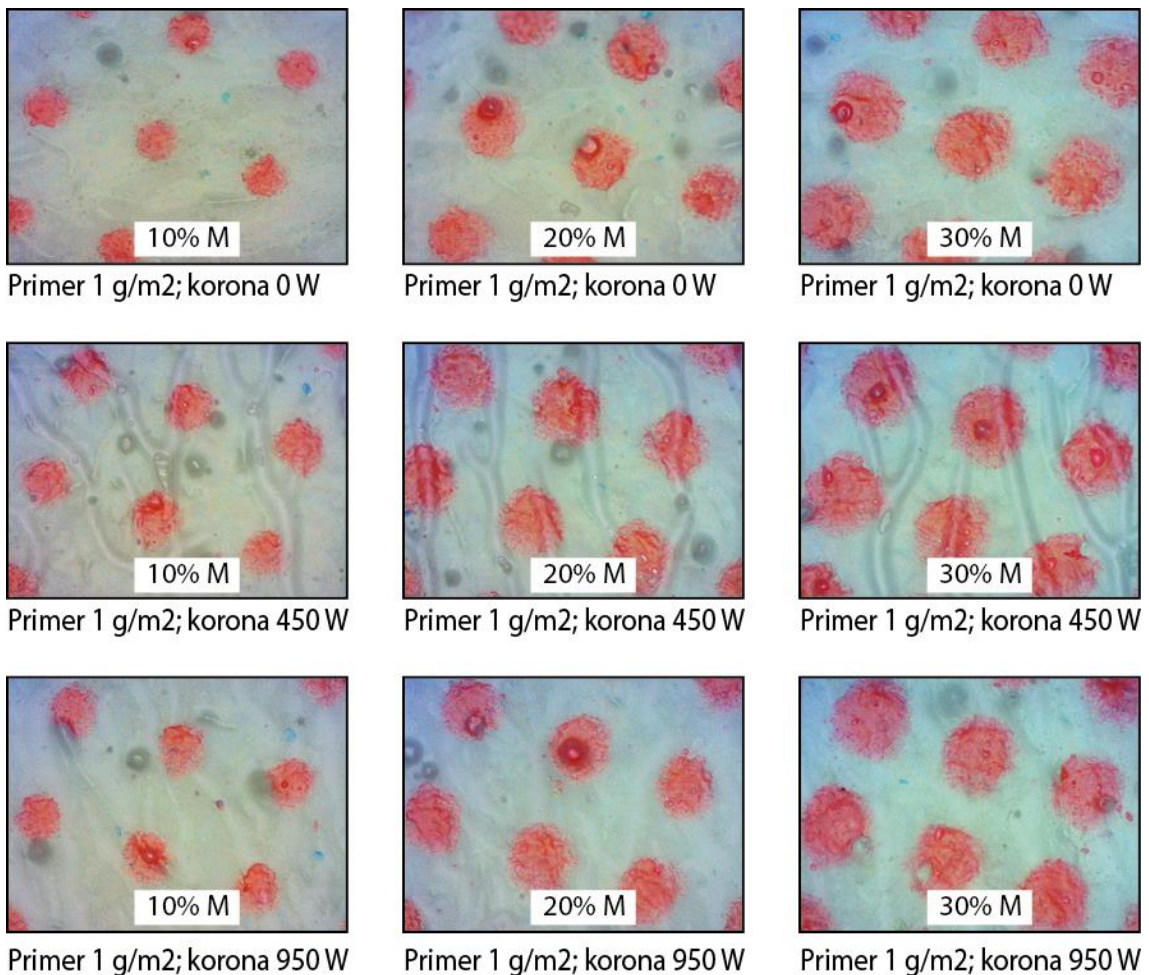
Na slici 35a prikazana je varijacija kružnosti za cijan boju. Iz krivulja je vidljivo da na svim RTV-ima najveću kružnost imaju rasterski elementi dobiveni na tiskovnoj podlozi oplemenjenoj koronom snage 950W ($C_{src(950W)} = 0,67$), dok su najmanji na tiskovnoj podlozi bez korona tretmana ($C_{src(0W)} = 0,28$).

Na području od 10% i 20% RTV-a odstupanja između kružnosti rasterskih elemenata nastalih trima koronama su $\Delta C_{10\%C(0W,450W \text{ i } 950W)} = 0,1$ i $\Delta C_{20\%C(0W-450W)} = 0,1$. Na 30% RTV-a izražena su velika odstupanja kružnosti rasterskih elemenata nastalih na podlozi bez korona tretmana ($\Delta C_{30\%C(0W-450W)} = 0,8 \mu\text{m}$). Na podlogama tretiranim koronama vrijednosti su iste ($\Delta C_{30\%C(450W \text{ i } 950W)} = 1,4$). Mikroskopski prikaz rasterskih elemenata cijan boje prikazan je na slici 36.



Slika 36. Uvećanje rasterskih elemenata cijan boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima sa debljinom nanosa primera 1 g/m²

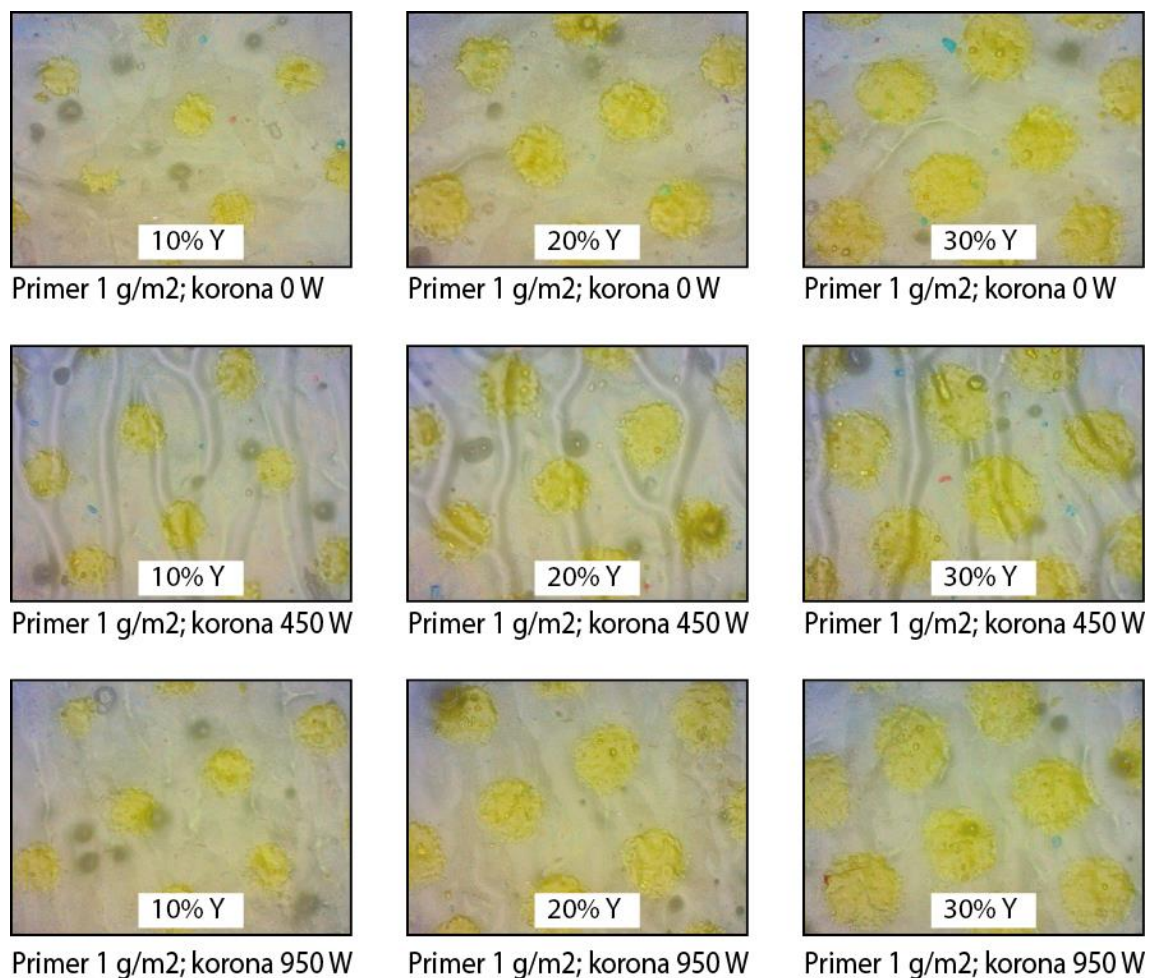
Krivulje koje prikazuju magenta kružnost tiskovnih elemenata su nepravilne. Na području od 10% i 20% RTV-a odstupanja kružnosti rasterskih elemenata su iste i zanemarive ($\Delta C_{10\% \text{ i } 20\% (0W-450W)M} = 0,1$, $\Delta C_{10\%M (950W-450W)} = 0$). Na 30% rastertonske vrijednosti ističu se vrijednosti kružnosti rasterskih elemenata nastalih na podlozi oplemenjenoj koronom snage 450 W. To je ujedno i najveća izmjerena kružnost ($C_{30\%M (450W)} = 1,2$). Najmanju kružnost imaju rasterski elementi formirani na netretiranoj tiskovnoj podlozi. Razlika između dvije snage korone iznosi $\Delta C_{30\%M (0W-450W)} = 0,6$. Izračunom prosječne vrijednost kružnosti rasterskih elemenata u odnosu na snagu korone dobivaju se vrijednosti: $C_{SRM (0W)} = 0,37$, $C_{SRM (450W)} = 0,63$ i $C_{SRM (950W)} = 0,43$. Sličnost rasterskih elemenata za magenta boju vidljiva je i na mikroskopskim fotografijama u područjima od 10%, 20% i 30% na slici 37.



Slika 37. Uvećanje rasterskih elemenata boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima sa debljinom nanosa primera 1 g/m²

Na slici 35c, odnosno na otiscima žute boje zamijećeno je da je kružnost rasterskih elemenata slična na tiskovnoj podlozi bez tretiranja. To je zamijećeno na svim područjima RTV-a. Na području od 10% RTV-a najveću kružnost imaju rasterski elementi formirani na podlozi bez oplemenjivanja ($C_{SrY(0W)} = 0,47$). Na tiskovnim podlogama tretiranim koronama snaga 450 W i 950 W vrijednosti kružnosti rasterskih elemenata su slične ($C_{SrY(450W)} = 0,57$ i $C_{SrY(950W)} = 0,5$).

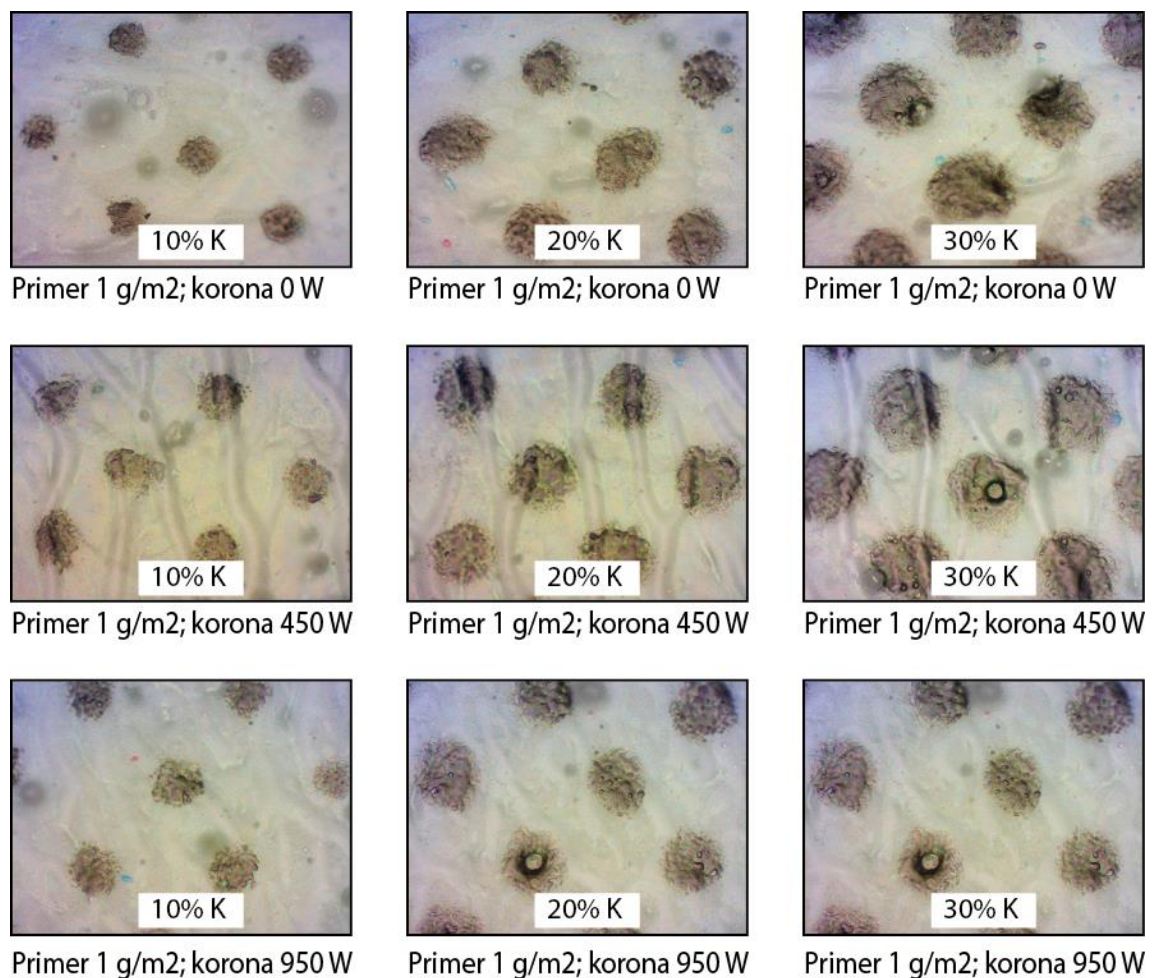
Na poljima od 20% RTV-a sve tri korone daju istu vrijednost kružnosti, dok na području od 30% RTV-a najveću kružnost imaju rasterski elementi formirani na podlozi oplemenjenoj koronom snage 450 W ($C_{30\%Y(450W)} = 1,2$), a najmanju na podlozi bez korona tretmana ($C_{30\%Y(0W)} = 0,6$), Mikroskopski uvećani otisci žute boje prikazani su na slici 38.



Slika 38. Uvećanje rasterskih elemenata žute boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima sa debljinom nanosa primera 1 g/m²

Kod otisaka crne boje (slika 35d) vidljivo je da su na svim područjima RTV-a na podlogama tretiranim koronama snaga 450 W i 950 W formirani rasterski elementi identične kružnosti ($C_{10\%K(450W i 950W)} = 0,2$, $C_{20\%K(450W i 950W)} = 0,5$ i $C_{30\%K(450W i 950W)} = 0,7$), a vrijednosti kružnosti rasterskih elemenata formiranih na podlozi bez korona tretmana su na svim RTV-a manje za $\Delta C = 0,1$.

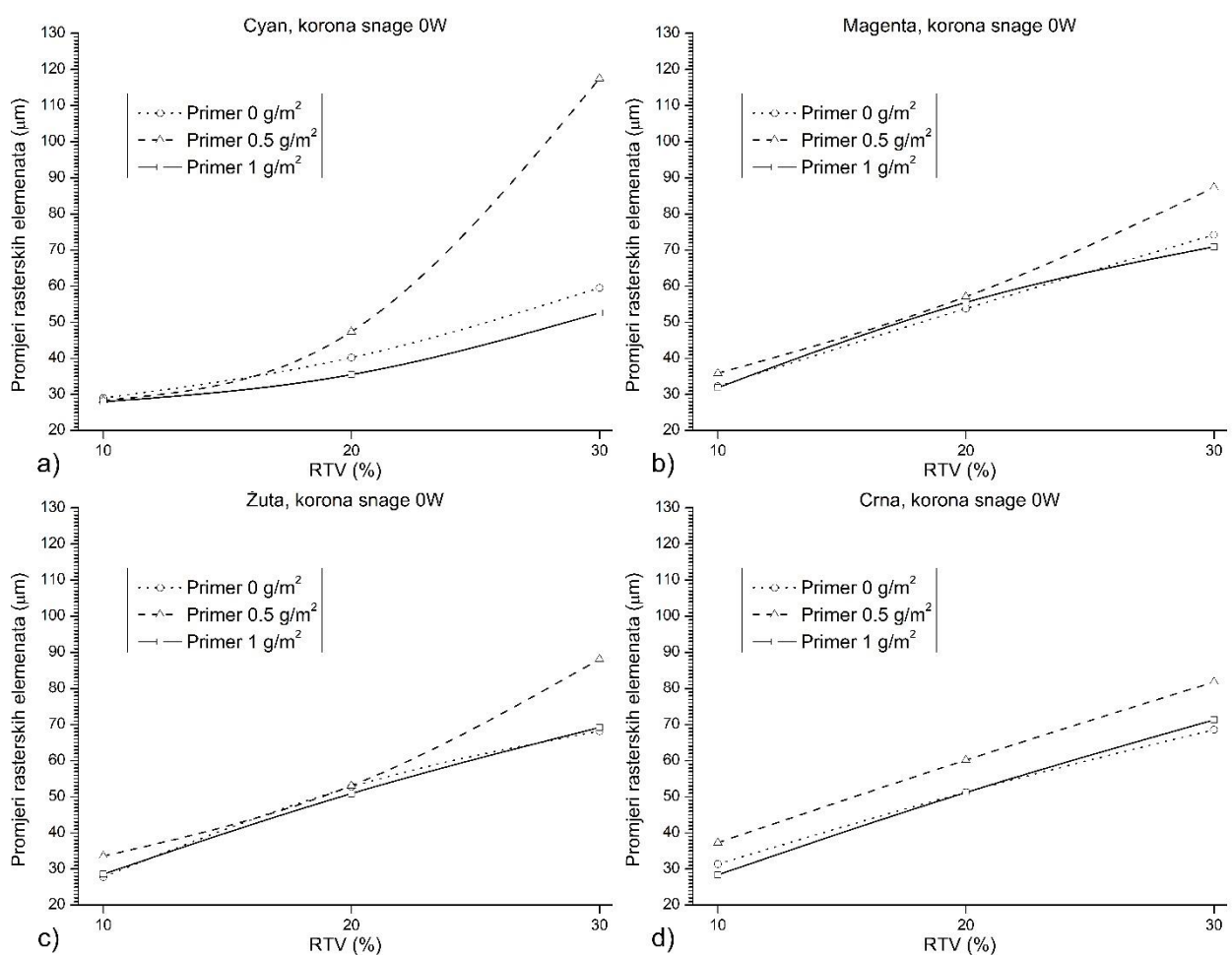
Za elemente formirane na podlozi bez oplemenjivanja prosječna kružnost tako iznosi $C_{srK(0W)} = 0,37$. Za tiskovne elemente formirane na podlogama tretiranim koronama snaga 450 W i 950 W prosječna kružnost je ista, $C_{srK(450 i 950W)} = 0,47 \mu m$ (slika 39).



Slika 39. Uvećanje rasterskih elemenata crne boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima sa debljinom nanosa primera 1 g/m²

4.3. ANALIZA PROMJERA RASTERSKIH ELEMENATA S OBZIROM NA VARIJACIJU DEBLJINE NANOSA PRIMERA

Kod otiskivanja zahtjevnijih tiskovnih podloga (neupojnih), prihvaćanje bojila je lošije. Da bi se to korigiralo, na izvornu tiskovnu podlogu (papir) potrebno je nanijeti tekućinu za smanjenje površinske napetosti koja će omogućiti bolju adheziju tiskarskog bojila. Na slikama 40, 41 i 42 prikazane su krivulje reprodukcije rasterskih elemenata na područjima od 10%, 20% i 30% RTV-a za četiri procesne boje (CMYK).



Slika 40. Grafovi ovisnosti promjera rasterskih elemenata na otiscima dobivenih koronom snage 0 W i debljinama nanosa primera 0 g/m², 0,5 g/m² i 1 g/m²; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja

Na slici 40 prikazani su grafovi za četiri procesne boje (CMYK), otisnutih na podlogama bez korona tretmana i sa tri različite debljine nanosa primera, odnosno sa primerima debljine nanosa 0 g/m^2 , $0,5 \text{ g/m}^2$ i 1 g/m^2 .

Na slici 40a, vidljivo je da krivulje koje prikazuju varijaciju cijan boje imaju pravilnu, eksponencijalnu raspodjelu. Na području od 10 % RTV-a za sve tri debljine nanosa primera promjeri rasterskih elemenata su slične veličine ($d_{10\%C(0,0,5 \text{ i } 1)\text{g/m}^2} = 28,48 \text{ }\mu\text{m}$), a na 20 % RTV-a su devijacije zanemarive. Na 30 % RTV-a uočava se da su najveći promjeri formirani na otiscima sa primerom debljine nanosa $0,5 \text{ g/m}^2$ ($d_{30\%C(0,5\text{g/m}^2)} = 117,5 \text{ }\mu\text{m}$, a najmanji na otiscima gdje je debljina nanosa primera 1 g/m^2 ($d_{30\%C(1\text{g/m}^2)} = 52,6 \text{ }\mu\text{m}$). Tako će nastati razlika od $\Delta d_{30\%C(0,5 - 1)\text{g/m}^2} = 64,9 \text{ }\mu\text{m}$. Najveći rasterski elementi formirani su sa primerom debljine nanosa $0,5 \text{ g/m}^2$ iznosi $d_{srC(0,5 \text{ g/m}^2)} = 64,43 \text{ }\mu\text{m}$, a najmanji na primeru debljine nanosa 1 g/m^2 ($d_{srC(1\text{g/m}^2)} = 38,7 \text{ }\mu\text{m}$).

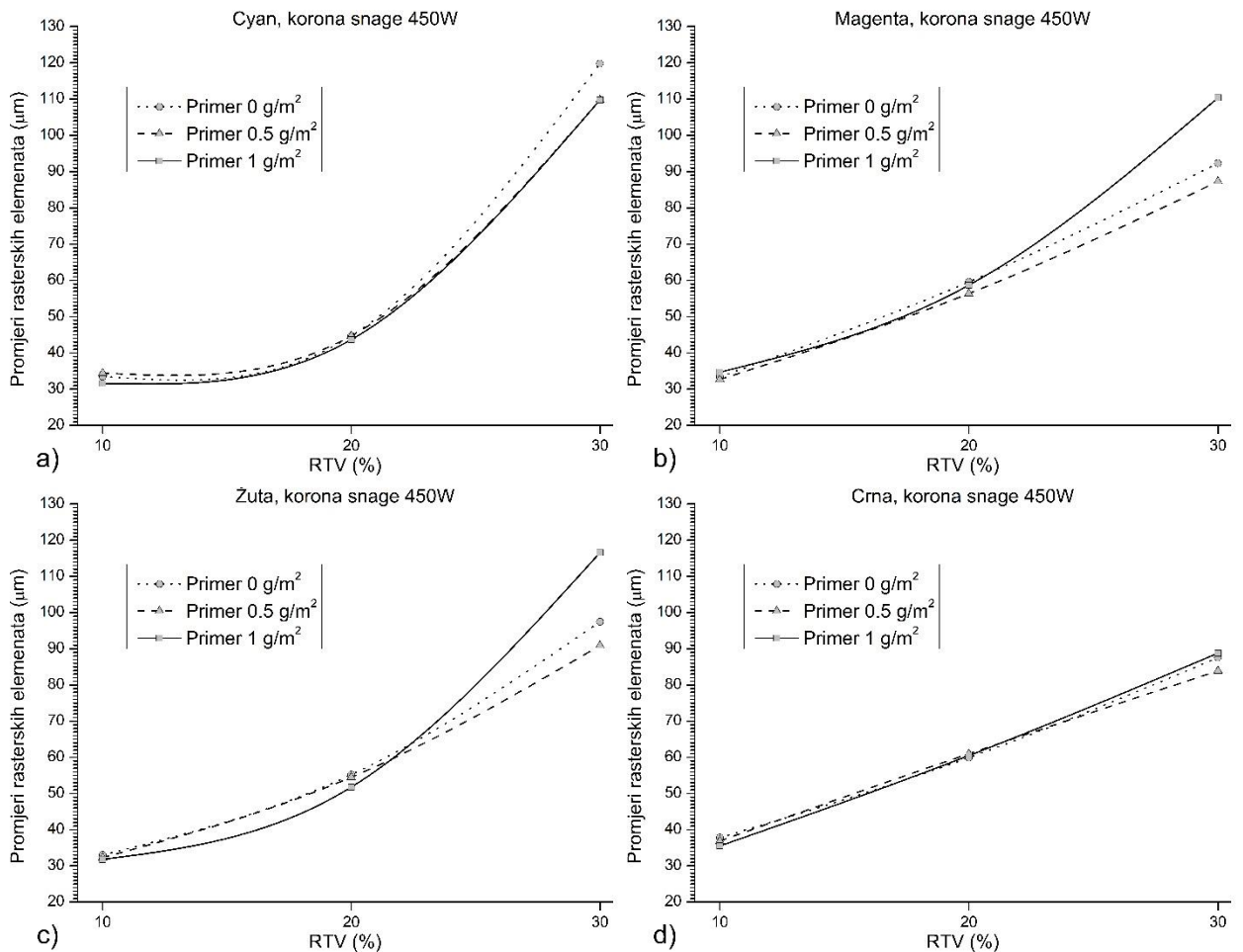
Krivulje koje prikazuju promjere magenta rasterskih elemenata (slika 40b) linearno su raspoređene. Na 10% i 20% RTV-a odstupanja su zanemariva. Na 30% RTV-a najveći promjeri formirani su sa primerom nanosa $0,5 \text{ g/m}^2$ ($d_{30\%C(0,5\text{g/m}^2)} = 87,3 \text{ }\mu\text{m}$), a najmanji sa 1 g/m^2 ($d_{30\%C(1 \text{ g/m}^2)} = 70,9 \text{ }\mu\text{m}$). Samim time nastaje razlika od $d_{30\%M(0,5 - 1)\text{g/m}^2} = 16,4 \text{ }\mu\text{m}$, te $d_{30\%M(0 - 1)\text{g/m}^2} = 3,3 \text{ }\mu\text{m}$. Izračunate prosječne veličine promjera rasterskih elemenata reproduciranih na trima primerima su slične te iznose: $d_{srM(0)\text{g/m}^2} = 54,43 \text{ }\mu\text{m}$, $d_{srM(0,5)\text{g/m}^2} = 60,1 \text{ }\mu\text{m}$ i $d_{srM(1)\text{g/m}^2} = 52,77 \text{ }\mu\text{m}$.

Na slici 40c, krivulje za žutu boju su slične krivuljama magente. Razlike su u područjima od 30% RTV-a gdje je razlika promjera dobivenih sa debljinama primera 0 g/m^2 i 1 g/m^2 manja. Prosječne vrijednosti kružnosti rasterskih elemenata žute boje iznose ($d_{srY(0\text{g/m}^2)} = 49,6 \text{ }\mu\text{m}$, $d_{srY(0,5\text{g/m}^2)} = 58,27 \text{ }\mu\text{m}$ i $d_{srY(1\text{g/m}^2)} = 49,57 \text{ }\mu\text{m}$).

Kod crne boje krivulje reprodukcije promjera su također pravilne. Promjeri formirani na primeru debljine 0 g/m^2 i 1 g/m^2 imaju identične vrijednosti, a najveći promjeri formirani sa primerom nanosa $0,5 \text{ g/m}^2$ i to na 10 % RTV-a za $\Delta d_{10\%K(0 - 0,5)\text{g/m}^2} = 5,9 \text{ }\mu\text{m}$, na 20% za $\Delta d_{20\%K(0 - 0,5)\text{g/m}^2} = 9 \text{ }\mu\text{m}$, a na 30% za $\Delta d_{30\%K(1 - 0,5)\text{g/m}^2} =$

10,5 μm . Pa su tako prosječne veličine promjera $d_{srK(0 \text{ g/m}^2)} = 50,43 \mu\text{m}$,

$d_{srK(0,5 \text{ g/m}^2)} = 59,77 \mu\text{m}$ i $d_{srK(1 \text{ g/m}^2)} = 50,3 \mu\text{m}$.



Slika 41. Grafovi ovisnosti promjera rasterskih elemenata na otiscima dobivenih koronom snage 450 W i debljinama nanosa primera 0 g/m^2 , 0,5 g/m^2 i 1 g/m^2 ; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja

Na slici 41 prikazani su grafovi varijacije promjera rasterskih elemenata za 4 procesne boje na otiscima koji su otisnuti na tiskovnim podlogama oplemenjenih koronom snage 450 W. Za svaku boju su korištene su tri različite debljine nanosa primera i to 0 g/m^2 , 0,5 g/m^2 i 1 g/m^2 .

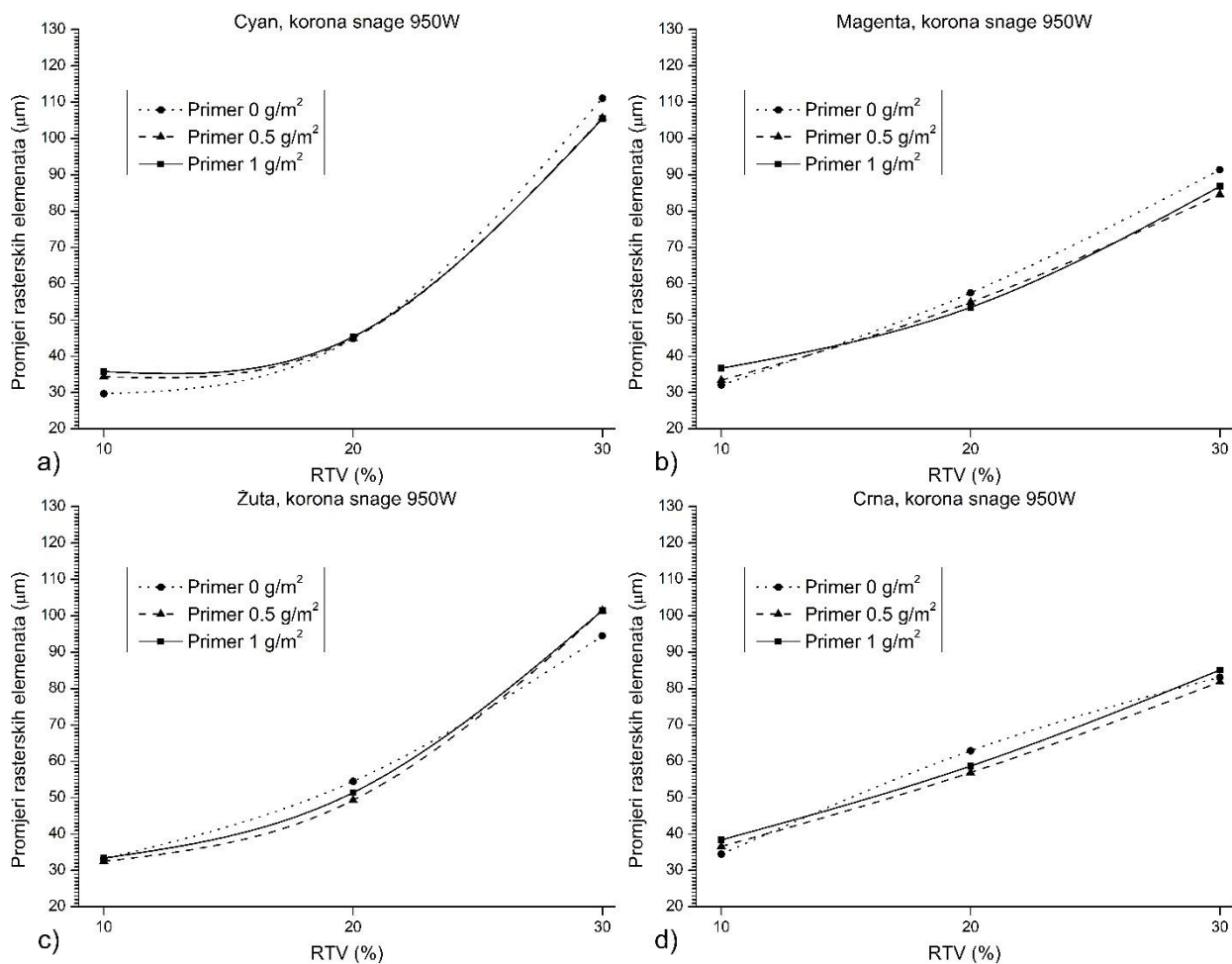
Na slici 41a prikazani su rezultati cijan otisaka, čije su krivulje eksponencijalno raspoređene. Na njima je uočljivo je da na područjima od 10% i 20% RTV-a nema odstupanja. Na području od 30% RTV-a najveći rasterski elementi formirani su na primeru debljine nanosa 0 g/m^2 ($d_{30\%C(0 \text{ g/m}^2)} = 119,8 \mu\text{m}$), dok su oni elementi

formirani na primerima debljine $0,5 \text{ g/m}^2$ i 1 g/m^2 nešto manji ($d_{30\%C(0,5 \text{ i } 1) \text{ g/m}^2} = 109,8 \text{ }\mu\text{m}$). Prosječne veličine rasterskih elemenata su slične ($d_{srC(0)\text{g/m}^2} = 66 \text{ }\mu\text{m}$, $d_{srC(0,5)\text{g/m}^2} = 63 \text{ }\mu\text{m}$ i $d_{srC(1)\text{g/m}^2} = 61,7 \text{ }\mu\text{m}$).

Kod magenta otisaka (slika 41b) područja od 10% i 20% RTV-a imaju minimalna odstupanja između sve tri debljine nanosa primera. Na području od 30% RTV-a najveći promjeri formirani su sa primerom debljine nanosa 1 g/m^2 ($d_{30\%M(1 \text{ g/m}^2)} = 110,4 \text{ }\mu\text{m}$), a oni najmanji sa $0,5 \text{ g/m}^2$ ($d_{30\%M(0,5 \text{ g/m}^2)} = 87,3 \text{ }\mu\text{m}$) Time je ostvarena varijacija tiskovnih elemenata od $\Delta d_{30\%M(0,5 - 1)\text{g/m}^2} = 23,1 \text{ }\mu\text{m}$. Primer debljine nanosa 0 g/m^2 ostvaruje prosječnu veličinu rasterskih elemenata $d_{srM(0)\text{g/m}^2} = 61,77 \text{ }\mu\text{m}$, a sa nanosom $0,5 \text{ g/m}^2$ prosječna veličina je $d_{srM(0,5)\text{g/m}^2} = 58,8 \text{ }\mu\text{m}$ dok onih sa 1 g/m^2 iznosi $d_{srM(1)\text{g/m}^2} = 67,93 \text{ }\mu\text{m}$.

Promjeri žute boje na najsvjetlijim RTV-ima (10% RTV-a) su iste veličine ili su odstupanja zanemariva. Na području od 20 % RTV-a najmanji rasterski elementi su na primeru debljine nanosa 1 g/m^2 ($d_{20\%Y(1 \text{ g/m}^2)} = 51,8 \text{ }\mu\text{m}$), a najveći debljine nanosa 0 g/m^2 ($d_{20\%Y(0 \text{ g/m}^2)} = 55,2 \text{ }\mu\text{m}$). Na području od 30% RTV-a izdvajaju se rasterski elementi na primeru debljine nanosa 1 g/m^2 koji imaju najveći promjer ($d_{30\%Y(1 \text{ g/m}^2)} = 116,6 \text{ }\mu\text{m}$), a najmanji imaju sa nanosom debljine $0,5 \text{ g/m}^2$ ($d_{30\%Y(0,5 \text{ g/m}^2)} = 90,9 \mu\text{m}$). Tako je varijacijom debljine nanosa primera nastala razlika $\Delta d_{30\%Y(0 - 1)\text{g/m}^2} = 32,3 \text{ }\mu\text{m}$.

Kod crne boje na područjima od 10% i 30% RTV-a promjeri rasterskih elemenata su slični, te su njihova odstupanja zanemariva. Na području od 20% RTV-a najveći promjeri formirani su bez nanosa primera ($d_{20\%K(0 \text{ g/m}^2)} = 59,9 \text{ }\mu\text{m}$), dok promjeri sa primerima imaju identične vrijednosti ($d_{20\%K(0,5 \text{ g/m}^2)} = 61 \text{ }\mu\text{m}$ i ($d_{20\%K(1 \text{ g/m}^2)} = 60,5 \text{ }\mu\text{m}$). To se vidi i iz identičnih prosječnih promjera rasterskih elemenata: $d_{srK(0)\text{g/m}^2} = 60,17 \text{ }\mu\text{m}$, $d_{srK(0,5)\text{g/m}^2} = 58,45 \text{ }\mu\text{m}$ i $d_{srK(1)\text{g/m}^2} = 60,73 \text{ }\mu\text{m}$.



Slika 42. Grafovi ovisnosti promjera rasterskih elemenata na otiscima dobivenih koronom snage 950 W i debljinama nanosa primera 0 g/m², 0,5 g/m² i 1 g/m²; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja

Na slici 42 prikazani su grafovi varijacije promjera rasterskih elemenata za 4 procesne boje na otiscima koji su otisnuti na tiskovnim podlogama tretiranim koronom snage 950 W. Za svaku boju korištene su tri različite debljine nanosa primera i to 0 g/m², 0,5 g/m² i 1 g/m². Kod grafova a, b, c i d za cijan, magentu, žutu i crnu boju uočava se da su odstupanja između veličina promjera rasterskog elementa na svim područjima RTV-a mala.

Krivulje cijan boje (slika 42a), kao i na otiscima nastali tretiranjem sa druge dvije korone, imaju eksponencijalnu raspodjelu. Na području od 10% RTV-a najmanji rasterski elementi dobiveni su na otiscima bez primera ($d_{10\%C(0\text{ g/m}^2)} = 29,7\ \mu\text{m}$). Na području od 20% vrijednosti su iste za sve tri debljine nanosa: ($d_{30\%C(0\text{ g/m}^2)} =$

44,9 μm , $d_{30\%C(0,5\text{ g/m}^2)} = 45\ \mu\text{m}$ i $d_{30\%C(0\text{ g/m}^2)} = 45,4\ \mu\text{m}$). Na području od 30 % RTV-a sa primerima nanosa 0,5 g/m² i 1 g/m² dobiveni isti promjeri rasterskih elemenata ($d_{30\%C(0,5\text{ i }1\text{ g/m}^2)} = 105,5\ \mu\text{m}$), dok su najveći elementi na otiscima bez primerima ($d_{30\%C(0\text{ g/m}^2)} = 111,1\ \mu\text{m}$). Prosječna veličina promjera je identična: $d_{srC(0)\text{g/m}^2} = 61,9\ \mu\text{m}$, $d_{srC(0,5)\text{g/m}^2} = 61,7\ \mu\text{m}$ i $d_{srC(1)\text{g/m}^2} = 62,2\ \mu\text{m}$.

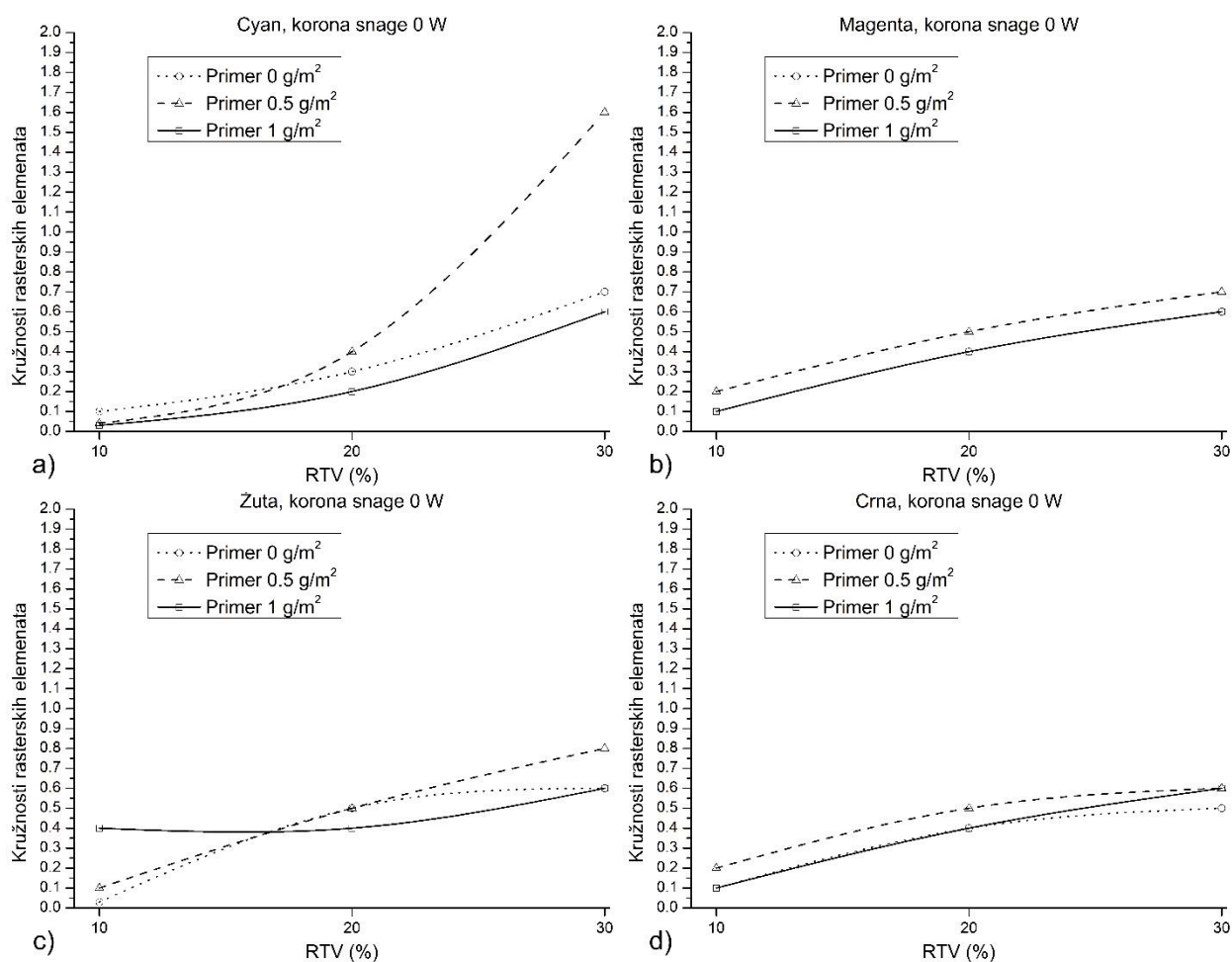
Kod magenta boje (slika 42b) na području od 10% RTV-a najveći rasterski elementi dobiveni su na otiscima sa najdebljim nanosom primerima ($\Delta r_{10\%M(0-1)\text{g/m}^2} = 3,3\ \mu\text{m}$). Na području od 30% RTV-a najveći promjer imaju rasterski elementi otisnuti bez primerima ($d_{30\%M(0\text{ g/m}^2)} = 91,4\ \mu\text{m}$), dok su na otiscima sa primerima dobiveni slični rezultati ($d_{30\%M(0,5\text{ g/m}^2)} = 84,6\ \mu\text{m}$ i $d_{30\%M(1\text{ g/m}^2)} = 86,8\ \mu\text{m}$). Ako pogledamo prosječnu veličinu rasterskih elemenata ($d_{srM(0)\text{g/m}^2} = 60,33\ \mu\text{m}$, $d_{srM(0,5)\text{g/m}^2} = 57,63\ \mu\text{m}$ i $d_{srM(1)\text{g/m}^2} = 59\ \mu\text{m}$) vidimo da su najveći elementi formirani bez primerima, a oni najmanji sa nanosom primerima 0,5 g/m².

Na području od 10% RTV-a žute dobiveni su rasterski elementi iste veličine ($d_{10\%Y} = 30\ \mu\text{m}$), dok su na 20% RTV-a najveći elementi formirani na otiscima bez primerima ($d_{20\%Y(0\text{ g/m}^2)} = 54,5\ \mu\text{m}$), a na 30% su najveći oni sa 0,5 g/m² i 1 g/m² ($d_{30\%Y(0,5\text{ i }1\text{ g/m}^2)} = 101,5\ \mu\text{m}$), Prosječne veličine rasterskih elemenata su slične: $d_{srY(0)\text{g/m}^2} = 60,73\ \mu\text{m}$, $d_{srY(0,5)\text{g/m}^2} = 61,07\ \mu\text{m}$ i $d_{srY(1)\text{g/m}^2} = 60,17\ \mu\text{m}$.

Na grafu d (slika 42d), uočava se da je jedino znatnije odstupanje ono na 20% RTV-a gdje je na otiscima bez primerima formiran najveći raster ($d_{30\%K(0\text{ g/m}^2)} = 62,9\ \mu\text{m}$) te je za 6 μm veći. Na području od 30% RTV-a formirani su rasterski elementi identične veličine: $d_{30\%K(0,5\text{g/m}^2)} = 81,8\ \mu\text{m}$ (najmanji rasterski elementi) i $d_{30\%K(1\text{g/m}^2)} = 85,1\ \mu\text{m}$ (najveći rasterski elementi). U prosjeku, za crnu boju formirani su rasterski elementi veličina: $d_{srK(0)\text{g/m}^2} = 60,16\ \mu\text{m}$, $d_{srK(0,5)\text{g/m}^2} = 58,43\ \mu\text{m}$ i $d_{srK(1)\text{g/m}^2} = 60,73\ \mu\text{m}$.

4.4. ANALIZA KRUŽNOSTI RASTERSKIH ELEMENATA S OBZIROM NA VARIJACIJU DEBLJINE NANOSA PRIMERA

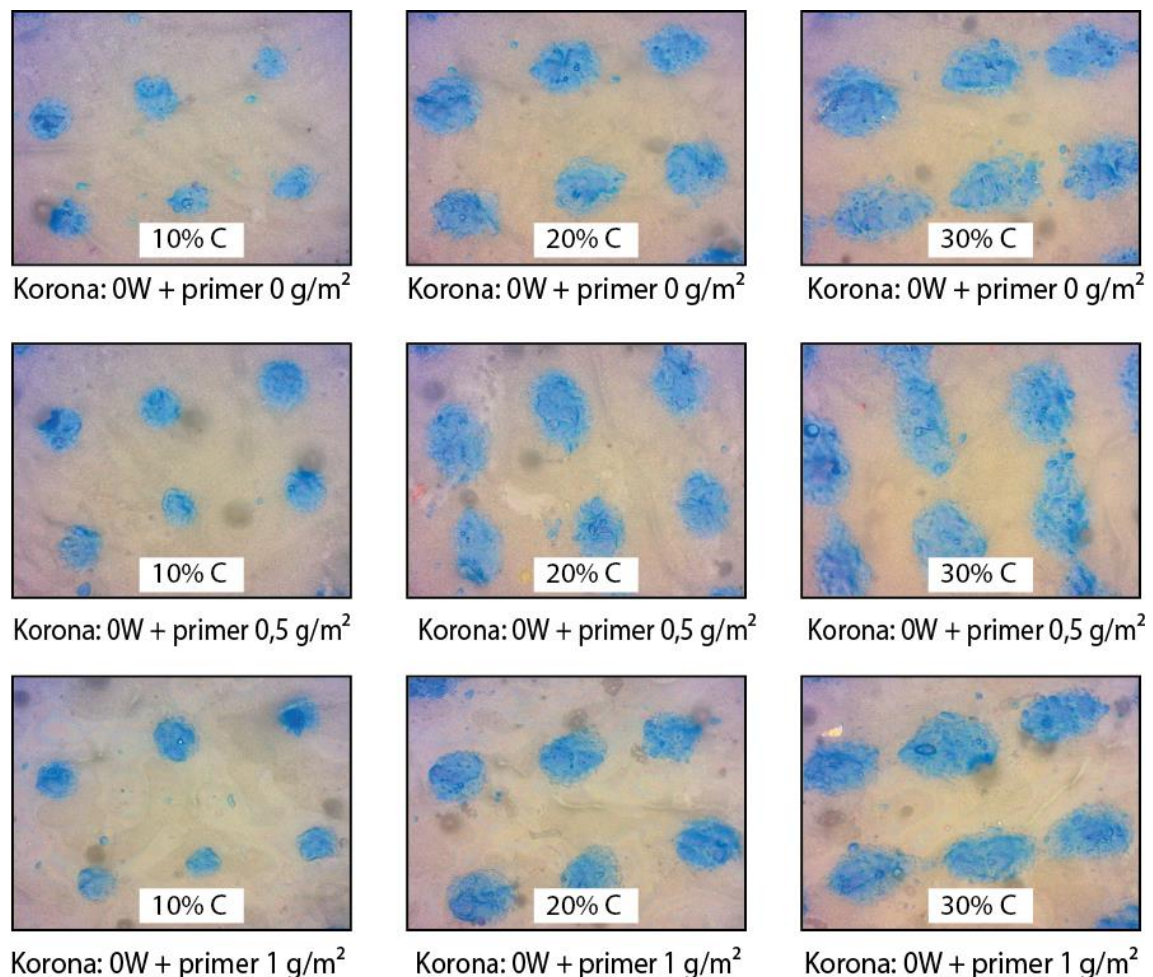
Uslijed otiskivanja ostvaruje se dvostruki prijenos boje sa virtualne tiskovne forme na ofsetnu gumu i sa ofsetne gume na tiskovnu podlogu. Uslijed tih prijenosa ostvaruju se prirasti RTV-a, a samim time i deformacije najmanjih rasterskih elemenata. Kao i u poglavlju 3.2. gdje su analizirane devijacije kružnosti rasterskih elemenata s obzirom na varijacije korona, tako će se u ovom poglavlju analizirati ovisnosti kružnosti rasterskih elemenata o debljini nanosa primera i to 0 g/m^2 , $0,5 \text{ g/m}^2$ i 1 g/m^2 . Varijacijom snage korone prilikom oplemenjivanja tiskovne podloge ostvarena je različita devijacija reprodukcije rasterskih elemenata. . Na slikama 43, 48 i 58 prikazane su krivulje devijacije kružnosti rasterskih elemenata za četiri procesne boje (CMYK).



Slika 43. Grafovi ovisnosti kružnosti rasterskih elemenata na otiscima dobivenih koronom snage 0 W i debljinama nanosa primera 0 g/m^2 , $0,5 \text{ g/m}^2$ i 1 g/m^2 ; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja

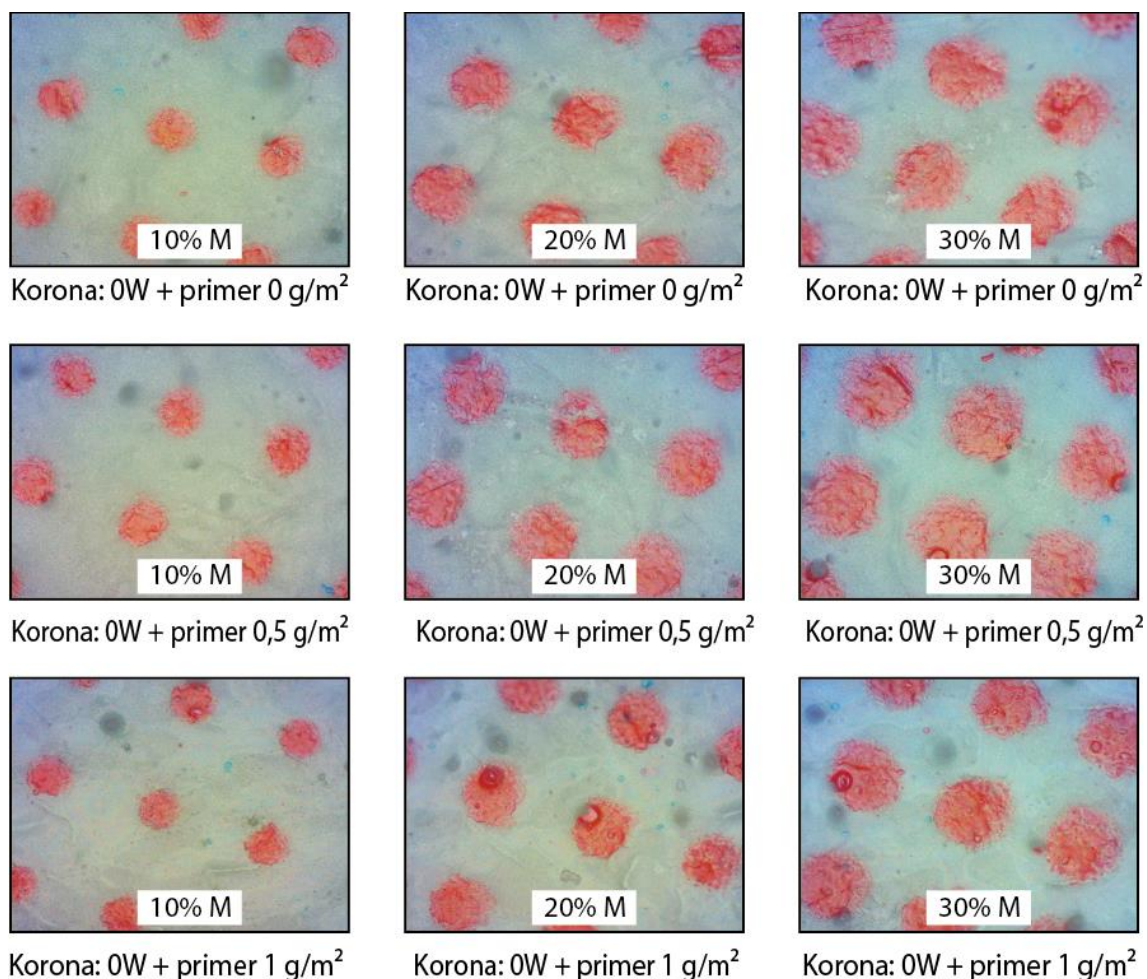
Na slici 43 prikazana su četiri grafa ovisnosti kružnosti rasterskih elemenata i debljine nanosa primera na 10%, 20% i 30% rastertonske vrijednosti za četiri procesne boje, odnosno za cijan, magentu, žutu i crnu boju.

Na slici 43a prikazane su varijacije kružnosti za cijan. Na području od 10% RTV-a kružnost je veoma mala. Najveću kružnost imaju rasterski elementi koji su formirani na otiscima bez primera ($C_{10\%C(0g/m^2)} = 0,1$), a oni formirani na oba primera imaju vrijednosti: $C_{10\%C(0,5g/m^2)} = 0,4$ i $C_{10\%C(1g/m^2)} = 0,3$. Na području od 20% RTV-a najveću kružnost imaju rasterski elementi sa debljinom nanosa primera $0,5 g/m^2$ ($C_{20\%C(0,5g/m^2)} = 0,4$), a najmanju oni sa $1 g/m^2$ ($C_{20\%C(1g/m^2)} = 0,2$). Na području od 30% RTV-a najmanju kružnost imaju elementi formirani na primeru debljine nanosa $1 g/m^2$ ($C_{30\%C(1g/m^2)} = 0,6$), dok znatno veću kružnost imaju oni sa primerom $0,5 g/m^2$ ($C_{30\%C(0,5g/m^2)} = 1,6$). Na slici 44 mikroskopski su prikazani rasterski elementi cijana.



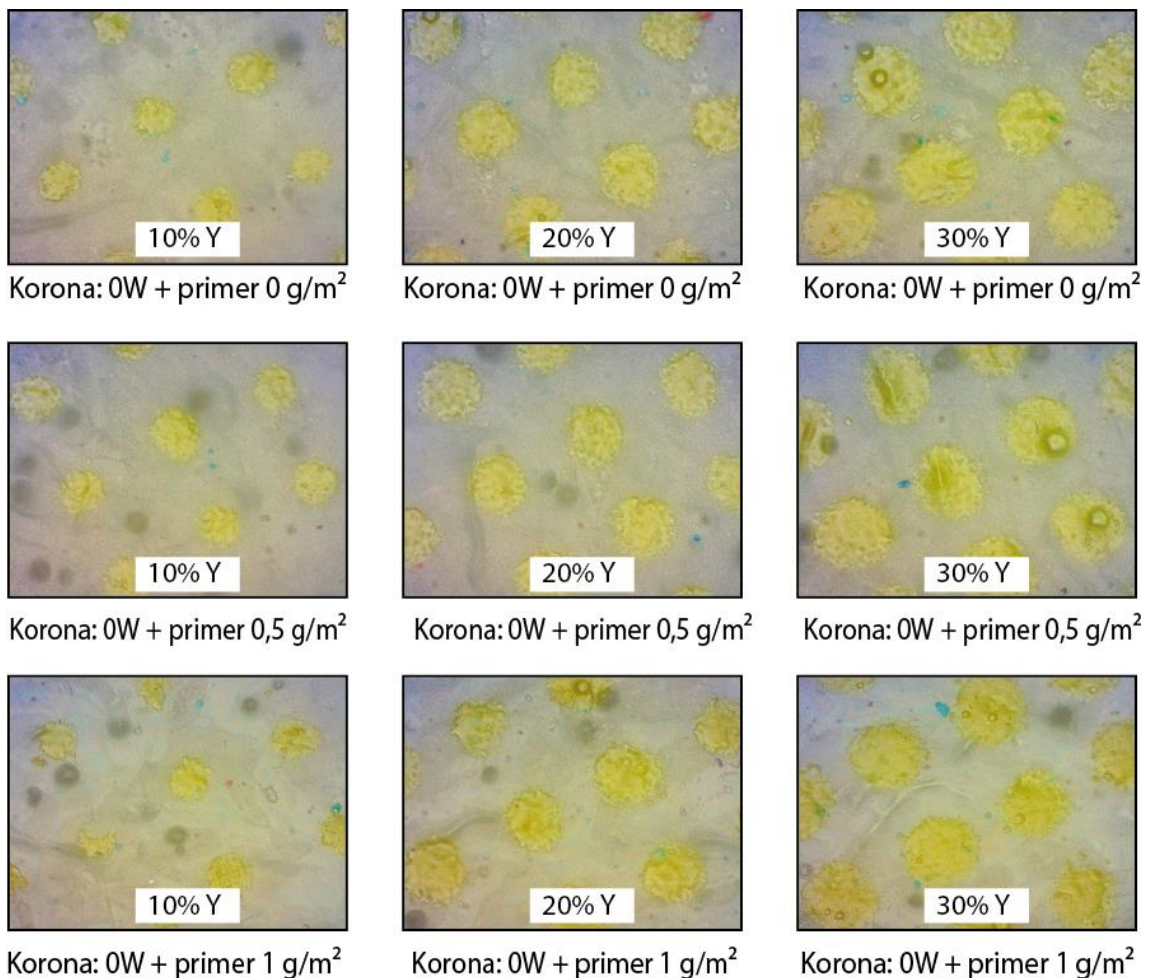
Slika 44. Uvećanje rasterskih elemenata cijan boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 0 W

Na slici 43b prikazane su varijacije kružnosti za magenta boju. Uočljivo je da na svim RTV-ima najveću kružnost imaju rasterski elementi formirani na primeru debljine nanosa $0,5 \text{ g/m}^2$ ($C_{10\%M(0,5 \text{ g/m}^2)} = 0,2$, $C_{20\%M(0 \text{ g/m}^2)} = 0,5$ i $C_{30\%M(0,5 \text{ g/m}^2)} = 0,7$). Također je zajedničko da elementi formirani na primeru debljine nanosa 0 g/m^2 i 1 g/m^2 imaju potpuno iste vrijednosti, i to za $\Delta C_{10,20,30\%M(0,5-1)\text{g/m}^2} = 0,1$. Prosječna kružnost rasterskih elemenata na primerima debljine nanosa 0 g/m^2 i 1 g/m^2 iznosi $C_{srM(0 \text{ i } 1)\text{g/m}^2} = 0,37$, dok za primer nanosa $0,5 \text{ g/m}^2$ ostvarena kružnost je $C_{srM(0,5)\text{g/m}^2} = 0,47$. Na slici 45 prikazani su mikroskopski 200 puta uvećana rasterska polja magenta boje na tiskovnoj podlozi bez korona tretmana.



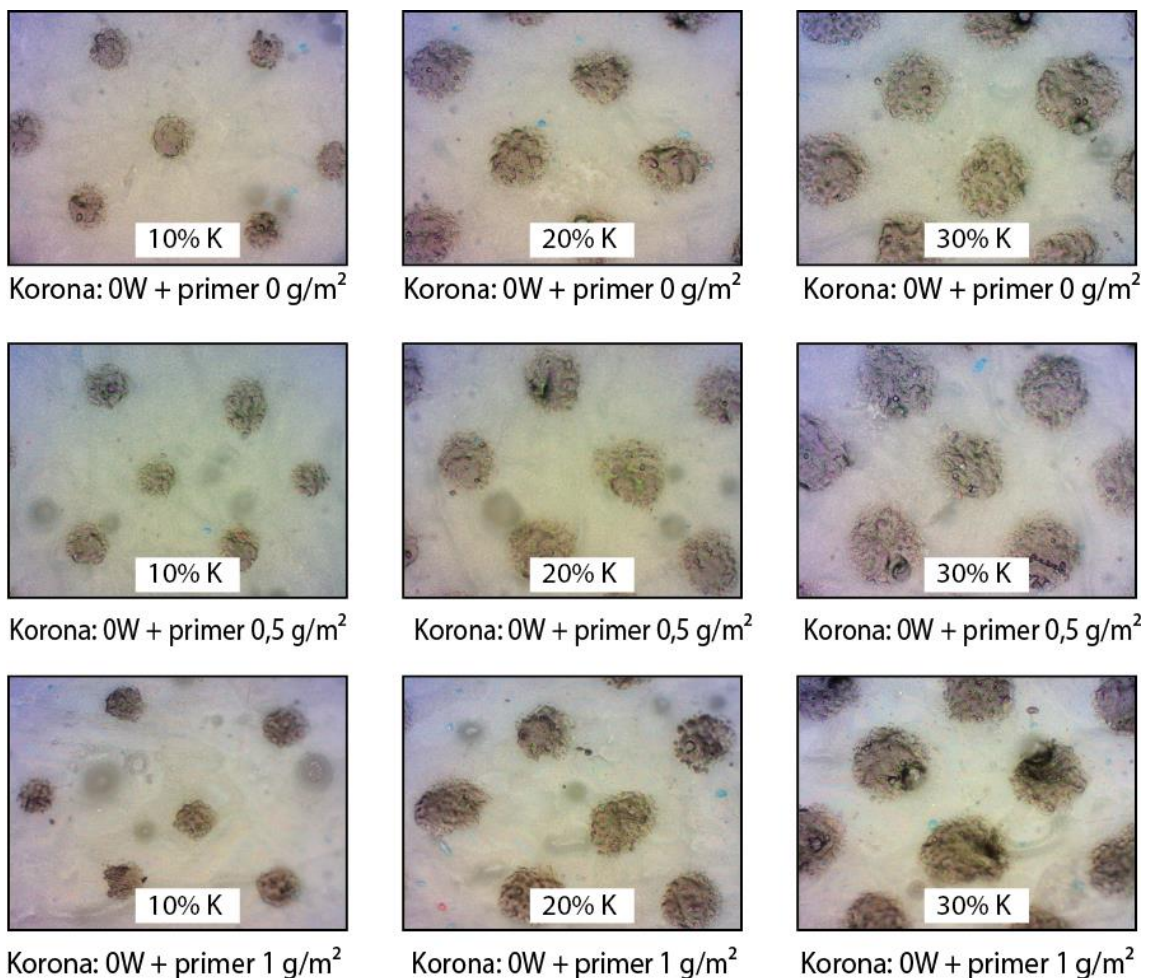
Slika 45. Uvećanje rasterskih elemenata magenta boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 0 W

Na slici 43c prikazani su rezultati rasterskih elemenata žute. Na području od 10% RTV-a najveću kružnost imaju rasterski elementi na primeru debljine nanosa 1 g/m^2 ($C_{10\%Y(1 \text{ g/m}^2)} = 0,6$), dok elementi bez primera imaju veoma malu kružnost rasterskih elemenata ($C_{10\%Y(0 \text{ g/m}^2)} = 0,03$). Na 20% RTV-a kužnosti su iste za rasterske elemente ako se ne nanosi primer i sa debljinom nanosa $0,5 \text{ g/m}^2$ ($C_{20\%Y(0,5 \text{ g/m}^2)} = 0,9$). Međutim, elementi na primeru debljine nanosa 1 g/m^2 ostvaruju promjenu i deformaciju za $\Delta C_{20\%Y(0,5-1) \text{ g/m}^2} = 0,1$. Na području od 30% RTV-a elementi na primeru debljine 0 g/m^2 i 1 g/m^2 imaju identičnu kružnost ($C_{30\%Y(0 \text{ i } 1) \text{ g/m}^2} = 0,4$). Najpravilniji oblici tvorili na primeru debljine nanosa $0,5 \text{ g/m}^2$ ($C_{20\%Y(0,5) \text{ g/m}^2} = 0,6$). Prosječne kružnosti tako iznose: $C_{srY(0) \text{ g/m}^2} = 0,38$ i $C_{srY(0,5 \text{ i } 1) \text{ g/m}^2} = 0,47$. Slika 46 prikazuje rasterske elemente žute boje na tiskovnoj podlozi koja nije prethodno tretirana korona tretmanom.

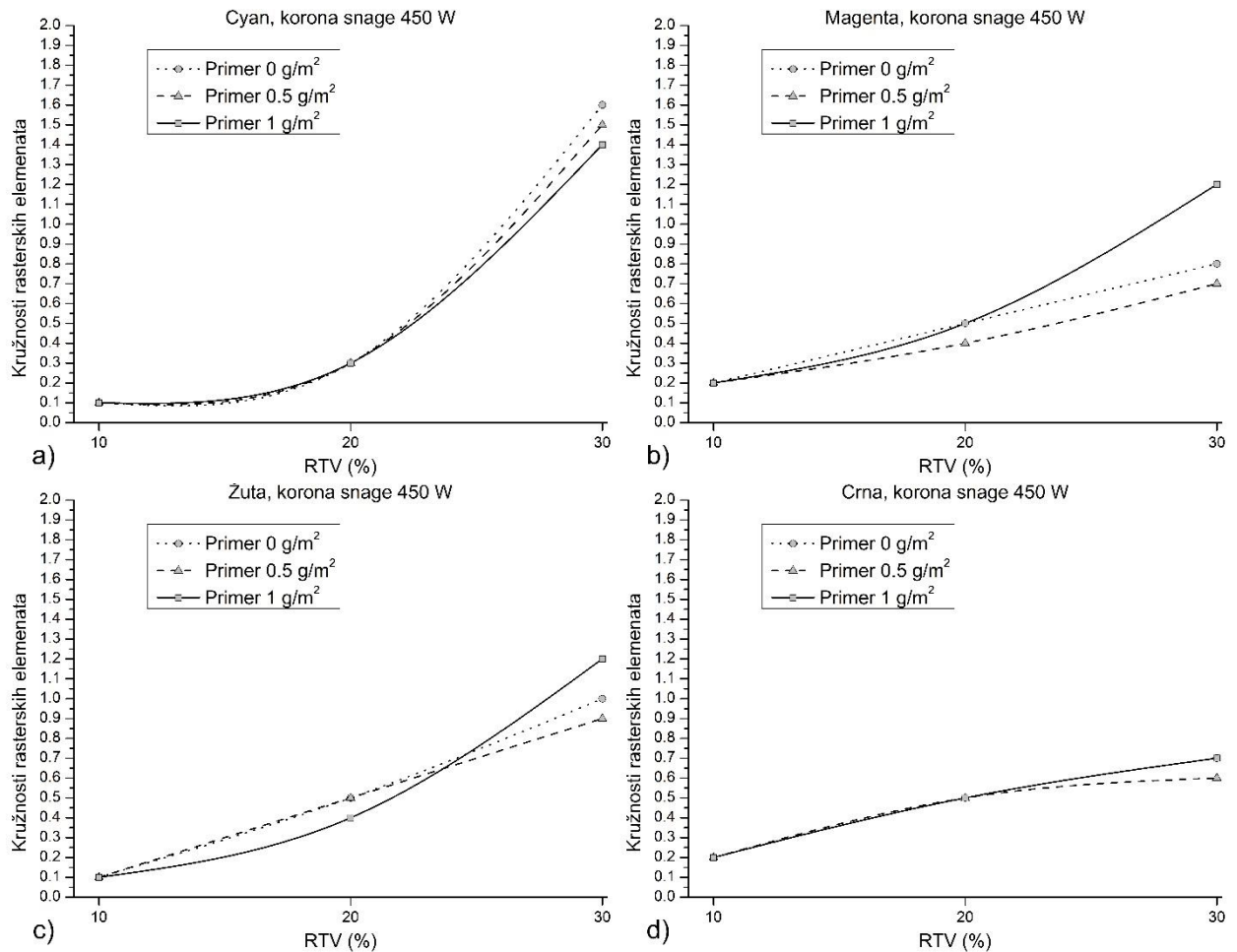


Slika 46. Uvećanje rasterskih elemenata žute boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 0 W

Slika 43d prikazuje krivulje promjera rasterskih elemenata crne boje koje su pravilno raspoređene. Vidljivo je da su odstupanja minimalna na svim vrijednostima RTV-a. Na području od 10% i 20% RTV-a na otiscima bez primera i sa primerom debljine nanosa 1 g/m^2 ostvareni su elementi iste kružnosti ($C_{10\%K(0 \text{ i } 1) \text{ g/m}^2} = 0,1$ i $C_{20\%K(0 \text{ i } 1) \text{ g/m}^2} = 0,4$). Primerom debljine nanosa $0,5 \text{ g/m}^2$ ostvareni su nešto pravilniji elementi: $C_{10\%K(0,5) \text{ g/m}^2} = 0,2$ i $C_{20\%K(0,5) \text{ g/m}^2} = 0,5$). Na području od 30% RTV-a primerima debljine nanosa $0,5 \text{ g/m}^2$ i 1 g/m^2 ostvareni su promjeri s najvećom kružnošću i kvalitetom ($C_{30\%K(0,5 \text{ i } 1) \text{ g/m}^2} = 0,6$). Tako su izračunate prosječne kružnosti rasterskih elemenata: $C_{srK(0) \text{ g/m}^2} = 0,33$, $C_{srK(0,5) \text{ g/m}^2} = 0,43$ i $C_{srK(1) \text{ g/m}^2} = 0,37$. Kružnosti rasterskih elemenata crne boje vidljivi su na mikroskopski 200 puta uvećanim fotografijama na slici 47.



Slika 47. Uvećanje rasterskih elemenata crne boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 0 W



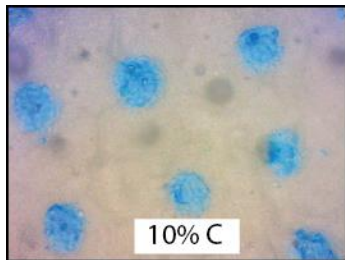
Slika 48. Grafovi ovisnosti kružnosti rasterskih elemenata na otiscima dobivenih koronom snage 450 W i debljinama nanosa primera 0 g/m², 0,5 g/m² i 1 g/m²; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja

Na slici 48 prikazane su devijacije kružnosti rasterskih elemenata ovisno o debljini nanosa primera. Prilikom otiskivanja ove četiri procesne boje (CMYK) snaga korone bila je podešena na 450 W.

Na slici 48a, prikazana je varijacija kružnosti rasterskih elemenata za cijan boju. Iz rezultata vidljivo je da su podaci, kao i kod ostalih eksperimentalnih uzoraka za ovu separaciju, eksponencijalno raspoređeni. Na poljima od 10% i 20% RTV-a nema odstupanja među kružnostima rasterskih elemenata ($C_{10\%C(0,0,5\ i\ 1)g/m^2} = 0,1$ i $C_{20\%C(0,0,5\ i\ 1)g/m^2} = 0,3$). Na polju od 30% RTV-a najpravilniji rasterski elementi formirali su se na otiscima sa primerom debljine nanosa 1 g/m² ($C_{30\%C(1g/m^2)} = 1,4$). Odstupanja za druge dvije debljine nanosa primera su jako mala ($\Delta C_{30\%C(0-0,5)g/m^2} = 0,1$, odnosno $\Delta C_{30\%C(0,5-$

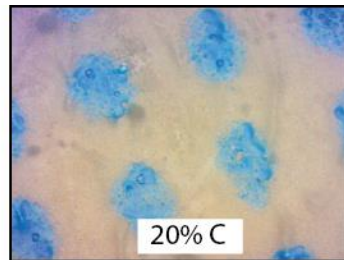
$1)g/m^2 = 0,1$). Samim time, izračunate prosječne vrijednosti kružnosti rasterskih elemenata su slične: $C_{src(0)g/m^2} = 0,67$, $C_{src(0,5)g/m^2} = 0,63$ i $C_{src(1)g/m^2} = 0,60$.

Na slici 49 nalaze se mikroskopski 200 puta uvećane fotografije rasterskih elemenata za cijan boju, formiranih na tiskovnoj podlozi oplemenjenoj koronom snage 450 W.



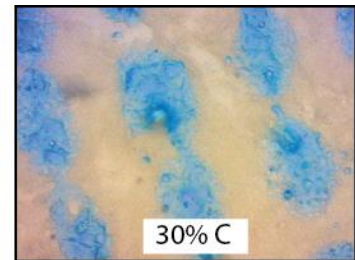
10% C

Korona 450W; primer 0 g/m²



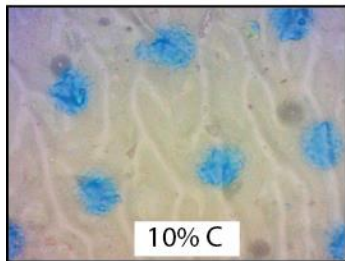
20% C

Korona 450W; primer 0 g/m²



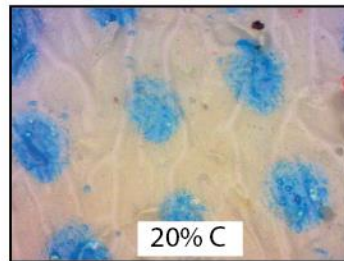
30% C

Korona 450W; primer 0 g/m²



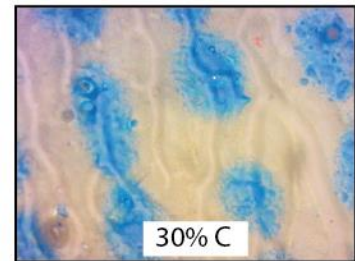
10% C

Korona 450W; primer 0,5 g/m²



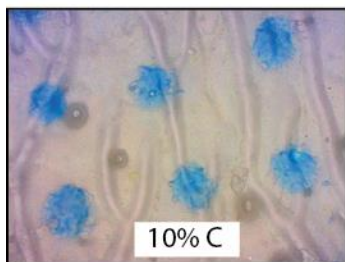
20% C

Korona 450W; primer 0,5 g/m²



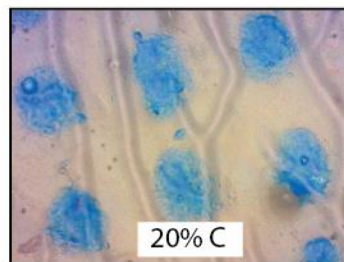
30% C

Korona 450W; primer 0,5 g/m²



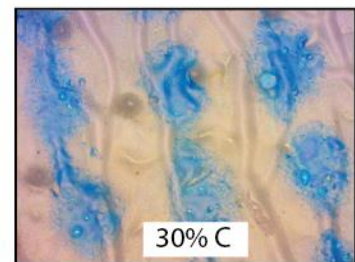
10% C

Korona 450W; primer 1 g/m²



20% C

Korona 450W; primer 1 g/m²

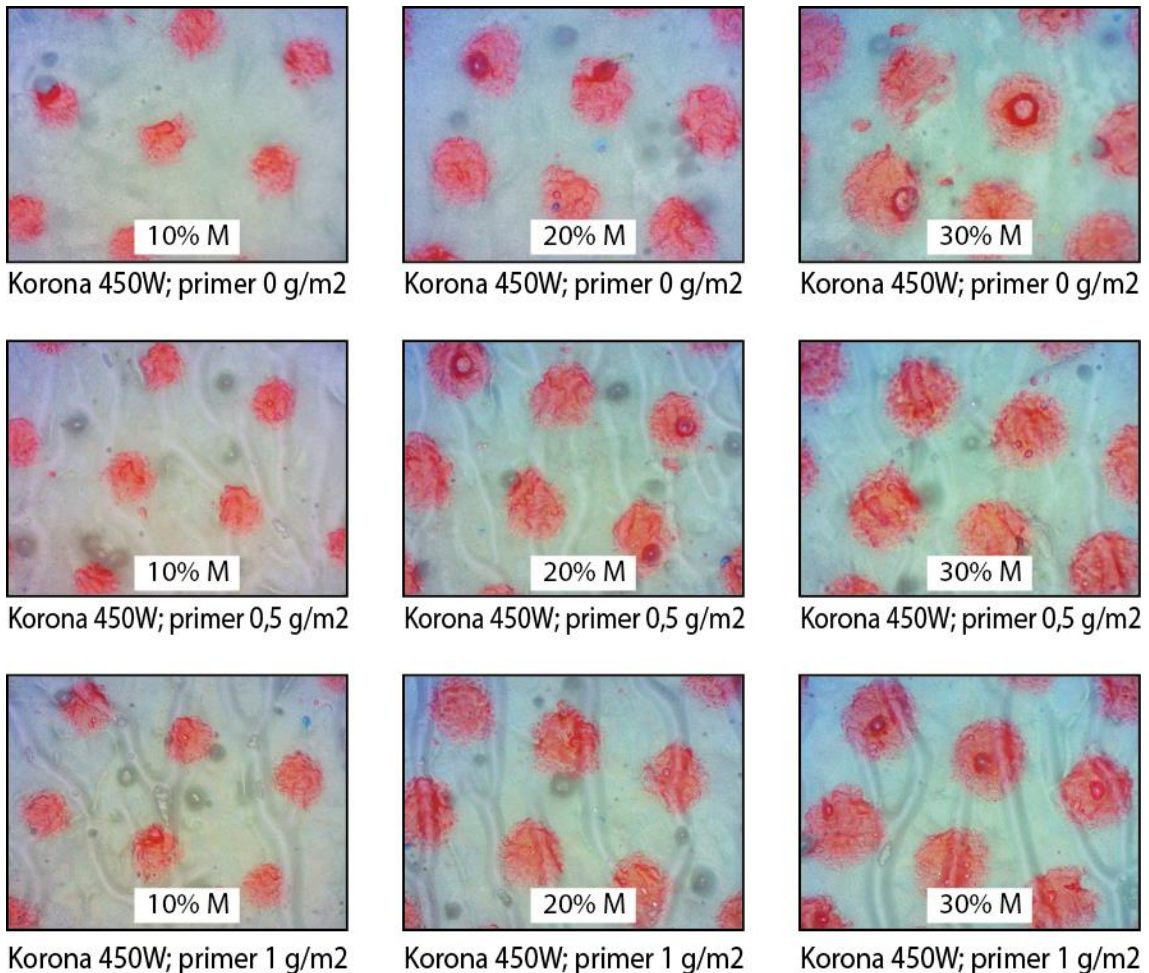


30% C

Korona 450W; primer 1 g/m²

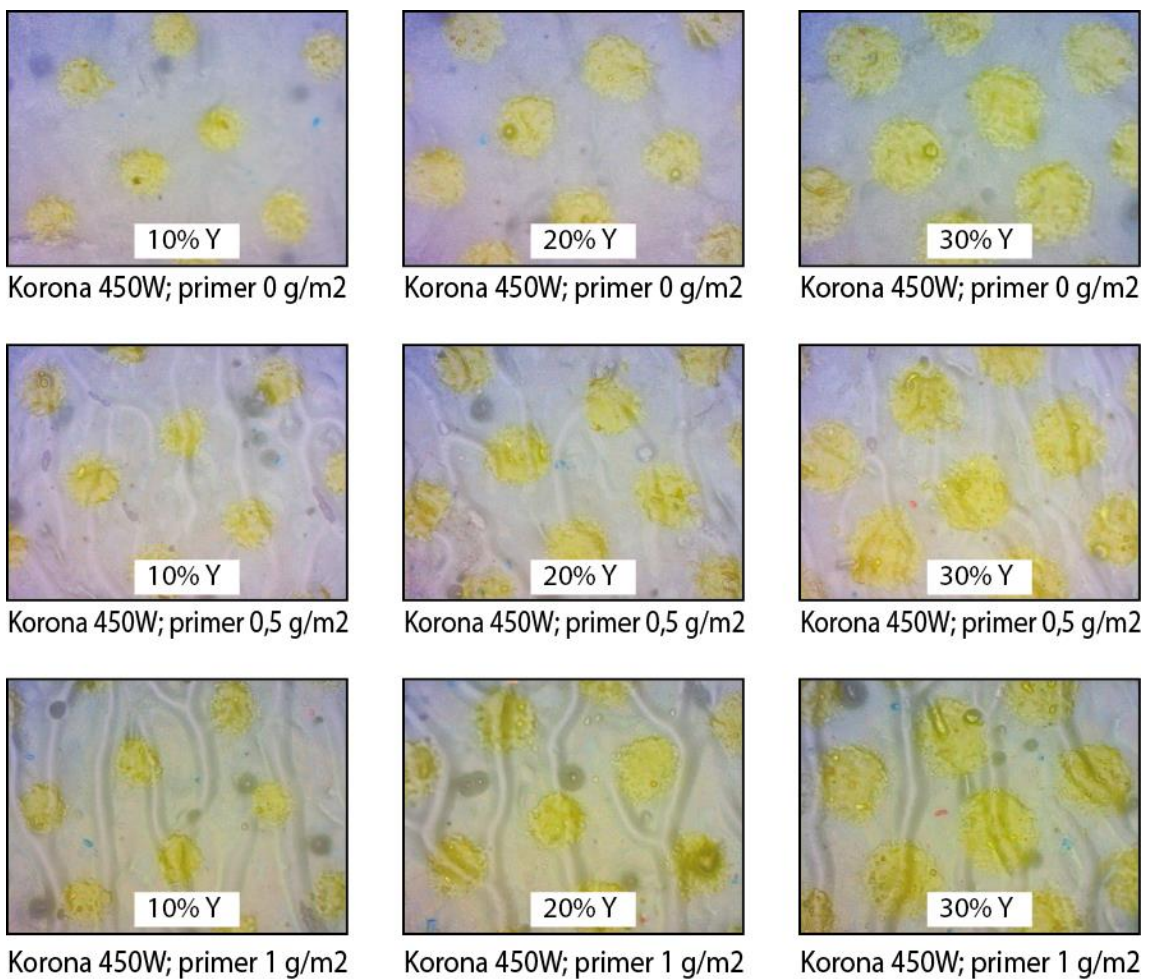
Slika 49. Uvećanje rasterskih elemenata cijan boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 450 W

Kod rasterskih elemenata magenta boje (slika 48b), na polju od 10% RTV-a sve kružnosti su jednake ($C_{10\%M(0,0,5 \text{ i } 1)g/m^2} = 0,2$), dok se na polju od 20% RTV-a uočava odstupanje kružnosti elemenata na primeru debljine nanosa $0,5 \text{ g/m}^2$, koji imaju najmanju kružnost na ovoj RTV ($C_{20\%M(0,5 \text{ g/m}^2)} = 0,4$). Rasterski elementi otisnuti na otiscima bez primerima i sa primerom debljine nanosa 1 g/m^2 imaju istu kružnost ($C_{20\%M(0 \text{ i } 1 \text{ g/m}^2)} = 0,5$). Na polju od 30 % RTV-a izdvaja se najveća kružnost rasterskih elemenata i to onih dobivenih na primeru debljine nanosa 1 g/m^2 ($C_{30\%M(1 \text{ g/m}^2)} = 1,2$). Tako je ostvarena razlika između elemenata bez primerima i sa primerom nanosa 1 g/m^2 iznosi $\Delta C_{30\%M(1 - 0,5)g/m^2} = 0,5$. Najveću prosječnu kružnost imaju elementi sa primerom debljine nanosa 1 g/m^2 $C_{SRM(1)g/m^2} = 0,60$, dok oni sa $0,5 \text{ g/m}^2$ imaju $C_{SRM(0,5)g/m^2} = 0,43$. To je ujedno i najmanja prosječna kružnost. Na slici 50 prikazani su rasterski elementi magente na tiskovnoj podlozi oplemenjene koronom snage 450 W.



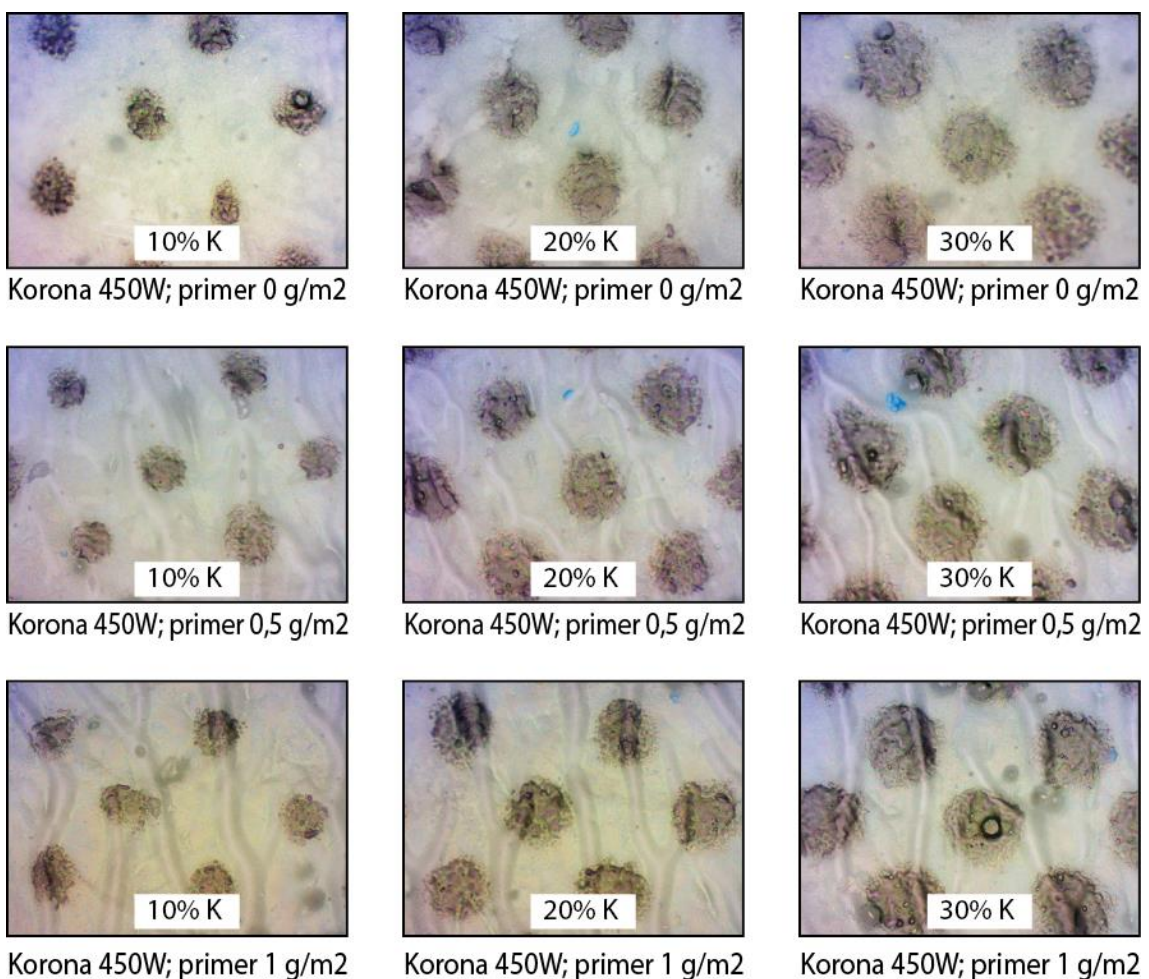
Slika 50. Uvećanje rasterskih elemenata magenta boje ostvarene različitim debljinama nanosa primerima i koronom snage 450 W

Kod žute boje (slika 48c) na otisnutom polju od 10 % RTV-a nema odstupanja ($C_{10\%Y(0,5 \text{ i } 1 \text{ g/m}^2)} = 0,1$). Na polju od 20 % RTV-a nastaje odstupanje elemenata sa nanosom primera debljine 1 g/m^2 koji su na ovom polju najnepravilniji ($C_{20\%Y(1 \text{ g/m}^2)} = 0,4$) pa je tako ostvarena razlika: $\Delta C_{20\%Y(1-0,5)\text{g/m}^2} = 0,1$). Na polju od 30 % RTV-a najpravilniji rasterski elementi formirali su se bez nanosa primera jer njihova kružnost iznosi $C_{30\%Y(0 \text{ g/m}^2)} = 1$, što je zapravo idealna kružnost. Najveće odstupanje od idealnog imaju rasterski elementi formirani sa primerom nanosa 1 g/m^2 : $C_{30\%Y(1 \text{ g/m}^2)} = 1,2$. Prosječne vrijednosti kružnosti rasterskih elemenata iznose $C_{srY(0)\text{g/m}^2} = 0,53$, $C_{srY(0)\text{g/m}^2} = 0,5$ i $C_{srY(0)\text{g/m}^2} = 0,57$. (Slika 51)

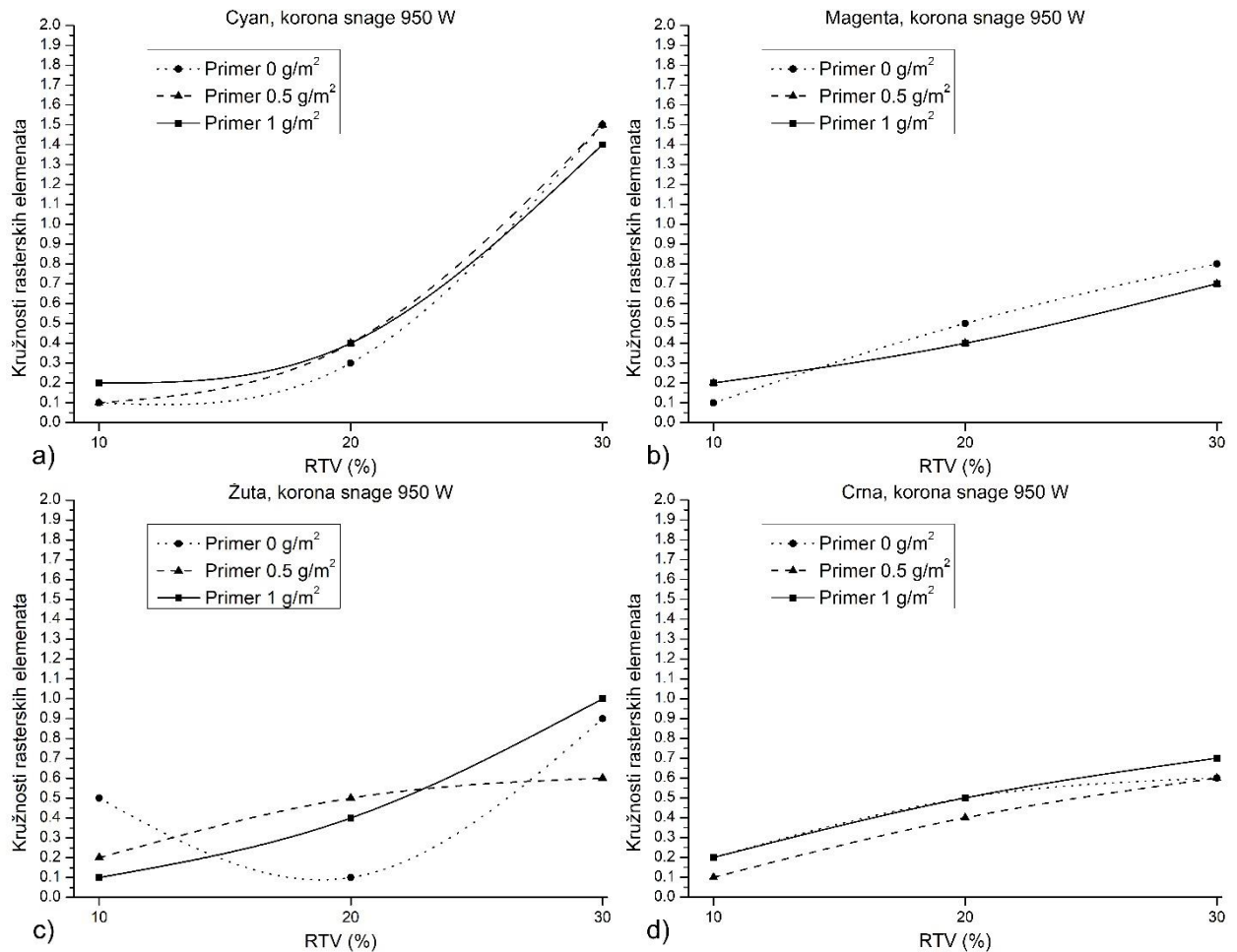


Slika 51. Uvećanje rasterskih elemenata žute boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 450 W

Na slici 48d koja prikazuje devijaciju kružnosti elemenata za crnu boju, iz grafikona je uočljivo da je jedino veće odstupanje kružnosti na polju od 30 % RTV-a. Tako su elementi otisnuti na primeru debljine nanosa $0,5 \text{ g/m}^2$ lošiji za $\Delta C_{30\%K(0-0,5)\text{g/m}^2} = 0,1$. Na poljima od 10% i 20 % RTV-a vrijednosti za sve debljine nanosa primera su iste ($C_{10\%K(0,05 i 1)\text{g/m}^2} = 0,2$ i $C_{20\%K(0,05 i 1)\text{g/m}^2} = 0,5$). Prosječne vrijednosti kružnosti rasterskih elemenata su iste za rasterske elemente formirane sa primerom debljine nanosa 0 g/m^2 i 1 g/m^2 ($C_{srK(0 i 1)\text{g/m}^2} = 0,47$), a za one sa primerom debljine nanosa $0,5 \text{ g/m}^2$ iznosi $C_{srK(0,5)\text{g/m}^2} = 0,43$. Uvećani prikazi ovih rasterskih elemenata prikazani su na slici 52.



Slika 52. Rasterski elementi crne boje sa različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 450 W

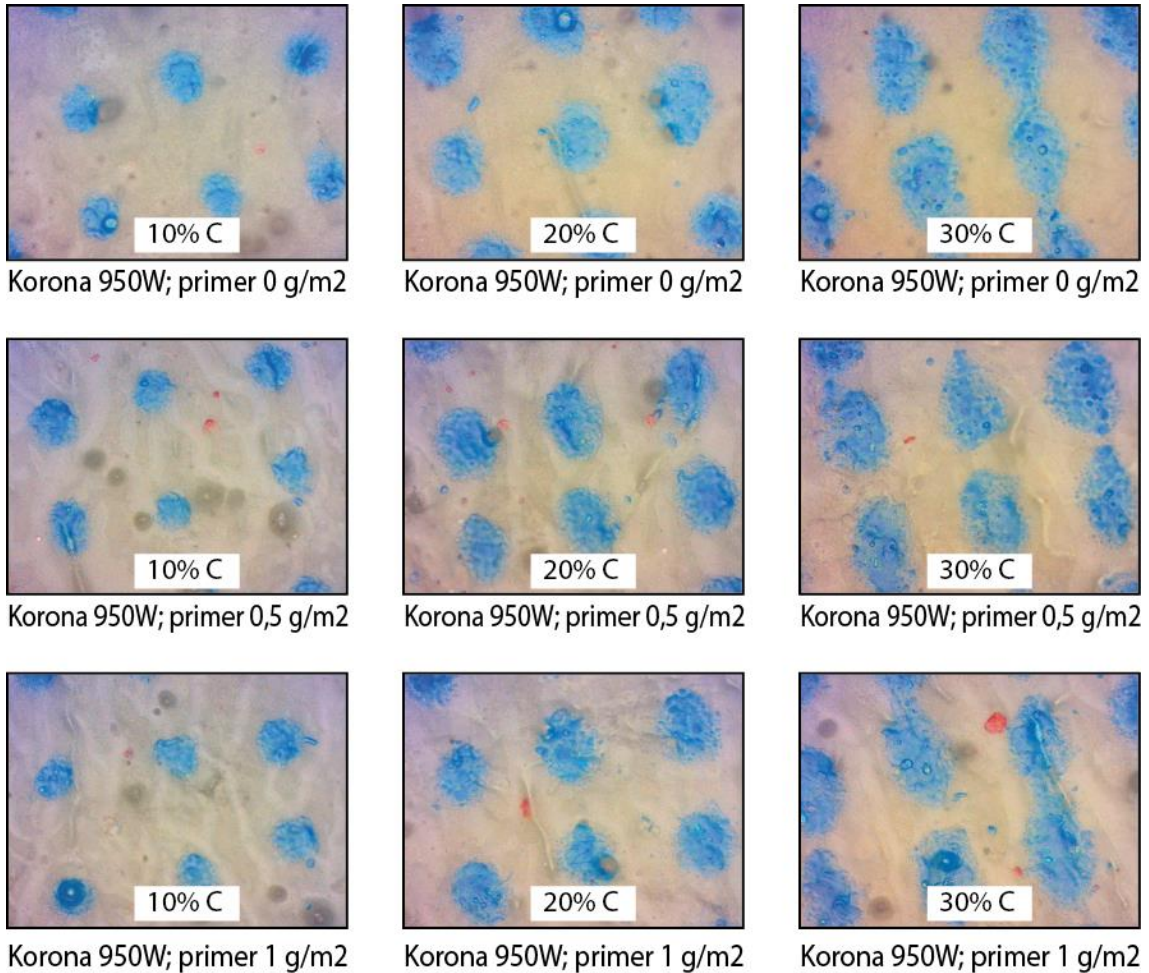


Slika 53. Grafovi ovisnosti kružnosti rasterskih elemenata na otiscima dobivenih koronom snage 950 W i debljinama nanosa primera 0 g/m², 0,5 g/m² i 1 g/m²; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja

Na slici 53 prikazana su četiri grafa koji predstavljaju varijacije kružnosti rasterskih elemenata ovisno o debljini nanosa primera (0 g/m², 0,5 g/m² i 1 g/m²), na otiscima koji su prethodno oplemenjeni koronom snage 950 W za četiri procesne boje (CMYK).

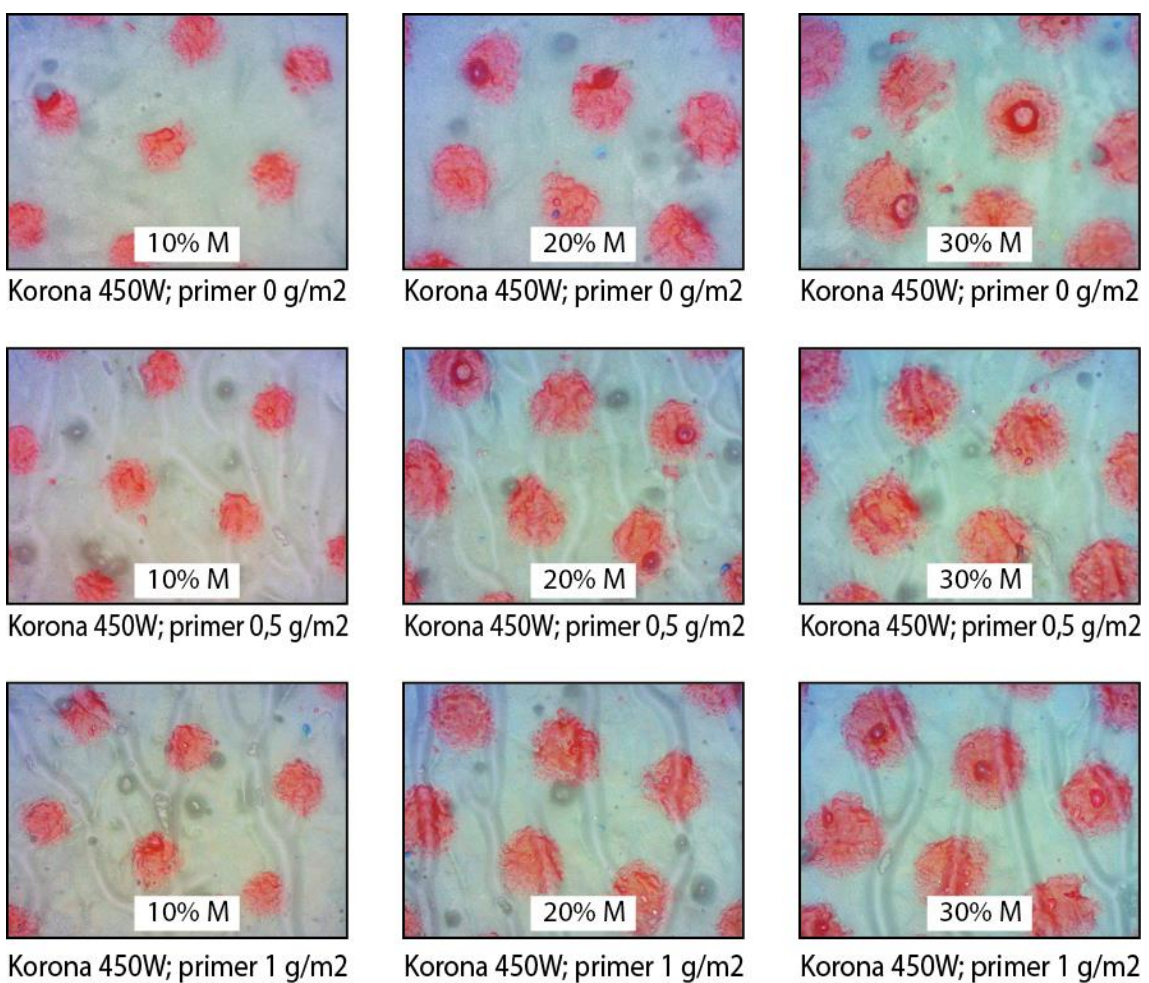
Kombinacijom ove tri debljine nanosa primera i snage korone 950 W za cijan boju ponovno je dobivena eksponencijalna raspodjela kružnosti rasterskih elemenata. Na polju od 10% RTV-a dobivene su identične vrijednosti za debljinu nanosa primera 0 g/m² i 0,5 g/m² ($C_{10\%C(0,0.5)g/m^2} = 0,1$). Najveću kružnost na poljima od 10% i 20% RTV-a imaju rasterski elementi nastali nanosom primera debljine 1 g/m² ($C_{10\%C(1g/m^2)} = 0,2$ i $C_{20\%C(1g/m^2)} = 0,4$). Na polju od 30% RTV-a najveću kružnost tako imaju rasterski elementi formirani na primeru debljine nanosa 0 g/m² i 0,5 g/m² ($C_{30\%C(0i0,5g/m^2)} = 1,5$), dok su sa primerom debljine nanosa 1 g/m² formirani nešto pravilniji rasterski elementi

$C_{30\%C (1\text{ g/m}^2)} = 1,4$. Prosječne vrijednosti kružnosti rasterskih elemenata za eksperimentalne debljine nanosa primera su slične; $C_{src (0)\text{g/m}^2} = 0,63$, $C_{src (0,5\text{g/m}^2)} = 0,67$ i $C_{src (1\text{g/m}^2)} = 0,67$. Na slici 54 nalaze se mikroskopski 200 puta uvećane fotografije analiziranih polja rasterskih elemenata cijan boje formiranih na tiskovnim podlogama tretiranih koronom snage 950 W koji potvrđuju te rezultate.



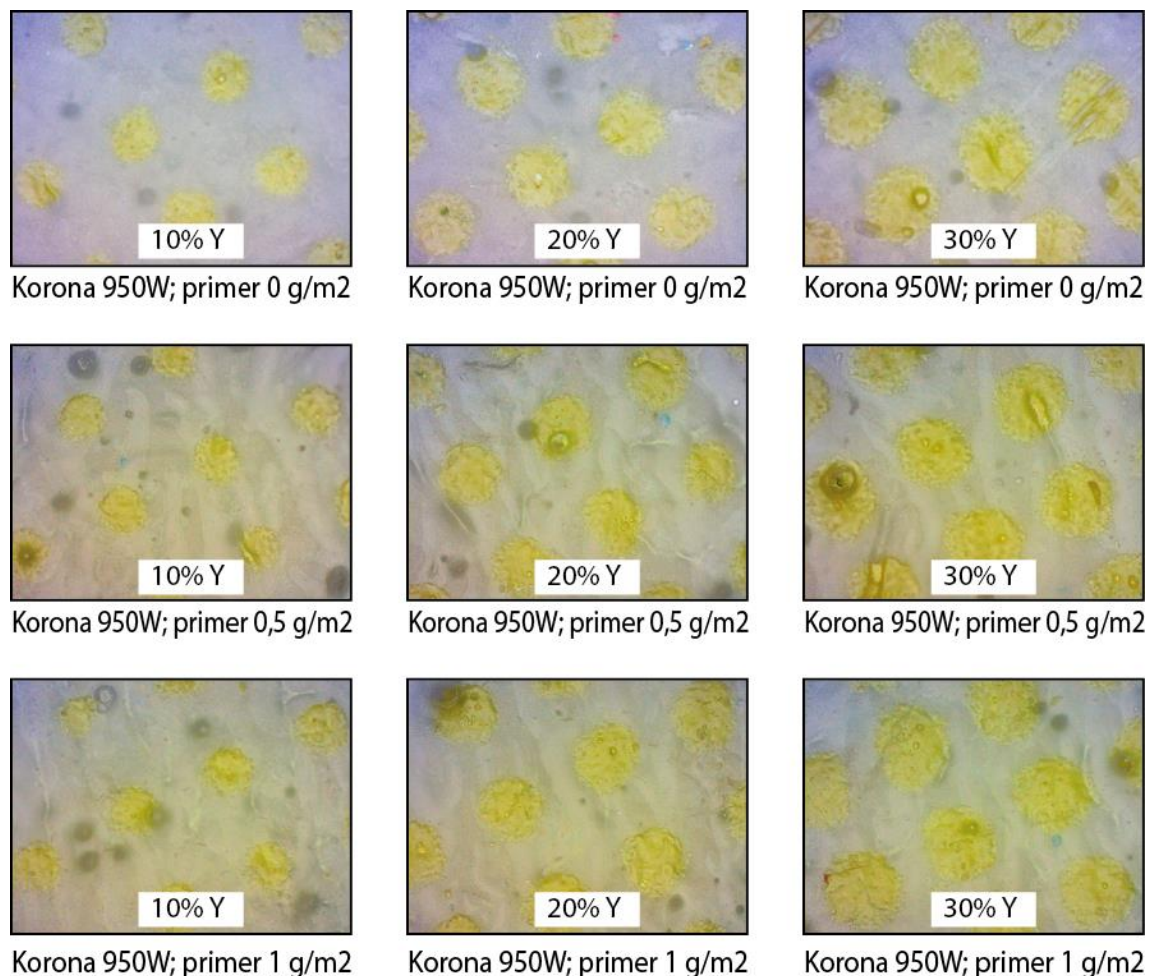
Slika 54. Uvećanje rasterskih elemenata cijan boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 950 W

Kod magenta boje, na svim vrijednostima RTV-a postignute su potpuno iste vrijednosti za rasterske elemente formirane na primerima debljine nanosa 1 g/m^2 i $0,5 \text{ g/m}^2$ ($C_{10\%M(0,5 \text{ i } 1 \text{ g/m}^2)} = 0,2$, $C_{20\%M(0,5 \text{ i } 1 \text{ g/m}^2)} = 0,4$ i $C_{30\%M(0,5 \text{ i } 1 \text{ g/m}^2)} = 0,7$). Tako različiti nanosa primera neće utjecati na kružnost. Na tamnijim područjima RTV-a (20% i 30%) na otiscima bez nanosenog primera formirani su najpravilniji rasterski elementi: $C_{20\%M(0 \text{ g/m}^2)} = 0,5$ i $C_{30\%M(0 \text{ g/m}^2)} = 0,8$. Prosječne vrijednosti kružnosti za pojedine primere su ujednačene i iznose $C_{srM(0 \text{ g/m}^2)} = 0,47$, $C_{srM(0,5 \text{ g/m}^2)} = 0,43$ i $C_{srM(1 \text{ g/m}^2)} = 0,43$. Na slici 55 prikazani su rasterski elementi za magenta boju formiranih na tiskovnoj podlozi koja je oplemenjena koronom snage 950 W.



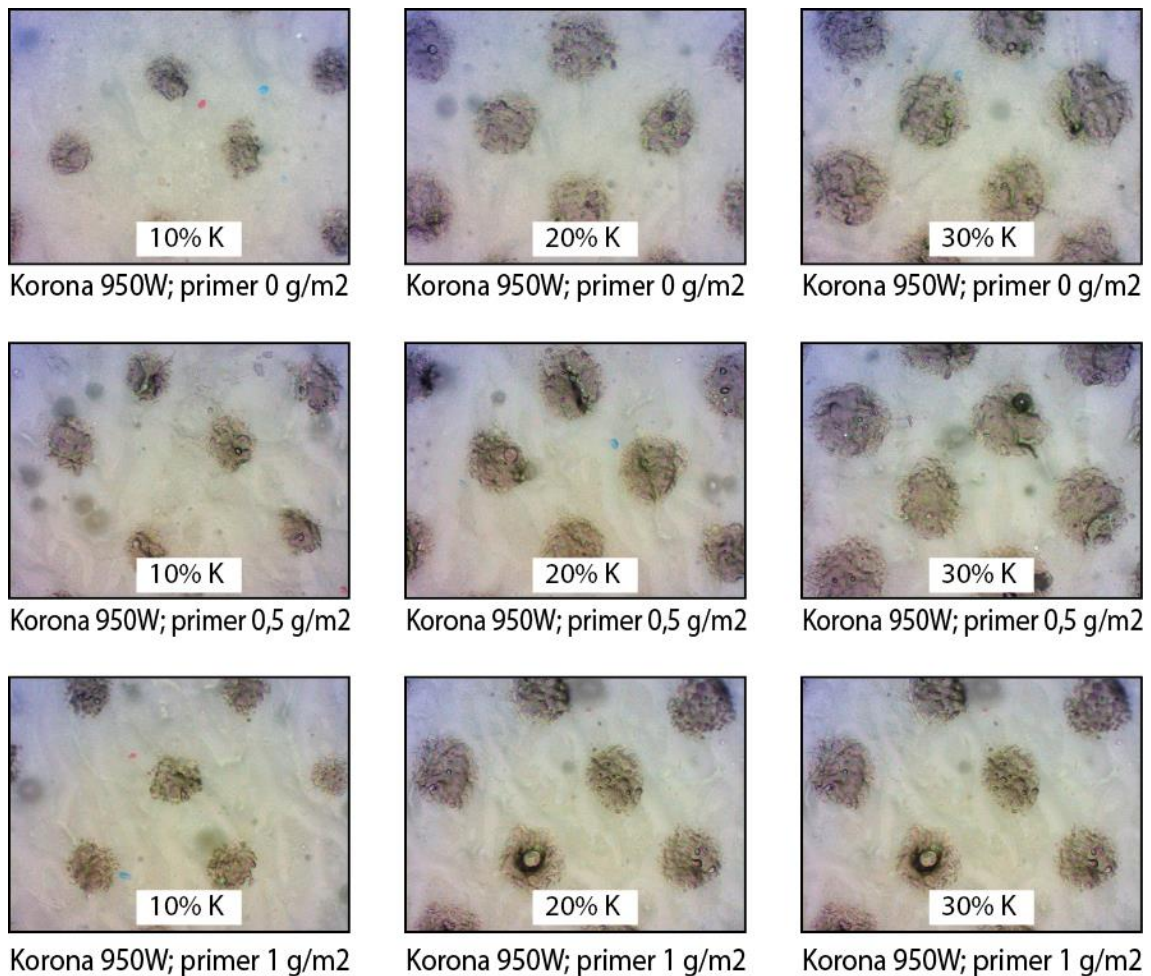
Slika 55. Uvećanje rasterskih elemenata magenta boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 950 W

Za žutu boju uočava se da su podaci kružnosti rasterskih elementa nepravilni. Na polju od 10% RTV-a najlošiju kružnost imaju elementi sa najdebljim nanosom primera ($C_{10\%Y(1\text{ g/m}^2)} = 0,1$), a najbolju oni bez primera ($C_{10\%Y(0\text{ g/m}^2)} = 0,5$). Na polju od 20% RTV-a najmanju vrijednost imaju otisci bez primera ($C_{20\%Y(0\text{ g/m}^2)} = 0,1$), a najveću vrijednost imaju elementi sa primerom debljine nanosa $0,5\text{ g/m}^2$ ($C_{20\%Y(0,5\text{ g/m}^2)} = 0,5$). Na polju od 30% RTV-a najpravilniji elementi formirali su se na primeru debljine nanosa 1 g/m^2 , ($C_{30\%Y(1\text{ g/m}^2)} = 1$), a najmanju imaju rasterski elementi sa primerom debljine nanosa $0,5\text{ g/m}^2$ ($C_{30\%Y(0,5\text{ g/m}^2)} = 0,6$). Prosječne vrijednosti kružnosti su slične, te one iznose $C_{srY(0\text{g/m}^2)} = 0,5$, $C_{srY(0,5\text{g/m}^2)} = 0,43$ i $C_{srY(1\text{g/m}^2)} = 0,5$. Na slici 56 prikazan je uvećani prikaz rasterskih elemenata žute boje formiranih na tiskovnoj podlozi tretiranoj korona tretmanom snage 950 W.



Slika 56. Uvećanje rasterskih elemenata žute boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 950 W

Kod crnih otisaka (slika 53) na poljima od 10% i 20% RTV-a najveću vrijednost imaju elementi sa primerima debljine nanosa 0 g/m^2 i 1 g/m^2 . Njihove vrijednosti su iste ($C_{10\%K(0 \text{ i } 1 \text{ g/m}^2)} = 0,2$ i $C_{20\%K(0 \text{ i } 1 \text{ g/m}^2)} = 0,5$). Na otiscima sa primerom debljine nanosa $0,5 \text{ g/m}^2$ dobiveni su rasterski elementi manje za 0,1. Na polju od 30% RTV-a najveću vrijednost tako imaju elementi za primerom debljine 1 g/m^2 ($C_{30\%K(1 \text{ g/m}^2)} = 0,7$). Prosječne vrijednosti kružnosti rasterskih elemenata su $C_{srK(0 \text{ g/m}^2)} = 0,43$, $C_{srK(0,5 \text{ g/m}^2)} = 0,37$ i $C_{srK(1 \text{ g/m}^2)} = 0,47$. Mikroskopski uvećani otisci crne boje prikazani su na slici 57.



Slika 57. Uvećanje rasterskih elemenata crne boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 950 W

5. ZAKLJUČCI

Eksperimentalnim otiskivanjem na HP Indigu WS 6800 najujednačeniji promjer i kružnost rasterskog elementa postignuti su sa koronom snage 450 W, što vrijedi za sve debljine nanosa primera. Ipak, na otiscima bez primera su se formirali elementi sa najmanjim promjerom i sa najmanjom kružnošću posebno kod cijana i magente.

Tretiranjem podloge samo sa snagom korone nastaju promjene rasterskih elemenata čiji promjer varira oko 3 μm . Pri tom su najmanji rasterski elementi nastali bez djelovanja napona korone te se povećanjem snage korone povećao i promjer rasterskih elemenata.

Na otiscima sa nanosom primera debljine 0,5 g/m^2 prosječne vrijednosti veličina rasterskih elemenata su slične za sve tri snage korona. Međutim, na otiscima sa primerom debljine nanosa 1 g/m^2 najveći rasterski elementi formirani su na otiscima sa koronom snage 450W za sve boje.

Cijan elementi su imali najveća odstupanja i u veličini i u kružnosti na otiscima bez primera i sa primerom debljine nanosa 1 g/m^2 . Na otiscima sa nanosom primera debljine 0,5 g/m^2 najveće odstupanje imali su žuti rasterski elementi. Crna boja se pokazala kao boja sa najmanjim odstupanjima u veličini i kružnosti rasterskih elemenata.

Najmanja odstupanja su na otiscima sa primerom debljine nanosa 0,5 g/m^2 i to na tiskovnim podlogama koje su oplemenjene koronom snage 450 W. To minimalno odstupanje očituje se i standardnom devijacijom (tablica 6) koja je minimalna za sve 4 boje na otiscima sa primerom debljine 0,5 g/m^2 .

Eksperiment pokazuje da najveća odstupanja u kružnosti rasterskih elemenata imaju cijan otisci. Ona su najizraženija na otiscima bez nanosenog primera i na otiscima sa debljinom nanosa primera 1 g/m^2 .

Najmanju devijaciju imaju rasterski elementi crne boje. To je posebno izraženo sa nanosom primera debljine 0,5 g/m^2 . Najbolja kružnost na podlozi bez nanosa primera ostvarena je snagom korone 450 W, što je ujedno i optimum.

Primerom debljine nanosa 0,5 g/m² tretirana podloga daje najpravičnije elemente bez korona tretmana, a sa koronama snaga 450 W i 950 W su se formirali nešto manje okrugli rasterski elementi.

Maksimalni nanos primera (debljina nanosa 1 g/m²) najmanje prosječne vrijednosti kružnosti su na otiscima bez korona tretmana. Koronama snaga 450 W i 950 W formirani su najveći elementi sa sličnom prosječnom vrijednosti kružnosti rasterskih elemenata. Male razlike u prosječnim vrijednostima kružnosti i mala odstupanja vidljiva su i u veoma malim vrijednostima standardnih devijacija u tablici 7. Iz izračunatih standardnih devijacija vidljivo je da su najveća odstupanja, kao i kod veličine promjera, kod cijan boje.

Tablica 6 Promjeri rasterskih elemenata na otiscima sa nanosom primera 0 g/m², 0,5 g/m² i 1 g/m²

Promjeri rasterskih elemenata na otiscima bez primera (µm)																
	CYAN				MAGENTA				ZUTA				CRNA			
Korona	10%	20%	30%	Prosje	10%	20%	30%	Prosje	10%	20%	30%	Prosje	10%	20%	30%	Prosje
0 W	29.05	40.20	59.50	42.92	32.30	53.80	74.20	53.43	27.80	52.80	68.20	49.60	31.40	51.30	68.60	50.43
450 W	33.50	44.70	119.80	66.00	33.40	59.60	92.30	61.77	33.00	55.20	97.50	61.90	37.80	59.90	87.60	61.77
950 W	29.70	44.90	111.10	61.90	32.10	57.50	91.40	60.33	33.20	54.50	94.50	60.73	34.50	62.90	83.10	60.17
			ST.DEV	12.32			ST.DEV	4.45			ST.DEV	6.79			ST.DEV	6.13
Promjeri rasterskih elemenata na otiscima sa primerom debljina nanosa 0.5 g/m ² (µm)																
	CYAN				MAGENTA				ZUTA				CRNA			
Korona	10%	20%	30%	Prosje	10%	20%	30%	Prosje	10%	20%	30%	Prosje	10%	20%	30%	Prosje
0 W	28.40	47.40	117.50	64.43	35.90	57.10	87.30	60.10	33.60	53.10	88.10	58.27	37.30	60.20	81.80	59.77
450 W	34.50	44.70	109.80	63.00	32.70	56.40	87.30	58.80	32.30	54.50	90.90	59.23	36.90	61.00	83.90	60.60
950 W	34.40	45.00	105.70	61.70	33.40	54.90	84.60	57.63	32.50	49.30	101.40	61.07	36.60	56.90	81.80	58.43
			ST.DEV	1.37			ST.DEV	1.23			ST.DEV	1.42			ST.DEV	1.09
Promjeri rasterskih elemenata na otiscima sa primerom debljine nanosa 1 g/m ² (µm)																
	CYAN				MAGENTA				ZUTA				CRNA			
Korona	10%	20%	30%	Prosje	10%	20%	30%	Prosje	10%	20%	30%	Prosje	10%	20%	30%	Prosje
0 W	28.00	35.50	52.60	38.70	31.90	55.50	70.90	52.77	28.60	50.90	69.20	49.57	28.40	51.20	71.30	50.30
450 W	31.60	43.70	109.80	61.70	34.70	58.70	110.40	67.93	31.80	51.80	116.60	66.73	35.50	60.50	88.80	61.60
950 W	35.80	45.40	105.40	62.20	36.70	53.50	86.80	59.00	33.40	51.40	101.50	62.10	38.40	58.70	85.10	60.73
			ST.DEV	13.43			ST.DEV	7.62			ST.DEV	8.88			ST.DEV	6.29

Tablica 7 Kružnosti rasterskih elemenata na otiscima sa nanosom primera 0 g/m², 0,5 g/m² i 1 g/m²

Kružnosti rasterskih elemenata na otiscima bez primera (µm)																
CYAN				MAGENTA				ZUTA				CRNA				
Korona	10%	20%	30%	Prosjeck	10%	20%	30%	Prosjeck	10%	20%	30%	Prosjeck	10%	20%	30%	Prosjeck
0 W	0.1	0.3	0.7	0.37	0.1	0.4	0.6	0.37	0.03	0.5	0.6	0.38	0.1	0.4	0.5	0.33
450 W	0.1	0.3	1.6	0.67	0.2	0.5	0.8	0.5	0.1	0.5	1	0.53	0.2	0.5	0.7	0.47
950 W	0.1	0.3	1.5	0.63	0.1	0.5	0.8	0.47	0.5	0.1	0.9	0.5	0.2	0.5	0.6	0.43
			ST.DEV.	0.16			ST.DEV.	0.07			ST.DEV.	0.08			ST.DEV.	0.07
Kružnosti rasterskih elemenata na otiscima sa primerom debljina nanosa 0.5 g/m ² (µm)																
CYAN				MAGENTA				ZUTA				CRNA				
Korona	10%	20%	30%	Prosjeck	10%	20%	30%	Prosjeck	10%	20%	30%	Prosjeck	10%	20%	30%	Prosjeck
0 W	0.04	0.4	1.6	0.68	0.2	0.5	0.7	0.4667	0.1	0.5	0.8	0.4667	0.2	0.5	0.6	0.4333
450 W	0.1	0.3	1.5	0.6333	0.2	0.4	0.7	0.4333	0.1	0.5	0.9	0.5	0.2	0.5	0.6	0.4333
950 W	0.1	0.4	1.5	0.6667	0.2	0.4	0.7	0.4333	0.2	0.5	0.6	0.4333	0.1	0.4	0.6	0.3667
			ST.DEV.	0.02			ST.DEV.	0.02			ST.DEV.	0.03			ST.DEV.	0.04
Kružnosti rasterskih elemenata na otiscima sa primerom debljine nanosa 1 g/m ² (µm)																
CYAN				MAGENTA				ZUTA				CRNA				
Korona	10%	20%	30%	Prosjeck	10%	20%	30%	Prosjeck	10%	20%	30%	Prosjeck	10%	20%	30%	Prosjeck
0 W	0.03	0.2	0.6	0.2767	0.1	0.4	0.6	0.3667	0.4	0.4	0.6	0.4667	0.1	0.4	0.6	0.3667
450 W	0.1	0.3	1.4	0.6	0.2	0.5	1.2	0.6333	0.1	0.4	1.2	0.5667	0.2	0.5	0.7	0.4667
950 W	0.2	0.4	1.4	0.6667	0.2	0.4	0.7	0.4333	0.1	0.4	1	0.5	0.2	0.5	0.7	0.4667
			ST.DEV.	0.21			ST.DEV.	0.14			ST.DEV.	0.05			ST.DEV.	0.06

6. POPIS LITERATURE

- [1] B. Lozo, *Nastavni tekstovni iz kolegija "Papir."* Zagreb, 2014.
- [2] Ida Lovrin, *Diplomski rad.* Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, 2015.
- [3] D. Macinić, *Utjecaj lakiranja na mehanička svojstva ambalaže.* Zagreb: Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2013.
- [4] Jonathan Sexton, "Ink drying and curing," in *Labelexpo - Europe*, 2017.
- [5] A. Soterio, "Special Coatings for Impact," in *Labelexpo - Europe*, 2017.
- [6] M. Ritchie and P. Manager, "UV white inkjet inks for single-pass label applications," pp. 1–12.
- [7] V. Rastogi and P. Samyn, "Bio-Based Coatings for Paper Applications," *Coatings*, vol. 5, no. 4, pp. 887–930, 2015.
- [8] I. Bates, *THE STUDY OF FLEXOGRAPHIC PRINT REPRODUCTION SPECIFIC PARAMETERS.* Zagreb: Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2013.
- [9] I. Majnarić, *Kvaliteta digitalnih otisaka uvjetovana starenjem tiskovne podloge.* 2004.
- [10] L. B. Schein, *Electrophotography and Development Physics*, 2nd ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996.
- [11] K. Y. Y. N.J. Lee; H.R. Joo, *Development of Positive Charging Multi-Layered Organic Photoconductor for Liquid Electrophotographic Process.* New Orleans: IS&T NIP 19, 2003.
- [12] I. Zjakić, "Nepodudarnost standarda i realnih očekivanja kvalitete digitalnog tiska," Zagreb.
- [13] T. Leskovec, "Postojanost ink jet otisaka u kratkom vremenskom periodu," 2007.
- [14] R. D. Carnahan and S. L. Hou, *Ink jet*, vol. 13, no. 1. 1977.
- [15] M. Jakelić, *Postojanost Inkjet otisaka na vlagu.* Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, 2014.
- [16] H. Kipphan, *Handbook of Print Media.* Berlin: Springer, Berlin, Heidelberg, 2001.
- [17] P. (association) Bob Thompson, *Printing Materials: Science and Technology.* 1998.
- [18] "[http://www.vetaphone.com/technology/corona-treatment/.](http://www.vetaphone.com/technology/corona-treatment/)"
- [19] A. Politis and C. Trochoutsos, "Developments in Digital Print Standardization," 2018, pp. 475–487.

- [20] A. Kraushaar, *ProcessStandard Digital Handbook 2014*. Munich: Fogra Research Institute for Media Technologies, 2018.
- [21] M. S. Kurečić, “Predavanja iz kolegija reprodukcijaska fotografija 2, predavanje: Karakteristike višebojne reprodukcije.”
- [22] N. Pauler, “Paper Optics - optical and colour science related to the pulp and paper industry.” AB Lorentzen & Wettre, Kista, Sweden, 2012.
- [23] Heidelberg, *Boja i kvaliteta*. 1999.
- [24] L. L. Jackson, *Optical dot gain and the off-press color proof*. GATFWorld, 1990.
- [25] A. Kraushaar, “ProcessStandard Offset (PSO) and ProcessStandard Digital (PSD) – printing the expected in offset and digital printing,” pp. 1–25, 2016.
- [26] T. D. Sheet, “Michem ® In-Line Primer 030 Michem ® In-Line Primer 030,” no. April 2018, pp. 1–2.
- [27] P. Miljković, D. Valdec, and M. Matijević, “The Impact of Printing Substrate on Dot Deformation in Flexography,” *Teh. Vjesn. - Tech. Gaz.*, vol. 25, no. Supplement 2, 2018.
- [28] HP, “<https://www8.hp.com/us/en/commercial-printers/indigo-presses/ws6800.html>,” 2019. .
- [29] M. Tse, “PIAS-II TM – A High-Performance Portable Tool for Print Quality Analysis Anytime , Anywhere,” 2006.

Popis slika

Slika 1. Sušenje vododisperzivnih lakova Izvor: https://www.labelexpo-europe.com/sites/labelexpo/europe/files/2017/special-coatings-for-impact-v2.pdf).....	6
Slika 2. Sušenje UV lakova (Izvor: https://www.labelexpo-europe.com/sites/labelexpo/europe/files/2017/special-coatings-for-impact-v2.pdf).....	8
Slika 3. Izgled majerove četke za ručni nanos laka (Izvor: https://www.labelexpo-europe.com/sites/labelexpo/europe/files/2017/in-house-testing-of-inks.pdf)	10
Slika 4. Sustav za obojenje sa gumenim valjkom a) indirektni princip, b) direktni princip	11
Slika 5. Sustav za obojenje sa komornim rakelom	12
Slika 6. Različiti kutovi graviranja anilox valjka	13
Slika 7 Shematski prikaz obojenja u dubokom tisku.....	13
Slika 8 Osnovna ofsetna tiskovna jedinica	15
Slika 9 Kratka jedinica za lakiranje u ofsetnom tisku	15
Slika 10 Prikaz jedinice za lakiranje.....	16
Slika 11 Shematski prikaz principa rada flatbad sitotiskarskog stroja (Izvor: predavanje 9 kolegija Male tiskarske jedinice, prof I. Mjnarić)	17
Slika 12. Princip rada i osnovne komponente elektrofotografskog stroja (Izvor: Majnarić, I. (2004). Kvaliteta digitalnih otisaka uvjetovana starenjem tiskovne podloge)	20
Slika 13 Princip nastajanja kapljice bojila u termalnom inkjetu	22
Slika 14. Presjek ispisne glave u piezoelektričnom Inkjet-u (Izvor: I. Majnarić, Osnove digitalnog tiska, 2015.)	23
Slika 15 Princip rada kontinuiranog Inkjeta Kipphan, H., (2001.), The handbook of print media, Springer).....	24
Slika 16. Optička deformacija rasterskog elementa (Izvor: http://repro.grf.unizg.hr)	30
Slika 17 Prikaz deformacija rasterskih elemenata a) smicanje, b) dubliranje i c) razmazivanje	31
Slika 18. Primjer različitog prirasta rasterskih elemenata, lijevo područje bez prirasta, desno područje sa ostvarenim prirast rasterskih elemenata (Izvor : https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/halftone).....	32
Slika 19. Shematski prikaz plana eksperimentalnog rada	35
Slika 20. HP Indigo WS 6800 (Izvor: https://www.surplustoner.com/model/INDIGO-WS6800-DIGITAL-PRESS/30858)	37

Slika 21. Pias II digitalni mikroskop (Izvor: https://www.qea.com/products/image-analysis/pias-ii/)	39
Slika 22. Grafovi ovisnosti promjera rasterskih elemenata na otiscima bez primera i s koronama snage 0W, 450W i 950W; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja.....	41
Slika 23. Grafovi ovisnosti promjera rasterskih elemenata na otiscima sa nanosom primera 0,5 g/m ² i s koronama snage 0W, 450W i 950W; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja	43
Slika 24. Grafovi ovisnosti promjera rasterskih elemenata na otiscima sa 1 g/m ² primerom i koronama 0W, 450W i 950W; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja.....	45
Slika 25. Grafovi ovisnosti kružnosti rasterskih elemenata na otiscima bez primera i sa koronama snage 0W, 450W i 950W; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja.....	47
Slika 26. Uvećanje rasterskih elemenata cijan boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima bez nanosa primera.....	48
Slika 27. Uvećanje rasterskih elemenata magenta boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima bez nanosa primera	49
Slika 28. Uvećanje rasterskih elemenata žute boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima bez nanosa primera	50
Slika 29. Uvećanje rasterskih elemenata crne boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima bez nanosa primera.....	51
Slika 30. Grafovi ovisnosti kružnost rasterskih elemenata na otiscima sa 0,5 g/m ² primerom i koronama 0W, 450W i 950W; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja	52
Slika 31. Uvećanje rasterskih elemenata cijan boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima sa debljinom nanosa primera 0,5 g/m ²	53
Slika 32. Uvećanje rasterskih elemenata magenta boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima sa debljinom nanosa primera 0,5 g/m ²	54
Slika 33. Uvećanje rasterskih elemenata žute boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima sa debljinom nanosa primera 0,5 g/m ²	55

Slika 34. Uvećanje rasterskih elemenata crne boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima sa debljinom nanosa primera $0,5 \text{ g/m}^2$	56
Slika 35. Grafovi ovisnosti kružnosti rasterskih elemenata na otiscima sa 1 g/m^2 primerom i koronama snaga 0W, 450W i 950W; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja.....	57
Slika 36. Uvećanje rasterskih elemenata cijan boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima sa debljinom nanosa primera 1 g/m^2	58
Slika 37. Uvećanje rasterskih elemenata boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima sa debljinom nanosa primera 1 g/m^2	59
Slika 38. Uvećanje rasterskih elemenata žute boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima sa debljinom nanosa primera 1 g/m^2	60
Slika 39. Uvećanje rasterskih elemenata crne boje ostvarene različitim snagama korone na otiscima sa debljinom nanosa primera 1 g/m^2	61
Slika 40. Grafovi ovisnosti promjera rasterskih elemenata na otiscima dobivenih koronom snage 0 W i debljinama nanosa primera 0 g/m^2 , $0,5 \text{ g/m}^2$ i 1 g/m^2 ; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja	62
Slika 41. Grafovi ovisnosti promjera rasterskih elemenata na otiscima dobivenih koronom snage 450 W i debljinama nanosa primera 0 g/m^2 , $0,5 \text{ g/m}^2$ i 1 g/m^2 ; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja	64
Slika 42. Grafovi ovisnosti promjera rasterskih elemenata na otiscima dobivenih koronom snage 950 W i debljinama nanosa primera 0 g/m^2 , $0,5 \text{ g/m}^2$ i 1 g/m^2 ; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja	66
Slika 43. Grafovi ovisnosti kružnosti rasterskih elemenata na otiscima dobivenih koronom snage 0 W i debljinama nanosa primera 0 g/m^2 , $0,5 \text{ g/m}^2$ i 1 g/m^2 ; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja	68
Slika 44. Uvećanje rasterskih elemenata cijan boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 0 W.....	69
Slika 45. Uvećanje rasterskih elemenata magenta boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 0 W	70
Slika 46. Uvećanje rasterskih elemenata žute boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 0 W.....	71

Slika 47. Uvećanje rasterskih elemenata crne boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 0 W.....	72
Slika 48. Grafovi ovisnosti kružnosti rasterskih elemenata na otiscima dobivenih koronom snage 450 W i debljinama nanosa primera 0 g/m ² , 0,5 g/m ² i 1 g/m ² ; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja	73
Slika 49. Uvećanje rasterskih elemenata cijan boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 450 W.....	74
Slika 50. Uvećanje rasterskih elemenata magenta boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 450 W	75
Slika 51. Uvećanje rasterskih elemenata žute boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 450 W.....	76
Slika 52. Rasterski elementi crne boje sa različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 450 W.....	77
Slika 53. Grafovi ovisnosti kružnosti rasterskih elemenata na otiscima dobivenih koronom snage 950 W i debljinama nanosa primera 0 g/m ² , 0,5 g/m ² i 1 g/m ² ; a) Cijan boja; b) Magenta boja; c) Žuta boja i d) Crna boja	78
Slika 54. Uvećanje rasterskih elemenata cijan boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 950 W.....	79
Slika 55. Uvećanje rasterskih elemenata magenta boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 950 W	80
Slika 56. Uvećanje rasterskih elemenata žute boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 950 W.....	81
Slika 57. Uvećanje rasterskih elemenata crne boje ostvarene različitim debljinama nanosa primera i koronom snage 950 W.....	82

Popis tablica

Tablica 1. Osnovne komponentne tiskarskog laka	4
Tablica 2. Sastav i uloga sastojaka u vododisperzivnom laku.....	5
Tablica 3. Sastav i uloga sastojaka UV lakova	7
Tablica 4. Tehnike otiskivanja i njihova mogućnost primjene u nanašanju primera	9
Tablica 5. Specifikacije HP Indiga WS 6800	37
Tablica 6 Promjeri rasterskih elemenata na otiscima sa nanosom primerea 0 g/m ² , 0,5 g/m ² i 1 g/m ²	Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.
Tablica 7 Kružnosti rasterskih elemenata na otiscima sa nanosom primerea 0 g/m ² , 0,5 g/m ² i 1 g/m ²	85