

UTJECAJ VISINE ISPISNE GLAVE NA REPRODUKCIJU CRNIH TONOVA U TEHNICI UV LED INKJETA

Majnarić Igor¹ Dario Tomašegović¹, Morić Marko²

majnarić@grf.hr; dario.tomasegovic@gmail.com; mmoric@unin.hr

¹ Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet

² Sveučilište Sjever

Sažetak

Za Inkjet tisak jedan od važnih parametara je konstrukcija ispisnih glava. Sa povećanjem broja mlaznica dolazi do veće produktivnosti ali i promjene kvalitete ispisa. Za UV Inkjet tehnologiju također je važan utjecaj LED izvora svjetlosti, odnosno njegove udaljenosti na proces sušenja otiska. Na preciznost otiska ima utjecaj udaljenost ispisne glave od tiskovne podloge. Kako je brzina kretanja tiskovne podloge i ispisne glave konstantna, povećanjem udaljenosti između ispisne glave i tiskovne podloge generirat će se duljim vremenskim periodom kretanja kapljica crne boje. Sa povećanjem puta stvara se mikro kašnjenje što ostvaruje netočan i krajnje neprecizan otisak (registar). U ovom radu napravljen je eksperiment utjecaja dužine putanje kapljica bojila koja je izvedena na 3 identična tipa tiskovne podloge (sa varijacijom debljina od 0,08 μm , 0,39 μm i 0,81 μm). Pritom su između tiskovne podloge i ispisne glave ostvarene sljedeće distance $h_3=3.12$ mm, $h_2=2.81$ mm i $h_1=2.38$ mm. To će posebice biti vidljivo na mikro tiskovnim elementima. Promjenom visine ispisne glave za $\Delta h=0.74$ mm direktno se utječe na veličinu reproduciranih tiskovnih elemenata gdje će povećanje za 1% RTV ostvariti devijaciju $\Delta d_{1-2\%}=3.47$ μm . Daljnjim povećanjem rastertonske vrijednosti za 2% RTV ta se razlika smanjuje i ona iznosi $\Delta d_{3\%}=2.29$ μm .

Cljučne riječi: UV LED Inkjet, visina ispisne glave, formiranje kapljice, kvaliteta crne reprodukcije

IMPACT OF LEVEL UV LED INKJET HEAD ON REPRODUCTION BLACK TONES

Abstract

For Inkjet prints, printhead construction has great importance. In development of printhead structure the trend of increasing number of nozzles is noticed, with higher productivity and increased print quality. Precision of print will have an additional impact on distance between printhead and print surface. Because of the constant speed of the printing substrate and the print head, each increment of distance between the printhead and the printing substrate will generate a longer Inkjet time. With the increase of the path, a micro delay is generated, resulting in an incorrect and extremely imprecise print (register). In experimental regulation of the length of droplet of the dye was carried out on 3 identical printing substrates (with variation thickness of 0,08 μm , 0,39 μm i 0,81 μm). The following distance was obtained between print media and printhead: $h_3=3.12$ mm, $h_2=2.81$ mm and $h_3=2.38$ mm. This will be particularly evident in tiniest print elements. Changing the height of print head for $\Delta h=0.74$ mm directly influences the size of reproduced printed elements where an increase of 1% RTV will achieve a deviation of $\Delta d_{1-2\%}=3.47$ μm . By further increasing the dot gain value by 2% RTV this difference decreases and is $\Delta d_{3\%}=2.29$ μm .

Keywords: UV LED Inkjet, printhead height, forming a drop, quality of black color reproduction

1. Uvod

Inkjet tehnologija otiskivanja je svoju upotrebu pronašla u raznim industrijskim sektorima. Razlog tomu je mogućnost izvođenja funkcionalnih premaza koji se direktno nanose na razne tiskovne podloge (predmete). Da bi se formirao otisak potrebno je zadovoljiti samo dva preduvjeta: ispisna glava mora imati sitne mlaznice i tekuće bojilo dovoljnog viskoziteta da se formira sićušna kapljica.

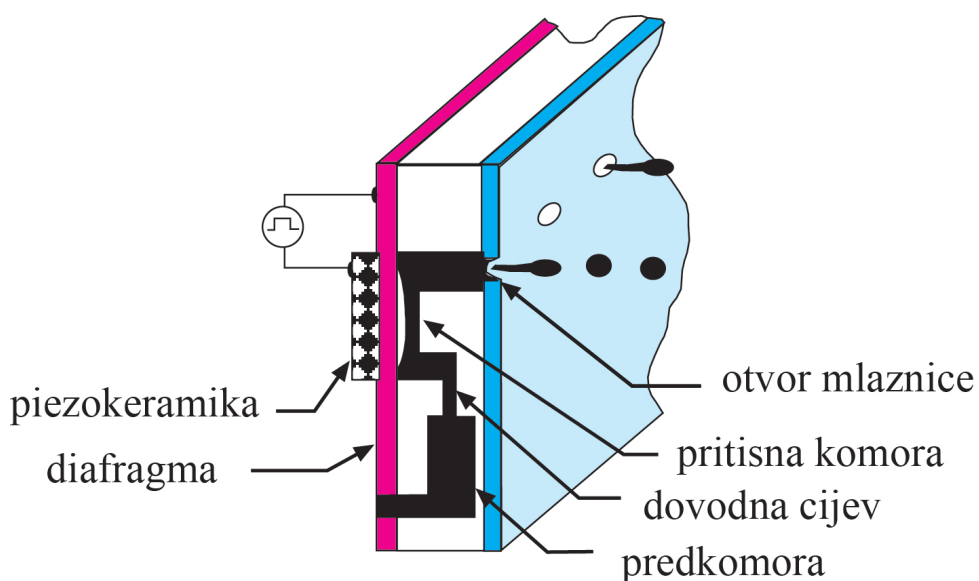
Visina ispisne glave presudna je za kontrolirano špricanje i pozicioniranje otiska. Pritom će točna distanca formirati precizan i kvalitetan otisak. Međutim, prevelikim približavanjem tiskovnoj podlozi raste rizik o zapinjanju skupe ispisne glave i oštećenju tiskarskog stroja. Zbog toga će se kod neravnih podloga glava morati više podići (za nekoliko milimetara). Cilj ovog rada je odrediti kako distanca UV Inkjet ispisne glave utječe na reprodukciju crne slike, te koji će biti optimalni set up stroja (ispisne glave) da bi se ostvario najbolji mogući otisak. Samim time dati će se preporuka kako koji grafički proizvod treba otiskivati.

2. Teoretski dio

2.1. Piezoelektrični princip otiskivanja Inkjet-om

U grafičkoj industriji piezoelektrični Inkjet je mnogo više zastupljeniji u odnosu na termalni Inkjet. Tome pridonosi jednostavniji i lakši princip nastajanja kapljica. Iako oba principa koriste mikrokomore u kojima se nalazi Inkjet boja, razlika se očituje u elementima za formiranje kapljice. Termalni mikrogrijač je tako zamijenjen stabilnijim i puno jeftinijim piezoelektričnim kristalom. Stoga, najveća prednost piezoelektričnog Inkjeta je cijena izrade, kao i mogućnost korištenja više vrsta Inkjet boja. [1]

Za formiranje jedne kapljice boje nužno je konstruirati specijalnu višeslojnu ispisnu glavu. Takva ispisna glava sastoji se od centralnog piezokeramičkog elementa ($20\ \mu\text{m}$) cirkonijske dijafragme ($3\ \mu\text{m}$), pretkomore, dovodne cijevi i pritisne komore. Za preciznost otiska (formiranje kapljice bez zraka) važna je pozicija mlaznog otvora. On se obavezno nalazi u sklopu pritisne komore (nasuprot piezokristalu). U visokoproduktivnim sustavima položaj osnovnih komponenti u ispisnim glavama može se modificirati. Takve modularne piezoelektrične glave obično se sastoje od: upravljačkog sklopa, kontaktnog međusloja, poroznog sloja, piezoelektričnog elementa i pločice s mlaznicama na vrhu ispisne glave [2].



Slika 1. Shematski presjek ispisne glave u piezoelektričnom Inkjet-u

Kod izrade jedne ispisne glave najteže je proizvesti porozni sloj i vršnu pločicu sa mlaznicama. U ovom procesu izrade preciznost elemenata je od izričite važnosti. Porozni sloj izrađen je od velikog broja antikorozivnih pločica koje su spojene na visokoj temperaturi. Debljina takvih pločica treba biti ujednačena, i iznosi oko $6\ \mu\text{m}$. Potpuno brtvljenje pločice realizira se nanašanjem zlata tijekom procesa spajanja istih. Ovime je onemogućeno neželjeno curenje likvidne boje. Osim zlatom, antikorozivne pločice mogu se spajati i jeftinijim niklom [3].

Pločica s mlaznicama koja se nalazi na vrhu ispisne glave uglavnom je izrađena od nikla. Zbog velikog broja otvora koje sadržava, pločica se može generirati laserskom ablacijom vršne poliamidne površine ili galvanskim nanošenjem nikla. Promjer i debljina otvorene mlaznice je od krucijalne važnosti zbog toga što izravno utječe na brzinu kretanja kapljica, volumen kapljica i putanju. Da bi se izbjegle pruge na otisku nastale kao posljedica lošeg procesa izrade glave, trebaju se koristiti sofisticirane metode izrade pukotina kao što su: mikrobrušenje, mikropritiskanje i elektroneutraliziranje. [4].

Kod otiskivanja piezoelektričnim Inkjet-om dovod boje mora biti konstantan i bez prisutnosti zraka. Kako bi to bilo postignuto boja se prelijeva iz spremnika u pretkomoru, nakon koje se cjevčicom za dovod distribuira u ispisnu mikrokomoru. Deformacijom piezokeramičkog materijala (uzrokovanog dolaznim impulsom iz računala) stvara se pojedinačna kapljica boje. Promjena oblika piezokeramičkog elementa direktno utječe na promjenu volumena unutar mikrokomore. 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 se stvara kapljični meniskus. Meniskus je fizikalna pojava gdje se na mlaznici počinje formirati kapljica koja još nije oslobođena te se jednim dijelom drži za otvor mlaznice. Da bi došlo do formiranja kapljice u cijelosti, njenog izbacivanja i kretanja u smjeru tiskovne podloge, potrebno je dovoljno dugo zadržati pritisak unutar mikrokomore. Piezoelektrični element služi kao izolator ako nije izložen djelovanju električnog polja. Izlaganjem električnom polju, piezoelektrični element ponaša se kao dipol. Dipol su molekule kod kojih se pozitivni naboj odvaja od negativnog naboja. To znači da takav materijal pod utjecajem mehaničkog stresa, na površini dielektrika proizvodi električnu struju. Električna struja nije stalna te ona egzistira samo u trenucima mehaničkog djelovanja. U suprotnom slučaju gdje se naboj dovodi na površinu uravnoteženog piezokristala, dolazi do njegova širenja ili sužavanja. Deformacije piezo kristala su različite, pa samim time razlikujemo tri načina na koje se mogu formirati kapljice u piezo inkjet tehnologiji. To su: deformacija po širini i dužini (svijanje piezokristala), radijalna deformacija (guranje piezo kristala) i škarna deformacija (smicanje piezo kristala). [5].

3. Teoretski dio

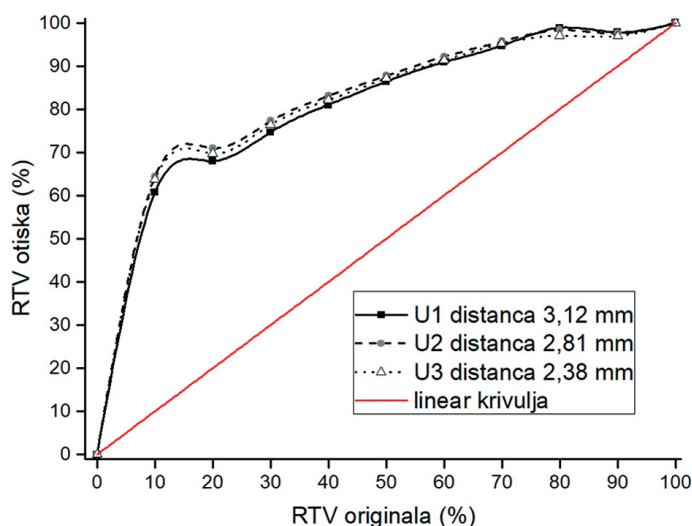
U ovom radu primjenjene su denzitometrijske metode mjerenja i slikovna analiza UV Inkjet otisaka kako bi se istražio utjecaj distance između tiskovne podloge i ispisne glave na kvalitetu reprodukcije. Pritom je pripremljen tiskovni motiv za crnu višetonsku reprodukciju u PDF formatu (RTV klin sa poljima od: 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 %, 95 %, 96 %, 97 %, 98 %, 99 %, 100 %) koji je prebačen u RIP VersaWorks. Nastala rastrirana datoteka bila je rezolucije 1200 x 600 dpi uz primjenu ICC profila Euroscale Gloss Coated. [6].

Rastrirana datoteka je tada otisnuta na Inkjet stroju Roland VersaUV LEC-300 koristeći CMYK UV Inkjet bojila ECO-UV 220-cc. Sušenje boja odvijalo se pomoću dvije UV LED lampe. Kako kod ovog modela nije moguće podešavati visinu ispisne glave, napravljena je simulacija distance koristeći tri istovrsne tiskovne podloge. Za podlogu su se koristili papiri Fedrigoni Sirio Pietra debljine 0,08 μm , 0,39 μm i 0,81 μm . Ovakvim načinom otiskivanja dobivena su tri uzorka pri različitim udaljenostima od ispisne glave do podloge, odnosno dobiveni su konačni otisnuti uzorki kod kojih je udaljenost od ispisne glave do podloge iznosila 3,12 mm (visina 1), 2,81 mm (visina 2) te 2,38 mm (visina 3). Samim time ostvaren je preduvjet da se odredi optimalna visina ispisne glave i LED UV izvora, kako bi se ostvarile pretpostavke otiskivanja na ne planparalelne površine (reljef do visine do 1 mm). Za utvrđivanje krivulje reprodukcije na uzorcima su izmjereni klinovi polja od 10% do 100% RTV, u koraku po 10% kako bi se utvrdili prirasti u obojenju sivih tonova. Dodatnom slikovnom analizom određena su odstupanja reproduciranih elemenata za 3 karakteristične površine (rasterska polja od 1 %, 3 % i 5 % RTV-a). [7].

Cjelokupna reprodukcija otiska crne boje na svim uzorcima mjerena je denzitometrom i spektrofotometrom X-rite eXact. Postavke kolorimetrijskih mjerenja bila su: uvjet mjerenja M1, standardni promatrač 2°, density status E, kalibracija papir.

4. Diskusija i rezultati

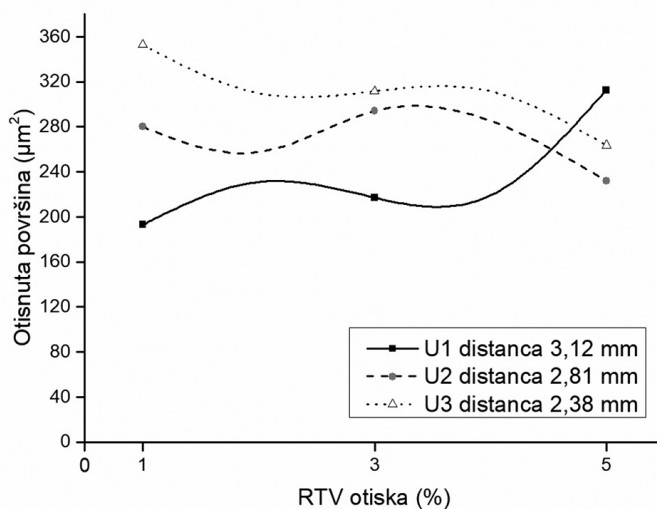
Da bi se u tehnologiji otiskivanja formirala višetonska slika tijekom procesa RIP-anja ona će se morati transformirati u polutonsku sliku. Takva slika građena je od niza pojedinačnih rasterskih elemenata čija koncentracija daje različitu tonsku vrijednost. Kvalitetu crno bijelih otisaka nastalih u digitalnom tisku odnosno inkjet tehnici tiska moguće je prikazati u obliku krivulje reprodukcije. Pritom se promatra kako se rastertonska vrijednost originala reproducira na papiru. Utjecaj visine ispisne glave na realizaciju krivulje reprodukcije prikazana je na slici 2.



Slika 2. Krivulja reprodukcije crno bijelih otisaka nastalih varijacijom visine ispisne glave Inkjet printera

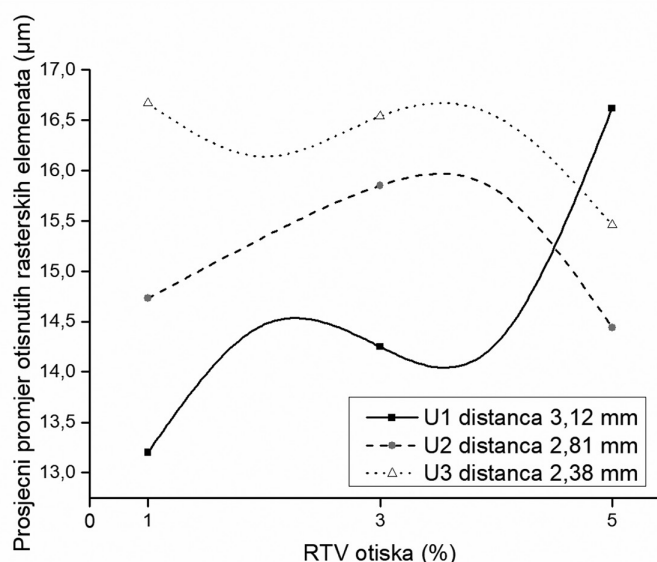
Za sve krivulje crne reprodukcije vrijedi da bez obzira na distancu ispisne glave svijetle tonske vrijednosti (od 10 do 20% RTV) ostvaruju najveći rastertonski prirasti. Povećanjem rastertonske vrijednosti dolazi do stabilizacije krivulja, te reprodukcije tonova lagano opadaju. Općenito crne krivulje ostvaruju ekstremno velik prirast rastertonske vrijednosti što je razlog primjene nepremazanog žutog papira i neizvršene linearizacije stroja (nije napravljena kompenzacijska krivulja za primijenjenu tiskovnu podlogu). Bez obzira na to, varijacija u visini ispisne glave vidljiva je na otiscima. Posebno je to izraženo u svijetlim područjima slika. Tako će visinska razlika od $h_1=0,31$ mm ostvariti razliku u prirastu od $\Delta Z_{10\%-30\%}=27,51\%$. Povećanjem površinske pokrivenosti doći će do smanjenja prirasta rastertonske vrijednosti koja će kod 70% RTV-a za sve krivulje iznositi $\Delta Z_{70\%}=0,92\%$. Kod tamnih tonskih područja ponovno dolazi do promjene u kretanju krivulja. Samim time maksimalno povećanje glave imati će utjecaj samo pri realizaciji tamnih, crnih površina. Najveće odstupanje ostvareno je između uzorka U1 i U3 koje iznosi $\Delta Z_{80\%}=1,82\%$.

Podrobnija analiza utjecaja visine ispisne glave na realizaciju RTV-a napravljena je na područjima od 1%, 3% i 5% RTV. Pritom je analizirana ukupno otisnuta površina (A), prosječni promjer rasterskih točkica (d) i cirkularnost rasterskih točkica (C). Na slici 3. prikazan je dijagram prosječne pokrivenosti otisnute površine crne boje.



Slika 3. Prosječna pokrivenost površine crne boje nastale varijacijom visine ispisne glave Inkjet printera

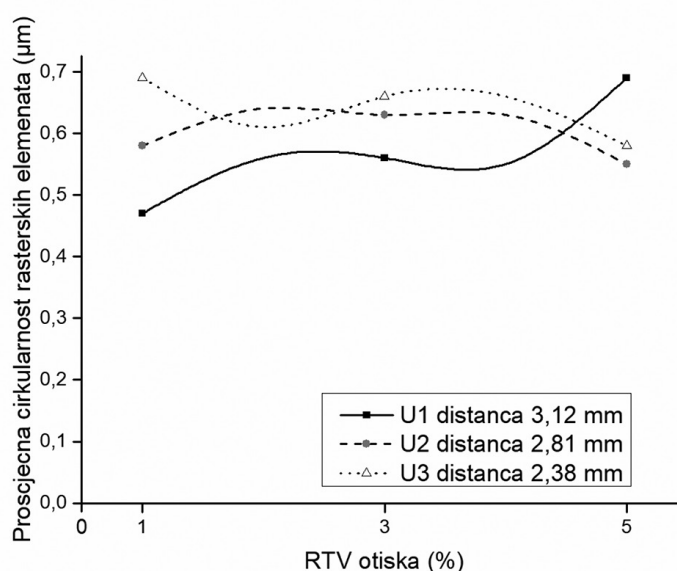
Na površini od 1% RTV najveći broj rasterskih elemenata, a time i površina ostvarit će se pri najmanjoj distanci koja iznosi $h_3=2,38$ mm ($AU_3=352,7$ μm²), dok će se najmanji broj elemenata formirati pri najvećoj distanci $h_1=3,12$ mm ($AU_1=193,19$ μm²). To znači da se promjenom visine ispisne glave od podloge za $\Delta h=0,74$ mm ostvaruje razlika u otisnutoj površini od $\Delta A_1\%=159,51$ μm². Povećanjem rastertonske vrijednosti (3% RTV) ta razlika se smanjuje pri čemu ona iznosi $\Delta A_3\%=94,42$ μm². Kod najtamnijeg svijetlog područja (5% RTV) ostvaruje se inverzija gdje će najveću otisnutu površinu imati uzorak U1 sa maksimalnom visinom ispisne glave od $A_5\%=312,73$ μm². Najmanju otisnutu površinu $A_5\%=231,91$ μm² ostvaruje srednja distanca (U2) formirajući tako ukupnu devijaciju koja iznosi $\Delta A_5\%=80,82$ μm². To znači da većina rasterskih elemenata koji su trebali biti realizirani na površini od 1% završavaju na području od 3% (gube se tijekom kapanja).



Slika 4. Prosječni promjer otisnutih rasterskih elemenata nastalih varijacijom visine ispisne glave Inkjet printera

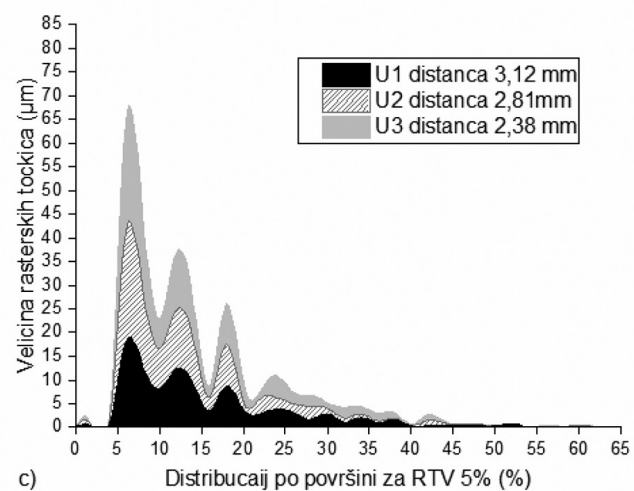
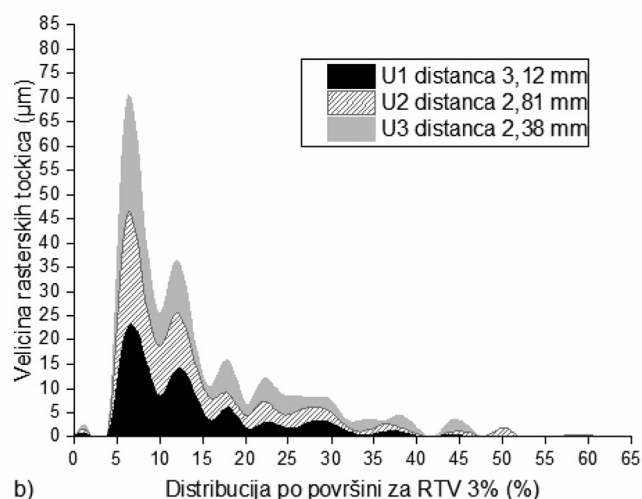
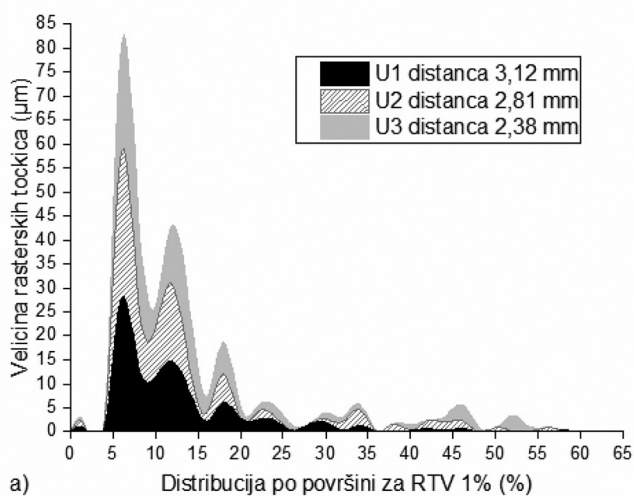
Kod detaljnijeg ispitivanja prosječne pokrivenosti površine crne boje, potrebno je analizirati ostvaren promjer rasterskih točaka (slika 4.). Na površini vrlo niske rastertonske vrijednosti (1% RTV) najmanji promjer rasterske točkice ostvaruje se na uzorku U1 te ona iznosi $d_{1\%} = 13,2 \mu\text{m}$. Pritom je udaljenost od ispisne glave do tiskovne podloge bila $h_1 = 3,12 \text{ mm}$. Najveći promjer tiskovnih elemenata ostvaruje se reprodukcijom uzorka U3 odnosno najmanjom distancom ispisne glave od tiskovne podloge $h_3 = 2,38 \text{ mm}$. Pritom ta veličina iznosi $d_{1\%} = 16,67 \mu\text{m}$. To znači da se promjenom visine ispisne glave za $\Delta h = 0,74 \text{ mm}$ direktno utječe na veličinu reproduciranih tiskovnih elemenata, tj. povećanje za 2% RTV iznosi $\Delta d_{1\%-3\%} = 3,47 \mu\text{m}$. Dakle, povećanjem rastertonske vrijednosti (3% RTV) ta se razlika smanjuje i ona iznosi $\Delta d_{3\%} = 2,29 \mu\text{m}$. Kod najtamnijeg svijetlog područja (5% RTV) ostvaruje se inverzija rezultata kod koje će najveći promjer tiskovnog elementa imati uzorak U1. Tako će najveća visina ispisne glave dati promjer od $d_{5\%} = 16,62 \mu\text{m}$. Najmanji promjer rasterskog elementa ostvaruje uzorak U2 sa srednjom distancom ($h_2 = 2,81 \text{ mm}$). Ostvareni promjer iznosi $d_{5\%} = 14,44 \mu\text{m}$ i ostvaruje ukupnu razliku koja iznosi $\Delta d_{5\%} = 2,18 \mu\text{m}$.

Za provođenje još detaljnije analize reprodukcije, napravljena je ekspertiza cirkularnosti tiskovnih elemenata. Ona je prikazana na slici 6. Savršeno okrugla točka tako će imati vrijednost $C=1$, dok geometrijski manje savršeni oblici imaju vrijednost cirkularnosti manju od 1. To znači da što je vrijednost cirkularnosti bliža 0 okruglost je manja (točke su eliptičnije).



Slika 5. Prosječna cirkularnost rasterskih elemenata nastalih varijacijom ispisne glave Inkjet printera

Na površini najmanje pokrivenosti (1% RTV) najmanja cirkularnost ostvarena je najvećom distancom ($h_1 = 3,12 \text{ mm}$) te ona iznosi $C_{1\%} = 0,47 \mu\text{m}$. Najveću cirkularnost (najbliža krugu) ostvaruje najmanja distanca ($h_3 = 2,38 \text{ mm}$) te iznosi $C_{1\%} = 0,69 \mu\text{m}$. To znači da se povećanjem puta kapljice boje (ostvareno promjenom visine ispisne glave za $\Delta h = 0,74 \text{ mm}$) koja direktno utječe na oblik same kapljice. Time je ostvarena razlika od $\Delta C_{1\%} = 0,22 \mu\text{m}$. Povećanjem pokrivenosti (3% RTV) reprodukcije sa najvećom distancom glave ostvariti će povećanje cirkularnosti i ona iznosi $C_{3\%} = 0,56 \mu\text{m}$. To ukazuje na smanjenje okruglosti za $\Delta C_{3\%} = 0,10 \mu\text{m}$. Kod najtamnijeg svijetlog područja (5% RTV) dolazi također do inverzije rezultata te najveću cirkularnost daje najveća distanca $C_{5\%} = 0,69 \mu\text{m}$. Cirkularnost reproducirana najmanjom distancom ($h_3 = 2,38 \text{ mm}$) ostvaruje iznosi $C_{5\%} = 0,55 \mu\text{m}$ ostvarujući, što u odnosu na izvršeni eksperiment tvori razliku od $\Delta C_{5\%} = 0,14 \mu\text{m}$.



Slika 6. Distribucija rasterskih elemenata po površini pokrivenosti nastalih varijacijom ispisne glave Inkjet printera za a) 1% RTV, b) 3% RTV, c) 5% RTV

Na slici 6.a) prikazana je distribucija tiskovnih elemenata na površini najmanje pokrivenosti (1% RTV). Jedan dio tiskovnih elemenata koji su se reproducirali na papiru su i nusprodukti, tj. nastali su nekontroliranim prskanjem boje (sateliti). Oni čine zanemarivu distribuciju od 0 do 2%. Najveći tiskovni elementi postižu se reprodukcijom primjenjujući najmanju distancu ($h_3=2,38$ mm) koji iznose $d_6\%=80,55$ μm i to čini 6% reproduciranih tiskovnih elemenata. Povećanjem udaljenosti ispisne glave od podloge maksimalna veličina tiskovnih elemenata koju možemo reproducirati opada svakim dodatnim pomakom glave. Tako su najveći tiskovni elementi reproducirani srednjom distancom ($h_2=2,81$ mm) te iznose $d_6\%=58,33$ μm , dok se najmanjom distancom ostvaruju elementi promjera $d_6\%=27,82$ μm . Pomakom ispisne glave za samo $\Delta h=0,43$ mm dobivamo razliku u veličini elemenata od $\Delta d_6\%=22,22$ μm . Daljnjim dodatnim pomakom ispisne glave od $\Delta h=0,31$ mm (razlika između srednje i najveće distance) razlika se i dalje povećava te iznosi $\Delta d_6\%=30,51$ μm . Tako će ukupna devijacija iznositi $\Delta d_6\%=52,73$ μm .

Distribucija veličine rasterskih elemenata na površini pokrivenosti od 3% RTV prikazana je na slici 6.b). Sateliti kao nusprodukt u tisku su prisutni također u 2% reprodukcije. Najveći broj tiskovnih elemenata ostvaruje se korištenjem ispisne glave sa najmanjom distancom ($h_3=2,38$ mm) pri čemu promjeri točkice iznose $d_6\%=66,9$ μm što čini 6% reprodukcije.

Povećanjem udaljenosti od ispisne glave do podloge maksimalna veličina tiskovnih elemenata koju možemo reproducirati pada svakim dodatnim pomakom glave. Korištenjem srednje distance ($h_2=2,81$ mm) najveći promjer tiskovnih elemenata koji se reproducira iznosi $d_6\%=44,06$ μm . Pomicanjem ispisne glave za $\Delta h=0,43$ mm nastaje razlika u veličini tiskovnih elemenata od $\Delta d_6\%=22,84$ μm . Kod reprodukcije sa najvećom distancom ($h_1=3,12$ mm) ostvarivi su najveći promjeri tiskovnih elemenata na otisku te oni iznose $d_6\%=21,17$ μm . Pritom razlika nastala direktnim pomicanjem ispisne glave za $\Delta h=0,31$ mm iznosi $\Delta d_6\%=22,89$ μm . Ukupna devijacija ostvarena između veličina promjera tiskovnih elemenata otisnutih sa najvećom i najmanjom distancom je velika i iznosi $\Delta d_6\%=45,73$ μm .

Slika 6.c) prikazuje distribuciju rasterskih elemenata na najtamnijoj svijetloj površini (5 % RTV). Zamrljanost i nečistoće u obliku satelita su također prisutne u 2 % reprodukcije. Najmanja udaljenost od ispisne glave do podloge ($h_3=2,38$ mm) postiže tiskovne elemente maksimalne veličine promjera od $d_6\%=64,54$ μm .

Povećanjem udaljenosti od ispisne glave do podloge, maksimalna veličina promjera tiskovnih elemenata koju možemo reproducirati opada. Tako najveće ostvarivi promjeri tiskovnih elemenata reproducirani srednjom distancom ($h_2=2,81$ mm) iznose $d_6\%=41,38$ μm , dok najmanja distanca ostvaruje maksimalne promjere elemenata od $d_6\%=18,18$ μm . Pomakom ispisne glave za $\Delta h=0,43$ mm omogućuje razliku u veličini promjera elemenata od $\Delta d_6\%=23,16$ μm . Dodatnim pomakom ispisne glave od $\Delta h=0,31$ mm (razlika između srednje i najveće distance) iznosi $\Delta d_6\%=23,20$ μm . Samim time na kraju ukupna devijacija rastriranih točkica iznosi $\Delta d_6\%=46,36$ μm .

5. Zaključak

Varijacija u visini ispisne glave vidljiva je na svim rasterskim površinama. Tako će se povećanjem udaljenosti ispisne glave $\Delta h=0,74$ μm (između najmanje pozicije $h_3=2,38$ mm) i najveće pozicije $h_1=3,12$ mm) ostvariti razlika u obojenju svjetlih tonova od $\Delta Z_{10-30\%}=1,13\%$. Povećanjem površinske pokrivenosti doći će do smanjenja prirasta rastertonske vrijednosti koja će kod 70% RTV-a iznositi $\Delta Z_{70\%}=0,92\%$. Odstupanje ostvareno kod najtamnijih tonova između najmanje distance ($h_3=2,38$ mm) i najveće distance ($h_1=3,12$ mm) ispisne glave koje iznosi $\Delta Z_{80\%}=1,82\%$.

Promjenom visine ispisne glave od podloge za $\Delta h=0,74$ mm ostvaruje se razlika u otisnutoj površini od $\Delta A_{1\%}=159,51$ μm^2 . Povećanjem rastertonske vrijednosti (3% RTV) ta razlika se smanjuje pri čemu ona iznosi $\Delta A_{3\%}=94,42$ μm^2 . Kod najtamnije analiziranog svijetlog područja (5% RTV) ta se razlika dodatno smanjuje te iznosi $\Delta A_{5\%}=49,1$ μm^2 . Veće visine ispisne glave (h_1, h_2) će ostvariti veće promjene RTV-a u području od 1 do 3 %RTV-a. Nakon toga sljedi inverzija gdje će površina od 5 % RTV-a ostvarivati bolju reprodukciju sa visinom glave h_3 .

Promjenom visine ispisne glave za $\Delta h=0,74$ mm direktno se utječe na veličinu reproduciranih tiskovnih

elemenata pri čemu povećanje za 1% RTV iznosi $\Delta d_{1-2\%}=3,47 \mu\text{m}$. Dakle, povećanjem rastertonske vrijednosti za 2% RTV ta se razlika smanjuje i ona iznosi $\Delta d_{3\%}=2,29 \mu\text{m}$. Kod najtamnijeg svijetlog područja (5% RTV) razlika je najmanja i ona iznosi $\Delta d_{5\%}=1,16 \mu\text{m}$.

Najveću cirkularnost (najbliža krugu) ostvaruje najmanja distanca ($h_3=2,38 \text{ mm}$) te iznosi $CU_3=0,64$, dok je najmanja cirkularnost ostvarena je najvećom distancom ($h_1=3,12 \text{ mm}$) te ona iznosi $CU_1=0,57$. Pritom ostvarena razlika iznosi $\Delta CU_3-U_1=0,07$.

Literatura

1. Kipphan, H. (2001.), The handbook of print media, Springer
2. Majnarić, I. (2004.), Kvaliteta digitalnih otisaka uvjetovana starenjem tiskovne podloge, magistarski rad, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
3. Majnarić, I. (2015.), Osnove digitalnog tiska, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb
- 4.***<http://www.vcesolutions.com/wp-content/uploads/2014/09/Inkjet-Printhead-Characteristics-Application-Requirements.pdf>, 10.05.2017.
- 5.***http://www.hp.com/hpinfo/newsroom/press_kits/2008/ipgconference/nr_arprdisruptivetechologies.pdf, 10.05.2017.
- 6.*** <https://www.epson.co.uk/about/micro-piezo-technology>, 3.06.2017.
- 7.*** http://www.fedrigoni.co.uk/sites/default/files/Sirio%20Color_2.pdf 28.7.2017.