

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

Valentina Radić Seleš



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

Smjer: Tehničko - tehnološki

ZAVRŠNI RAD

STABILNOST OTISKA TISKANOG ZLATNOM
BOJOM PRI UBRZANOM STARENJU

Mentor:
doc.dr.sc. Igor Zjakić

Student:
Valentina Radić Seleš

Zagreb, 2015

ZAHVALE

Velike zahvale upućujem svome mentoru doc.dr.sc. Igoru Zjakiću, te asistentici dr.sc. Ireni Bates na pruženoj pomoći i podršci prilikom pisanja ovog završnog rada.

SAŽETAK

Cilj ovog završnog rada bio je analizirati stabilnost otiska otisnutog zlatnom tiskarskom bojom pri ubrzanom starenju. Parametri na osnovu kojih će se promatrati stabilnost otiska je kolorimetrijska vrijednost uzorka, te neravnomjerna reprodukcija tiskarske boje na tiskovnoj podlozi.

Uzorci su otisnuti na laboratorijskom uređaju za simulaciju ofsetnog tiska s tiskarskim bojama koje su prilagođene za prehrambenu i duhansku ambalažu. Uzorci su otisnuti sa zlatnom tiskarskom bojom. Otiskivanje je rađeno na tri različite vrste tiskovnih podloga koje se koriste u ofsetnom tisku. Nakon otiskivanja, izvedena je simulacija starenja, odnosno ubrzano starenje otisaka djelovanjem povišene temperature u periodu od 24, 48 i 72 sata.

S obzirom na djelovanje povišene temperature, pretpostavka je bila da će na uzorcima doći do određenog pada kvalitete otiska.

KLJUČNE RIJEČI:

Stabilnost otiska, kolorimetrijske vrijednosti, neravnomjerna reprodukcija tiskarske boje, zlatna tiskarska boja, ubrzano starenje

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. TISKARSKA BOJA	2
2.2. TISKOVNE PODLOGE	2
2.3. OFSETNI TISAK	4
2.4. UBRZANO STARENJE	6
2.5. KOLORIMETRIJSKE VRIJEDNOSTI	6
2.6. NERAVNOMJERNA REPRODUKCIJA TISKARSKE BOJE	7
2.7. SLIKOVNA ANALIZA	8
3. EKSPERIMENTALNI DIO	9
3.1. LABORATORIJSKO OTISKIVANJE	9
3.2. UBRZANO STARENJE LABORATORIJSKIH OTISAKA	10
3.3. MJERENJE LABORATORIJSKIH OTISAKA	10
3.4. SLIKOVNA ANALIZA LABORATORIJSKIH OTISAKA	12
4. REZULTATI I RASPRAVA	12
5. ZAKLJUČAK	23
6. LITERATURA	24

1. UVOD

U grafičkoj industriji primarni je cilj ostarivanje kvalitetne reprodukcije, odnosno kvalitetnog otiska. Kvaliteta otiska može se definirati na temelju nekoliko kvalitativnih parametara (npr. integralna gustoća obojenja, reprodukcija finih rasterskih elemenata, raspon gustoće obojenja, ravnomjerna reprodukcija nanosa tiskarske boje itd.). Neki od glavnih faktora koji utječu na promjenu kvalitete otiska, odnosno njegovog obojenja su: izvor svjetla, pozadinska osvjetljenost, temperatura, vlaga i tiskovna podloga. Evaluacija kvalitete otiska danas je moguća uz pomoć raznih mjernih uređaja, a neki od njih su mikroskop i spektrofotometar [1,2].

U ovom završnom radu cilj je bio ispitati kvalitetu otiska, odnosno njegovu stabilnost, nakon ubrzanog starenja povišenom temperaturom u periodu od 24, 48 i 72 sata. Promatrani su laboratorijski uzorci otisnuti zlatnom tiskarskom bojom na tri različite vrste tiskovnih podloga, odnosno na premazanom kartonu, premazanom papiru i recikliranom papiru. Korištena je tiskarska boja koja je prilagođena za otiskivanje prehrambene i duhanske ambalaže. Ova boja metalnog efekta sadrži smanjen miris kako ne bi utjecala na proizvod koji je upakiran u ambalaži. Otiskivanje je provedeno na uređaju za simulaciju ofsetnog tiska.

Kvalitativni parametri na temelju kojih je definirana stabilnost laboratorijskih otisaka su kolorimetrijske vrijednosti te neravnomjerna reprodukcija tiskarske boje. Kolorimetrijske vrijednosti svjetline (L^*), kromatičnosti (C^*) i tona (h^*) promatrane su prije i nakon tretmana ubrzanog starenja. Neravnomjerna reprodukcija tiskarske boje također je promatrana prije i nakon tretmana ubrzanog starenja, pomoću programa za slikovnu analizu.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. TISKARSKA BOJA

U svakoj tehnici tiska koriste se tiskarske boje koje su specijalno prilagođene za tu tehniku. Sukladno tome, u ofsetnom se tisku koriste relativno guste, odnosno pastozne tiskarske boje čiji dinamički viskozitet ima vrijednost od 40 do 1000 Pa•s. Njih je najprije potrebno razribavati kako bi im se smanjio viskozitet i pripremiti ih za tisak. Ofsetne tiskarske boje suše se penetracijom i oksipolimerizacijom. Penetracija se postiže interakcijom između tiskarske boje i tiskovne podloge, te ovisi o viskozitetu tiskarske boje, vezivu u tiskarskoj boji i upojnosti tiskovne podloge. Zbog kapilarne upojnosti tiskovne podloge, tiskarska boja penetrira i probija se kroz njegovu površinu. Nakon penetracije slijedi oksidacija i polimerizacija ulja i smola unutar tiskarske boje. Time tiskarska boja dobiva određenu konzistenciju, otpornost na otiranje i prikladnu elastičnost kako bi osigurala kvalitetan otisak [3,4].

U ovom radu korištena je zlatna ofsetna tiskarska boja (Pantone 875) proizvođača Radiorplus. Karakterizira ju slabiji intenzitet mirisa i to ju čini pogodnom za korištenje u prehrambenoj i duhanskoj ambalaži. Budući da se radi o tiskarskoj boji koja sadrži metalni (zlatni) efekt, ona se obično koristi za tisak kvalitetnih višebojnih reprodukcija koje zahjevaju premazane tiskovne podloge s visokom glatkoćom i sjajem. Takve tiskarske boje spadaju u grupu dodatnih tiskarskih boja te se vrlo često pri procesu otiskivanja koriste kao peta boja (na zasebnoj tiskarskoj jedinici) [5].

2.2. TISKOVNE PODLOGE

Postoji veliki raspon tiskovnih podloga koje se koriste u grafičkoj industriji, a neki od njih su papiri, kartoni, polimeri, aluminijske folije, staklo itd. Tiskovne podloge se također biraju ovisno o tehnici tiska, ali i o tiskarskoj boji koja će se na njih otiskivati.

U ovom radu korišten je premazani karton, premazani papir i reciklirani papir. Za ostvarivanje kvalitetne višebojne ofsetne reprodukcije preporuča se korištenje premazanih, sjajnih tiskovnih podloga. Za potrebe ovog rada korišten je bezdrvni, sjajni papir jednostranog premaza. Tržišni naziv ovog papira je PARADE PRIMA od proizvođača Sappi. Tehničke karakteristike ovog papira prikazane su u Tablici 1.

Tablica 1. Karakteristike premazanog papira

Svojstvo	Standard	Mjerna jedinica	Vrijednost	Odstupanje
Gramatura	ISO 536	g/m ²	80	+/- 4%
Debljina	ISO 534	µm	66	+/- 5%
Specifični volumen	DIN 53105	g/cm ³	0,8	+/- 5%
Opacitet	ISO 2471	%	86	+/- 2%
Relativna vlažnost	TAPPI 502 (23°C)	%	50	+/- 7%
Hrapavost premazane strane	ISO 8791-4	µm	1,2	+/- 0,4
Hrapavost nepremazane strane	ISO 8791-4	µm	3,4	+/- 0,5

Nadalje, korišten je čvrsti, izbijeljeni, bezdrvni karton s jednostranim dvostrukim premazom. Tržišni naziv ovog kartona je ALGRO DESIGN od proizvođača Sappi. Tehničke karakteristike ovog papira prikazane su u Tablici 2.

Tablica 2. Karakteristike premazanog kartona

Svojstvo	Standard	Mjerna jedinica	Vrijednost	Odstupanje
Gramatura	DIN ISO 536	g/m ²	270,0	+/- 5%
Debljina	DIN EN 20534	µm	323,0	+/- 5%
L-vrijednost premazane strane	ISO 5631	/	95,5	+/- 1%
a-vrijednost premazane strane	ISO 5631	/	2,30	+/- 0,3%
b-vrijednost premazane strane	ISO 5631	/	-9,0	+/- 1%
Hrapavost površine premazane strane	ISO 8791/4	µm	2,0	+/- 0,6%
Udio vlage	DIN EN 20	287%	5,5	+/- 1%

Kako se u novije vrijeme pojačao interes za obnovljivim izvorima, tako je porasla i primjena recikliranog papira. To je papir koji je cijeli ili u određenom postotku izrađen od sekundarnih vlaknaca. Za dobivanje sekundarnih vlaknaca, primarna se vlakanca često podvrgavaju deinking flotaciji, odnosno odbojavanju, kako bi se dobila što čišća smjesa, odnosno pulpa za izradu novih listova papira [3]. U ovom radu korišten je nepremazani (mat) reciklirani papir proizvođača UPM, a karakterizira ga visoka otpornost na vlagu, te u sebi sadrži polietilen. Tehničke karakteristike ovog papira prikazane su u Tablici 3.

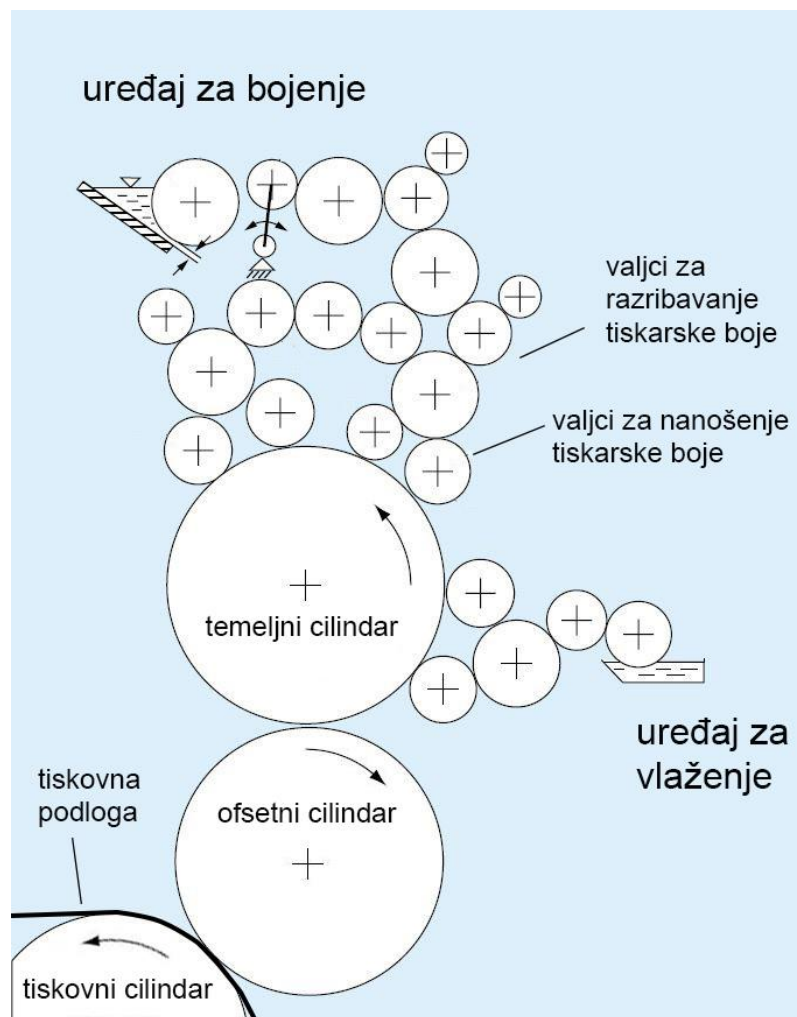
Tablica 3. Karakteristike recikliranog papira

Svojstvo	Standard	Mjerna jedinica	Vrijednost
Gramatura	ISO 536	g/m ²	45
Specifični volumen	ISO 534	g/cm ³	1,5
Svjetlina D65	ISO 2470-2	%	58,0
L-vrijednost D65 (D65/10°)	ISO 5631-2	/	83,4
a-vrijednost D65 (D65/10°)	ISO 5631-2	/	-0,3
b-vrijednost D65 (D65/10°)	ISO 5631-2	/	4,2 - 4,5
Opacitet	ISO 2471	%	93,0 - 95,0
Hrapavost po Bendtsenu	ISO 8791-2	ml/min	100,0 - 205,0

2.3. OFSETNI TISAK

Značajnost ofsetne, odnosno plošne tehnike tiska je da za ostvarivanje otiska koristi otopinu za vlaženje i tiskarsku boju. Tiskovna forma služi za preuzimanje tiskarske boje i otopine za vlaženje, te se uz djelovanje pritiska stvara otisak na tiskovnoj podlozi. Tiskovna forma sastavljena je od tiskovnih površina koje prenose tiskarsku boju i od slobodnih površina na kojima se nalazi otopina za vlaženje. Tiskovne i slobodne površine se nalaze na gotovo jednakoj razini, a otisak se ostvaruje zahvaljujući oleofilnom (hidrofobnom) karakteru tiskovnih površina, te oleofobnom (hidrofilnom) karakteru slobodnih površina. Prema tome, na slobodne površine nanosi se otopina za vlaženje (koju u velikom sastavu čini voda), a na tiskovne površine tiskarska boja [3,4].

Glavne dijelove ofsetnog tiskarskog stroja čine tiskovna jedinica te uređaj za bojenje i uređaj za vlaženje (Slika 1). Tiskovna jedinica je sastavljena od temeljnog, ofsetnog i tiskovnog cilindra. U sklopu uređaja za bojenje, između ostalih, nalaze se valjci za razribavanje tiskarske boje. Kako je već spomenuto, tiskarsku boju u ofsetnom tisku karakterizira visoki viskozitet i stoga je razribavanje vrlo bitno kako bi se omogućilo kvalitetno otiskivanje. Na temeljnom cilindru nalazi se tiskovna forma s koje se tiskarska boja i otopina za vlaženje, posredstvom ofsetnog cilindra, prenose na tiskovnu podlogu koja je smještena na tiskovnom cilindru [4].



Slika 1. Ofsetna tiskarska jedinica s uređajem za bojenje i vlaženje [4]

2.4. UBRZANO STARENJE

Kod mnogih grafičkih proizvoda, vijek trajanja nije uvijek isti. Neki proizvodi poput monografija ili enciklopedija, zahtjevaju dugotrajniju uporabu tijekom koje se ne bi trebali mijenjati. Nažalost, mnoge tiskovne podloge starenjem mijenjaju svoja mehanička i optička svojstva, odnosno gube na svojoj kvaliteti i stabilnosti [6].

U ovom radu, laboratorijski uzorci izloženi su ubrzanom starenju pod povišenom temperaturom. Općenito, ubrzano starenje obuhvaća podvrgavanje tiskovnih podloga, odnosno otisaka određenim klimatskim uvjetima. U ovom slučaju, otisci su izloženi djelovanju temperature od 60°C u periodu od 24, 36 i 72 sata, prema metodi INGEDE 11p. Prema toj metodi, 72 sata ubrzanog starenja ekvivalentno je prirodnom starenju od tri do šest mjeseci [7].

2.5. KOLORIMETRIJSKE VRIJEDNOSTI

Cilj svakog procesa otiskivanja je ostvarivanje što kvalitetnije reprodukcije s minimalnim devijacijama tijekom određenog vremenskog perioda. Te devijacije u tisku mogu se mjeriti i kontrolirati prema određenim standardima. Međunarodni standard koji definira procese u ofsetnom tisku je ISO 23647-2:1998. Za ispitivanje stabilnosti otisaka definiraju su odnosi između prostora boja medija, uređaja ili procesa i uniformiranih prostora boja CIE sustava na kojima se temelji kolorimetrija (CIE XYZ ili CIE L*a*b* ili CIE L*C*h*) [8].

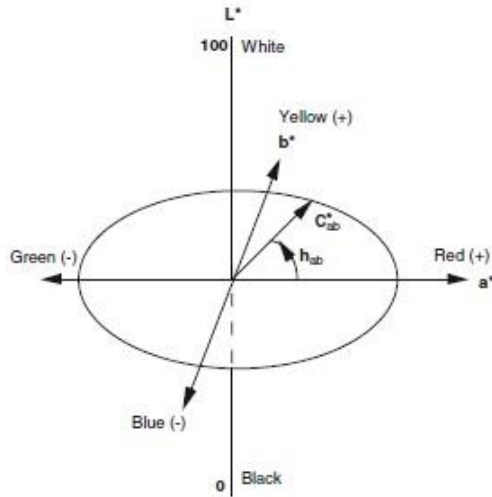
CIE (fra. „*Comission Internationale de l'Eclairage*“) je internacionalna komisija za osvjetljenje i utemeljitelj znanosti o boji, razumijevanju nastanka boje, njenog instrumentalnog mjerenja i brojčanog vrednovanja. CIE L*a*b* prostor boja (Slika 2) temeljen je na objektivnom vrednovanju boja i najbliži je vizualnoj percepciji. Sastoji se od koordinatnog sustava s tri koordinate (x,y i z) gdje x- koordinata predstavlja vrijednost a*, y- koordinata vrijednost L*, a z- koordinata vrijednost b*. Vrijednost L* ima raspon od 0 do 100, gdje 0 označava crni, a 100 bijeli ton boje, te prema tome ta koordinata prikazuje svjetlinu (engl. "*lightness*“). Vrijednost a* u negativnom dijelu koordinatne osi označava zeleni ton (-a*), a u pozitivnom dijelu crveni ton boje (+a*), dok vrijednost b* u negativnom dijelu prikazuje plavi ton (-b*), a u pozitivnom dijelu osi žuti ton boje (+b*) [1,4].

Vrijednost C^* (jednadžba 1) koja definira kromatičnost, te vrijednost H^* (jednadžba 2) koja definira ton boje, izvedene su iz vrijednosti a^* i b^* [1,4].

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

$$h^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (2)$$

Na Slici 2 prikazan je CIEL* a^*b^* i $L^*C^*h^*$ prostor boja.



Slika 2. CIEL* a^*b^* i $L^*C^*h^*$ prostor boja [15]

2.6. NERAVNOMJERNA REPRODUKCIJA TISKARSKJE BOJE

„Motling“, odnosno neravnomjerna reprodukcija tiskarske boje (engl. „*mottle*“) je kvalitativni parametar koji opisuje površinski izgled tiskarske boje na tiskovnoj podlozi. Neki od važnijih faktora koji utječu na neravnomjernu reprodukciju tiskarske boje su : interakcija između tiskarskog stroja i tiskarske boje, interakcija između tiskarskog stroja i tiskovne podloge, interakcija između pigmenta i tiskarske boje, interakcija između tiskovne podloge, tiskarske boje i tiskarskog stroja itd.

Na nepravilnu adsorpciju, odnosno prihvaćanje tiskarske boje uvelike utječe i vrsta tiskovne podloge. Neravnomjerna reprodukcija tiskarske boje javlja se i zbog mogućeg prisutstva ljepljivih tvari u sastavu recikliranog papira, ali i zbog varijacije gustoće obojenja pojedine tiskovne podloge i sl. Do povećanja neravnomjerne reprodukcije tiskarske boje može doći i uslijed promjena u temperaturi i vlazi[5,9].

Postoji nekoliko metoda za definiranje neravnomjerne reprodukcije tiskarske boje, a u daljnjem tekstu spomenute su samo neke od njih. Standard ISO 19751 preporuča mjerenje na površini ne manjoj od 160 mm x 160 mm, na kojoj se potom promatraju varijacije u vrijednostima svjetline, tona, saturacije i sl. Standard također preporuča i program za slikovnu analizu IASLab, od tvrtke QEA [10]. Bernie, Harshad i Gratton su svom istraživanju analizirali i opisali neravnomjernu reprodukciju tiskarske boje na temelju tehnologije valnih oscilacija. Koristili su mjerni instrument („PaperPerfect“ formacije) koji neravnomjernu reprodukciju tiskarske boje definira kao funkciju i prikazuje u obliku vala s određenom skalom vrijednosti [11]. Nadalje, Stančić, Novaković, Tomić i Karlović su u svom istraživanju definirali neravnomjernu reprodukciju tiskarske boje na uzorcima sa 100% RTV, preko programa ImageJ za slikovnu analizu [12]. Neravnomjerna reprodukcija tiskarske boje izražena preko standardne devijacije od vrijednosti L^* , C^* i h^* , promatrana je u eksperimentalnom dijelu ovog rada.

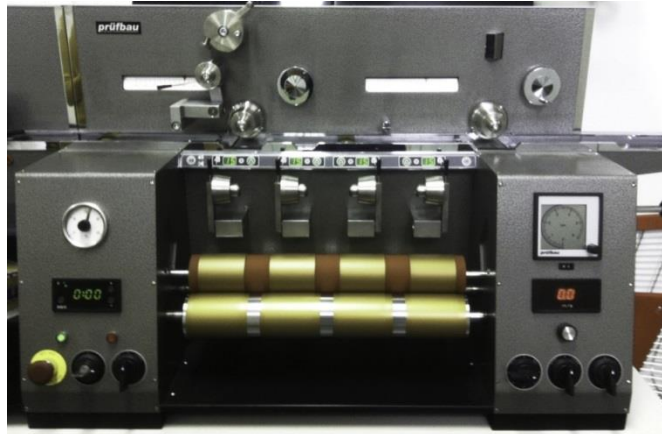
2.7. SLIKOVNA ANALIZA

Slikovna analiza obuhvaća postupke računalne obrade i analize digitalne slike u svrhu nadzora i kontrole procesa. U grafičkoj industriji i industriji papira, slikovna analiza se koristi kod analize npr. neravnomjerne reprodukcije tiskarske boje na tiskovnoj podlozi, nečistoća u papiru, penetracije tiskarske boje itd. Proces slikovne analize obično obuhvaća sljedeće postupke: unos podataka o slici (skeniranje, digitalna mikroskopska slika i sl.), priprema slike za analizu (kontrast, izrez i sl.), analiza slike (uporaba matematičkih i statističkih metoda za dobivanje podataka o slici) i prikaz rezultata (numerički, grafički). Za obradu i analizu slike na računalu potrebna je programska oprema, odnosno program [13].

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. LABORATORIJSKO OTISKIVANJE

Za potrebe ovog rada, pri tiskanju nije korištena otopina za vlaženje. Rađeni su otisci punog tona, bez slobodnih površina na čije mjesto inače dolazi otopina za vlaženje, te je stoga korištena samo tiskarska boja. Za otiskivanje je korišten laboratorijski uređaj Prufbau (Slika 3), koji omogućuje simulaciju ofsetnog tiska. Tiskarska boja, u količini od od 0,2 cm³, uzeta je pipetom, te je nanešena na valjke za razribavanje. Nakon razribavanja od 15 ciklusa, odnosno okretaja, napravljen je prijenos tiskarske boje s valjaka za razribavanje na gumenu tiskovnu formu. Prilikom otiskivanja, namještena je brzina tiskanja od 3 m/s, te pritisak od 150 N/cm². Nakon otiskivanja dobiveni su laboratorijski otisci dimenzija 5 x 24 cm (Slika 4).



Slika 3. Laboratorijski uređaj Prufbau



Slika 4. Laboratorijski otisci

3.2. **UBRZANO STARENJE LABORATORIJSKIH OTISAKA**

Nakon otiskivanja, dobiveni laboratorijski otisci podvrgnuti su ubrzanom starenju pod povišenom temperaturom. Za postizanje uvjeta ubrzanog starenja otisaka pod povišenom temperaturom korišten je sušionik Universal Oven UNB proizvođača Memmert (Slika 5). To je uređaj za prirodnu konvekciju ili prisilnu cirkulaciju zraka koji se može koristiti za učvršćivanje, starenje ili grijanje različitih materijala. U njemu su laboratorijski uzorci tretirani u periodu od 24, 48 i 72 sata. Uzorci su tretirani povišenom temperaturom od 60°C, kako preporučuje metoda INGEDE 11p.

- ❖ Tehničke karakteristike uređaja Universal Oven UNB su:
- ❖ Zračenje: 1400 W
- ❖ Raspon temperature: 20°C – 220°C
- ❖ Prirodna konvekcija ili prisilna cirkulacija zraka
- ❖ Standard: 93/42 EEC [14].



Slika 5. Laboratorijski uređaj Universal Oven UNB

3.3. **MJERENJE LABORATORIJSKIH OTISAKA**

Mjerenje laboratorijskih uzoraka napravljeno je prije i nakon svakog tretmana ubrzanog starenja (nakon 24, 48 i 72 sata). Za mjerenje kolometrijskih vrijednosti zlatne tiskarske boje na laboratorijskim uzorcima korišten je spektrofotometar SpectroEye od proizvođača X-Rite (Slika 6). [15].



Slika 6. Spektrofotometar SpectroEye [15]

Tehničke značajke spektrofotometra SpectroEye su:

- ❖ Geometrija: $45^{\circ}/0^{\circ}$ (ISO 13655:2009, DIN 5033)
- ❖ Mjerna površina: \varnothing 4,5 mm
- ❖ Standardni promatrač (kut promatranja): $2^{\circ}/10^{\circ}$
- ❖ Standardni izvori svjetla: A, C, D50, D65, D75, F2, F7, F11 i F12 [15].

Za potrebe ovog rada korišten je standardni izvor svjetla A, te kut promatranja (standardni promatrač) od 2° .

Za prikaz izgleda otiska, odnosno neravnomjerne reprodukcije tiskarske boje korišten je digitalni mikroskop DinoLite AM413T (Slika 7). To je digitalni mikroskop koji je korišten u kombinaciji sa programom ImageJ za prikaz površine uzoraka [16].

Tehničke značajke mikroskopa DinoLite AM413T su:

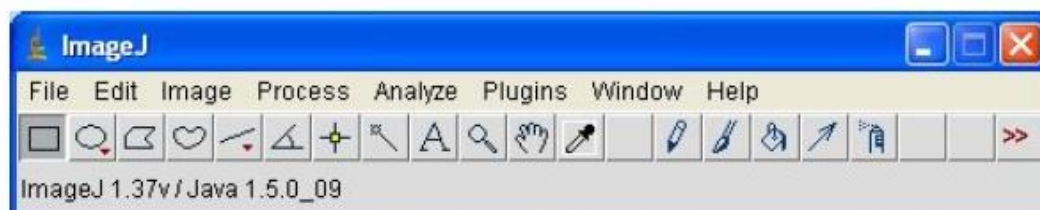
- ❖ Povećanje: 20 - 50 x, 200 x
- ❖ Detektor: Color CMOS 1,3 megapiksela
- ❖ Osvjetljenje: 8 LED dioda
- ❖ Integrirana 3,0 megapiksela CMOS kamera [16]



Slika 7. Mikroskop DinoLite AM413T [16]

3.4. SLIKOVNA ANALIZA LABORATORIJSKIH OTISAKA

U ovom radu, za slikovnu analizu korišten je program ImageJ (Slika 8). ImageJ prigodan je za korištenje u znanstvenom i istraživačkom radu te za vizualizaciju, kreaciju, procesiranje, obradu i analizu slika. U području grafičke industrije, ImageJ se najviše koristi za analizu kvalitete otiska. [13].



Slika 8. Okvir i alatna traka programa ImageJ

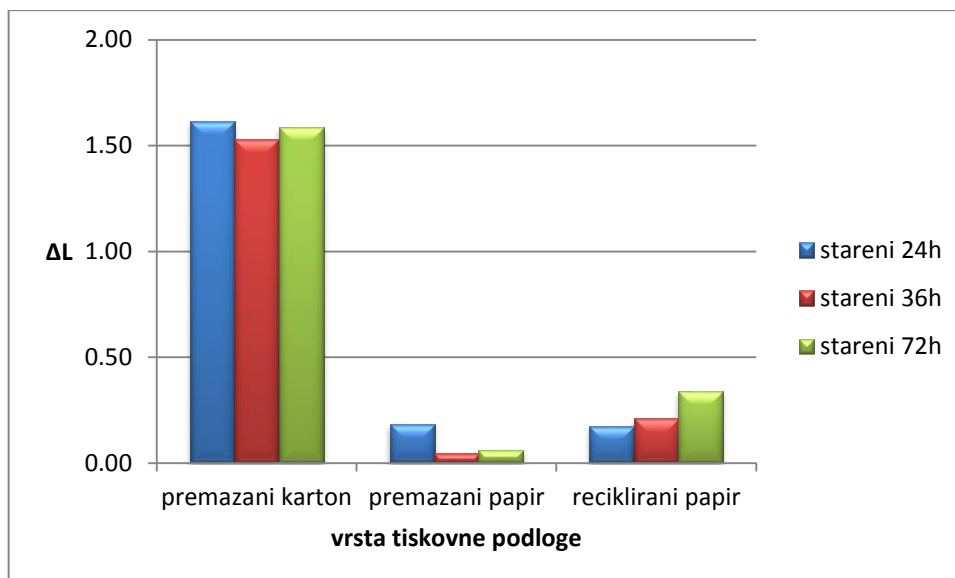
4. REZULTATI I RASPRAVA

Tablica 4 prikazuje L^* , C^* i h^* vrijednosti na sve tri tiskovne podloge (premazanom kartonu, premazanom papiru i recikliranom papiru) nakon otiskivanja, odnosno prije tretmana ubrzanog starenja.

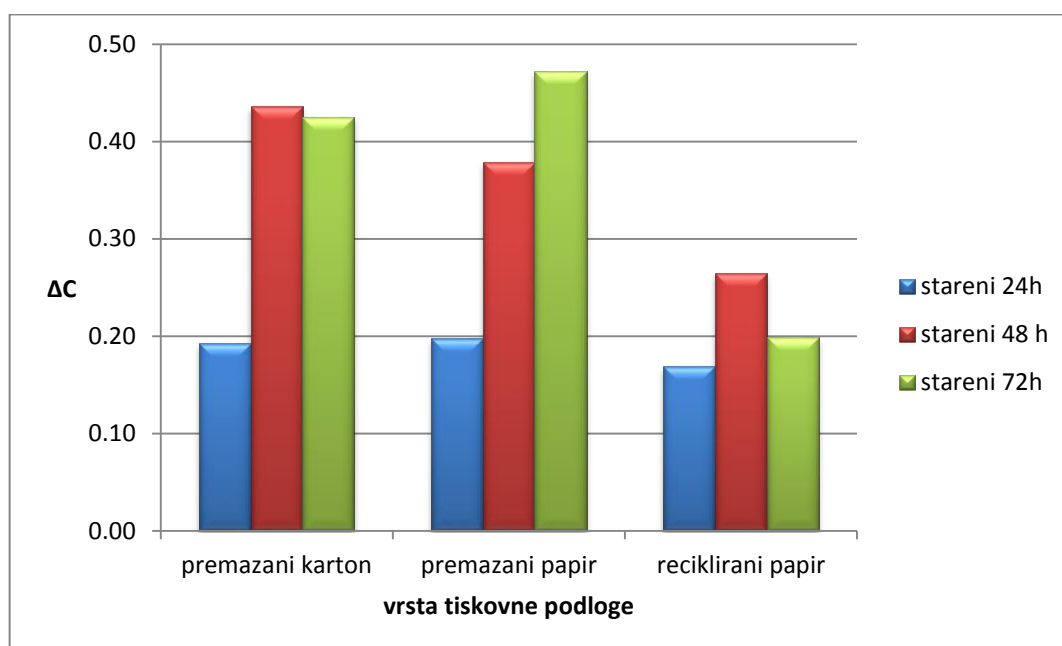
Tablica 4. L^* , C^* i h^* vrijednosti laboratorijskih uzoraka prije ubrzanog starenja

Tiskovna podloga	L^*	C^*	h^*
Premazani karton	67,51	5,83	21,67
Premazani papir	68,92	5,27	21,33
Reciklirani papir	64,99	6,18	21,61

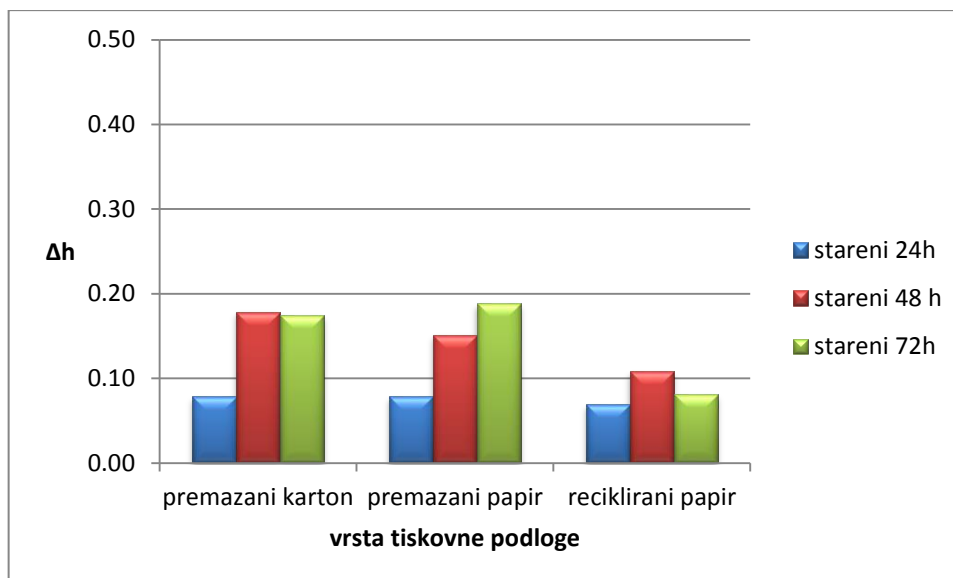
Na sljedećim slikama (Slike 9-11) prikazane su promjene kolorimetrijskih vrijednosti (ΔL^* , ΔC^* i Δh^*) na laboratorijskim uzorcima nakon starenja od 24, 48 i 72 sata, na svim tiskovnim podlogama (premazanom kartonu, premazanom papiru i recikliranom papiru).



Slika 9. ΔL^* nakon starenja od 24, 48 i 72 sata



Slika 10. ΔC^* nakon starenja od 24, 48 i 72 sata



Slika 11. Δh^* nakon starenja od 24, 48 i 72 sata

Tablica 5 prikazuje standardne devijacije od vrijednosti L^* , C^* i h^* na svim tiskovnim podlogama (premazani karton, premazani papir i reciklirani papir) prije tretmana ubrzanog starenja. Preko vrijednosti standardne devijacije gledana je neravnomjerna reprodukcije tiskarske boje.

Tablica 5. Standardne devijacije od vrijednosti L^* , C^* i h^* na laboratorijskim uzorcima prije ubrzanog starenja

Tiskovna podloga	St. Dev. - L^*	St. Dev. - C^*	St.Dev. - h^*
Premazani karton	0,91	0,73	0,09
Premazani papir	0,95	0,30	0,23
Reciklirani papir	0,57	0,27	0,37

Tablica 6 prikazuje standardne devijacije od vrijednosti L^* , C^* i h^* na svim tiskovnim podlogama (premazani karton, premazani papir i reciklirani papir) nakon ubrzanog starenja od 24 h.

Tablica 6. Standardne devijacije od vrijednosti L^* , C^* i h^* na laboratorijskim uzorcima nakon ubrzanog starenja od 24 h

Tiskovna podloga	St. Dev. - L^*	St. Dev. - C^*	St.Dev. - h^*
Premazani karton	0,56	0,46	0,12
Premazani papir	0,64	0,60	0,16
Reciklirani papir	0,54	0,36	0,30

Tablica 7 prikazuje standardne devijacije od vrijednosti L^* , C^* i h^* na svim tiskovnim podlogama (premazani karton, premazani papir i reciklirani papir) nakon ubrzanog starenja od 48 h.

Tablica 7. Standardne devijacije od vrijednosti L^* , C^* i h^* na laboratorijskim uzorcima nakon ubrzanog starenja od 48 h

Tiskovna podloga	St. Dev. - L^*	St. Dev. - C^*	St.Dev. - h^*
Premazani karton	0,48	0,42	0,07
Premazani papir	0,47	0,39	1,16
Reciklirani papir	0,58	0,33	0,34

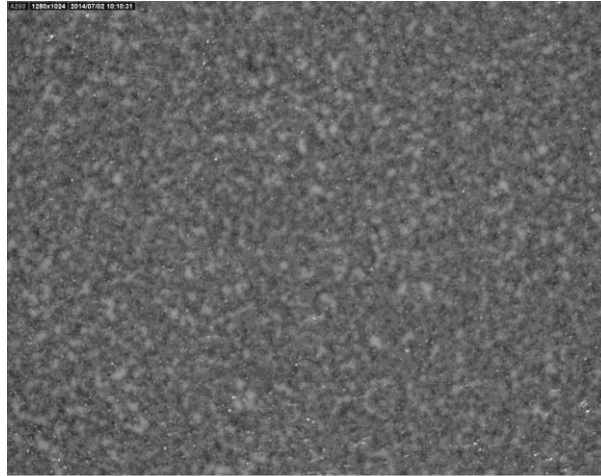
Tablica 8 prikazuje standardne devijacije od vrijednosti L^* , C^* i h^* na svim tiskovnim podlogama (premazani karton, premazani papir i reciklirani papir) nakon ubrzanog starenja od 72 h.

Tablica 8. Standardne devijacije od vrijednosti L^* , C^* i h^* na laboratorijskim uzorcima nakon ubrzanog starenja od 72 h

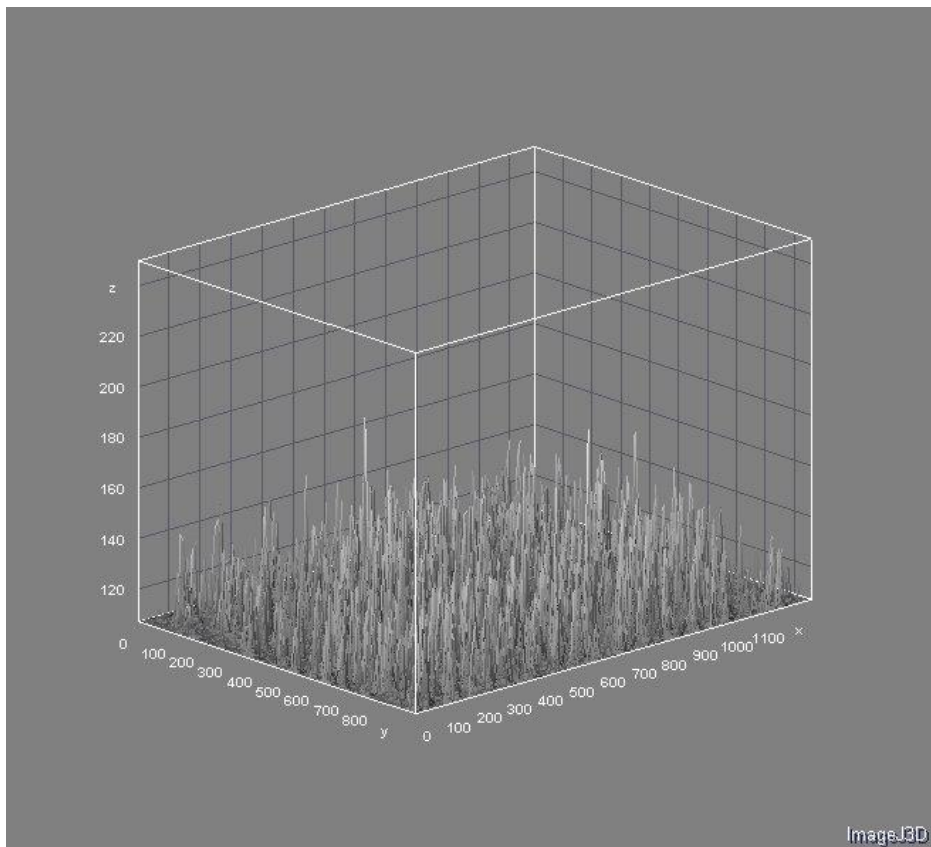
Tiskovna podloga	St. Dev. - L^*	St. Dev. - C^*	St.Dev. - h^*
Premazani karton	0,40	0,36	0,10
Premazani papir	0,75	0,70	1,80
Reciklirani papir	0,54	0,20	0,22

Na sljedećim slikama prikazane su mikroskopske snimke otisaka i 3D prikazi površina otisaka dobivenih iz programa ImageJ. Prikazane su slike uzoraka prije ubrzanog starenja, te nakon ubrzanog starenja od 72 h.

Mikroskopska snimka i 3D prikaz otiska na premazanom kartonu, prije tretmana ubrzanog starenja prikazani su na slikama 12 i 13.

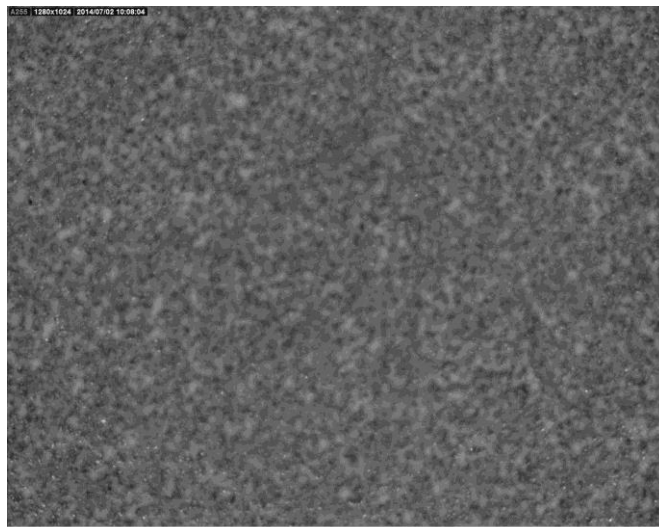


Slika 12. Mikroskopska snimka otiska na premazanom kartonu prije ubrzanog starenja

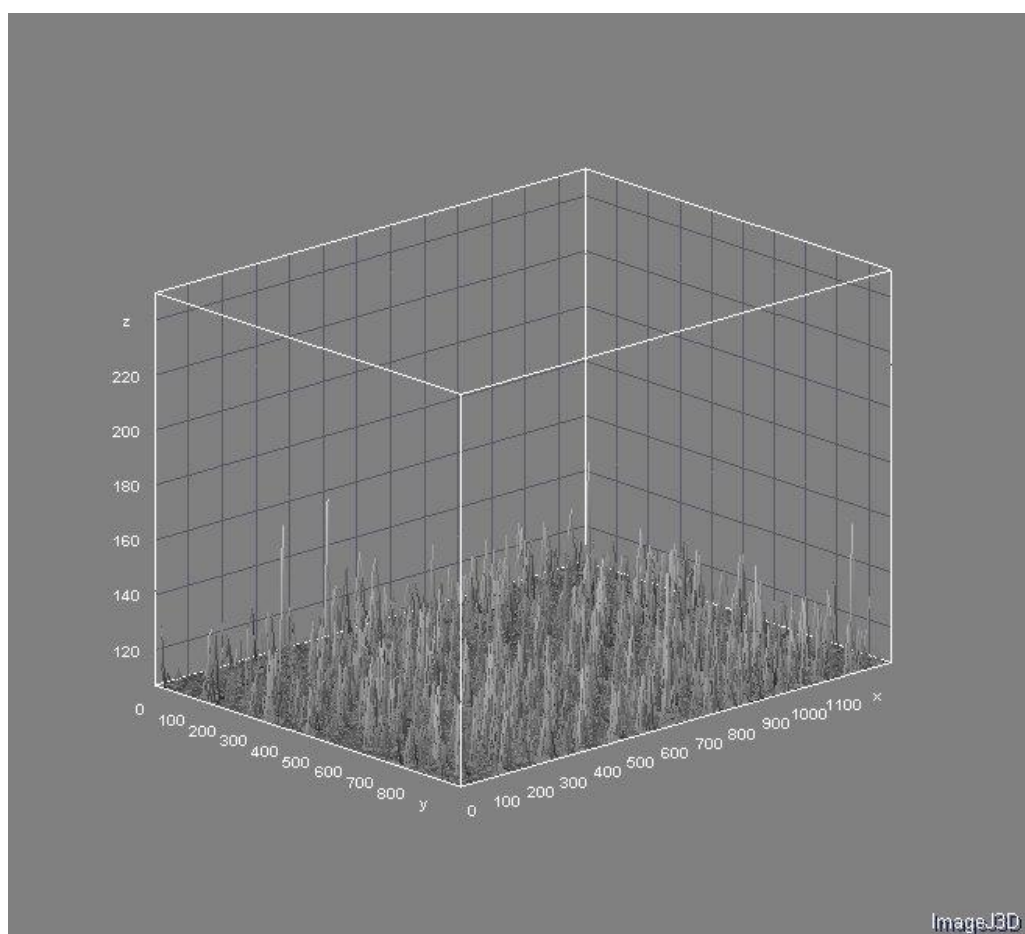


Slika 13. 3D prikaz površine otiska na premazanom kartonu prije ubrzanog starenja

Mikroskopska snimka i 3D prikaz otiska na premazanom papiru, prije tretmana ubrzanog starenja prikazani su na slikama 14 i 15.

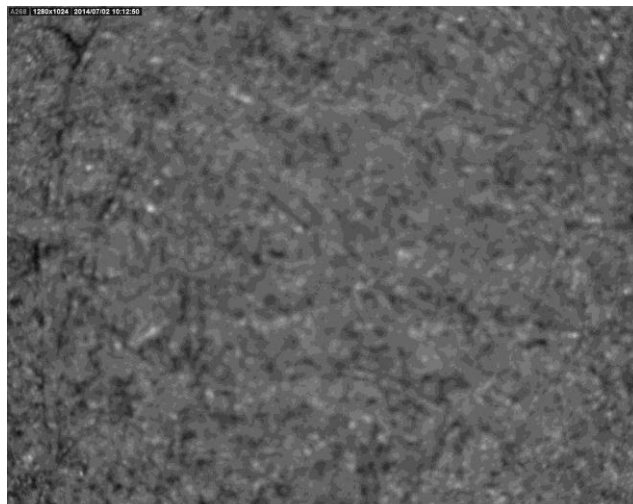


Slika 14. Mikroskopska snimka otiska na premazanom papiru prije ubrzanog starenja

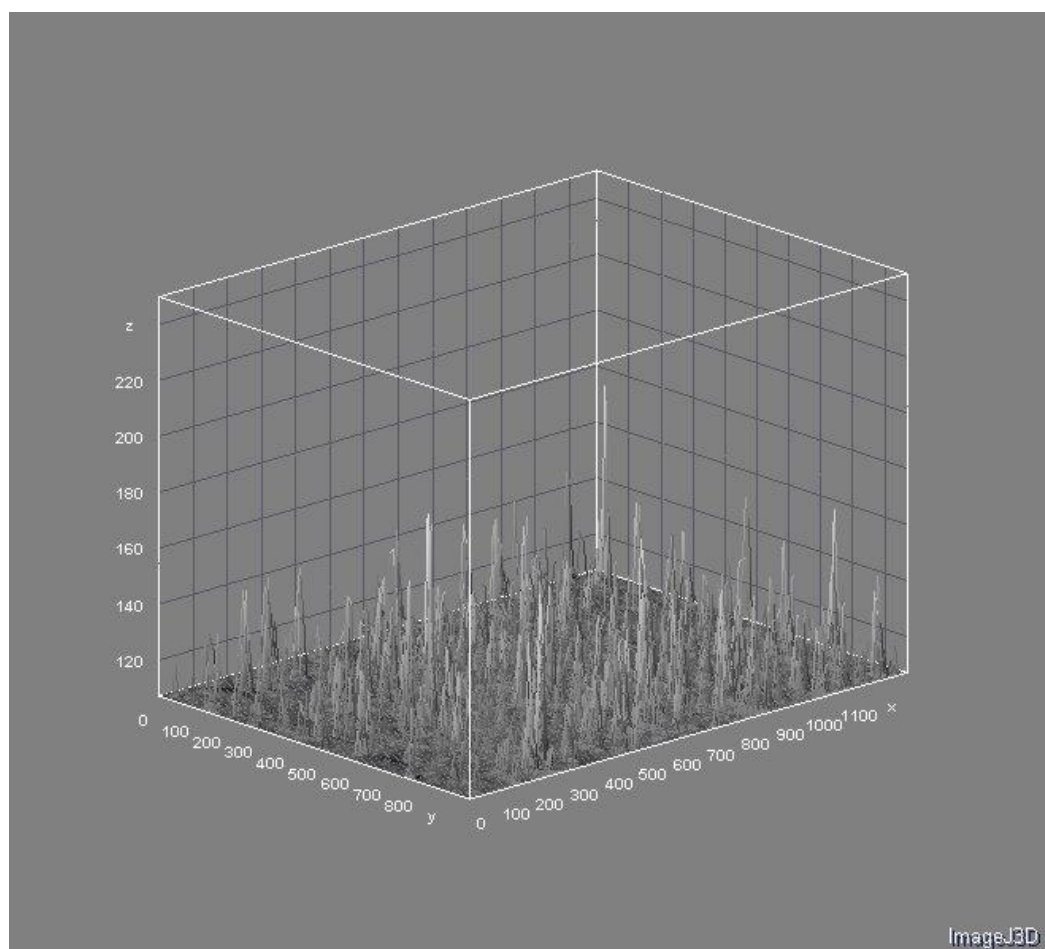


Slika 15. 3D prikaz površine otiska na premazanom papiru prije ubrzanog starenja

Mikroskopska snimka i 3D prikaz otiska na recikliranom papiru, prije tretmana ubrzanog starenja prikazani su na slikama 16 i 17.

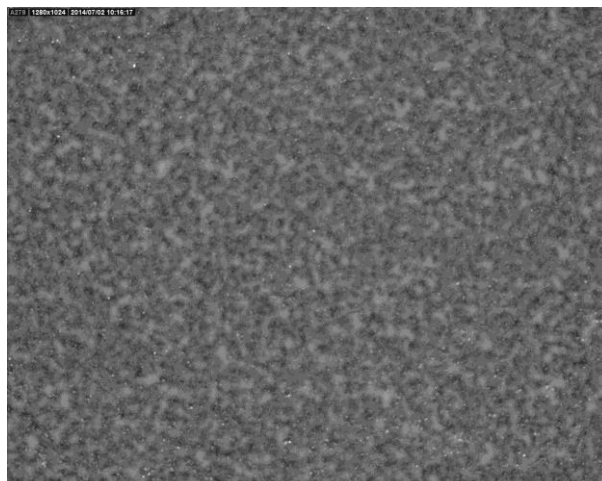


Slika 16. Mikroskopska snimka otiska na recikliranom papiru prije ubrzanog starenja

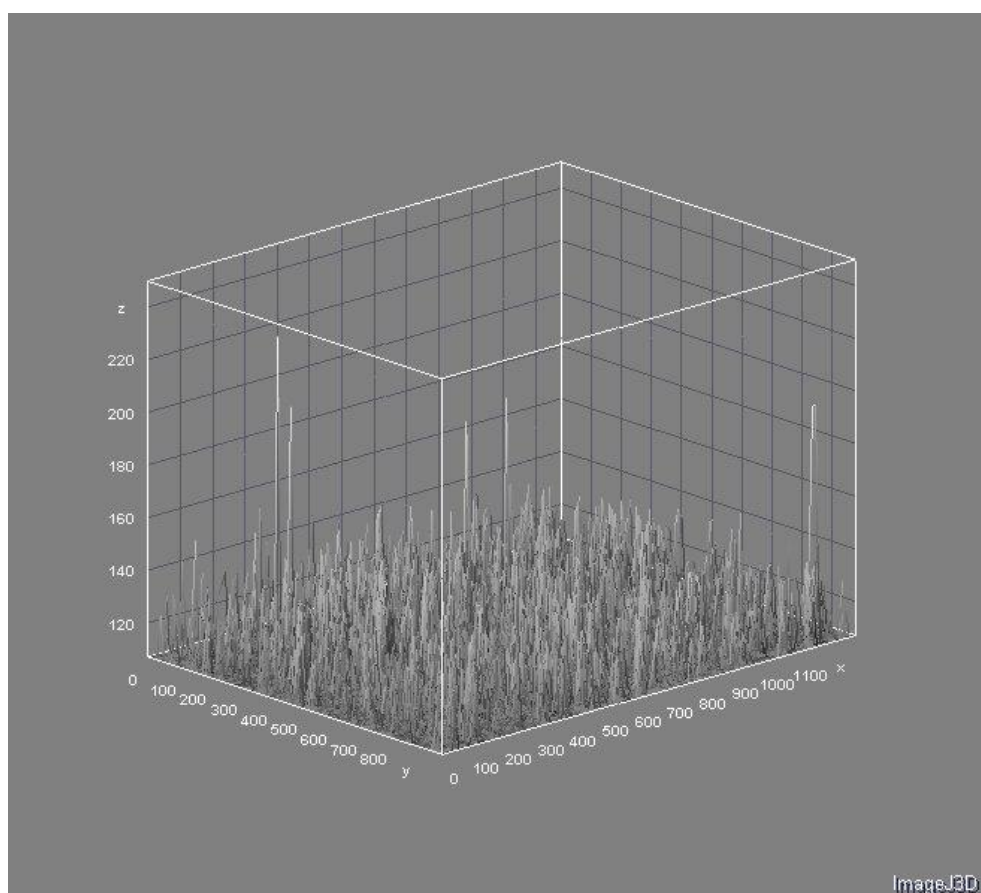


Slika 17. 3D prikaz površine otiska na recikliranom papiru prije ubrzanog starenja

Mikroskopska snimka i 3D prikaz otiska na premazanom kartonu nakon ubrzanog starenja od 72 h prikazani su na slikama 18 i 19.

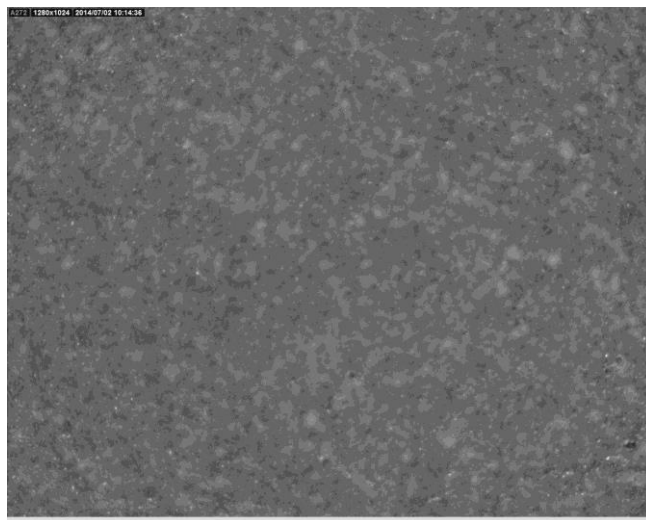


Slika 18. Mikroskopska snimka otiska na premazanom kartonu nakon ubrzanog starenja od 72 h

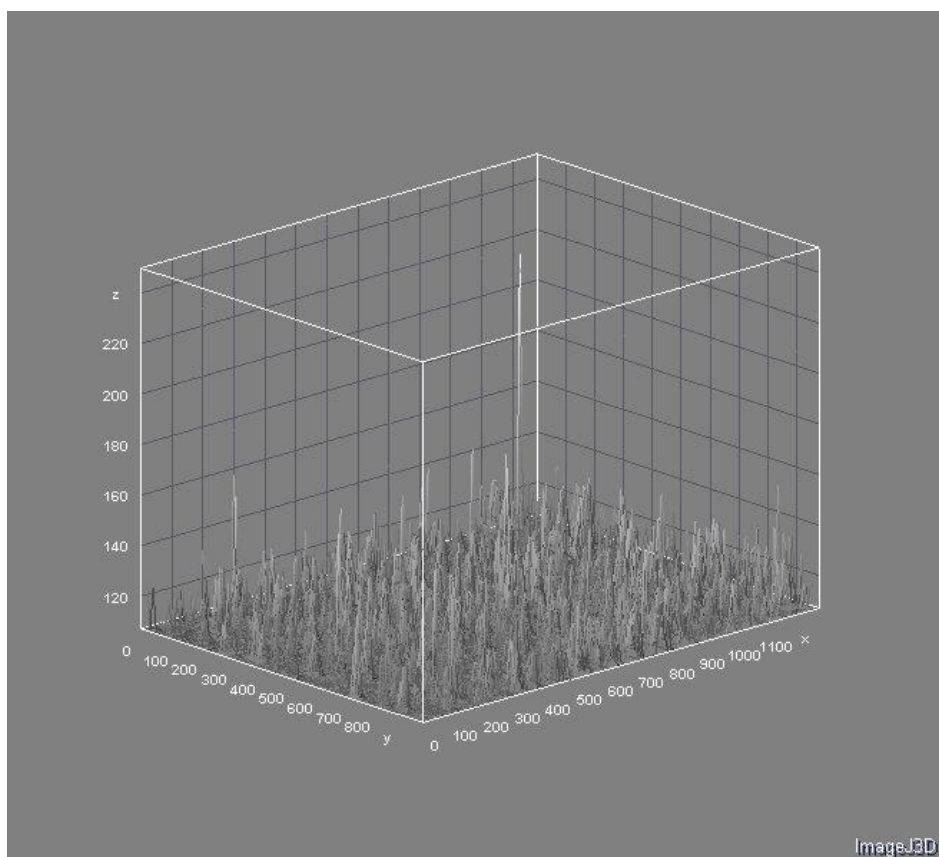


Slika 19. 3D prikaz površine otiska na premazanom kartonu nakon ubrzanog starenja od 72

Mikroskopska snimka i 3D prikaz otiska na premazanom papiru, nakon ubrzanog starenja od 72 h prikazani su na slikama 20 i 21.

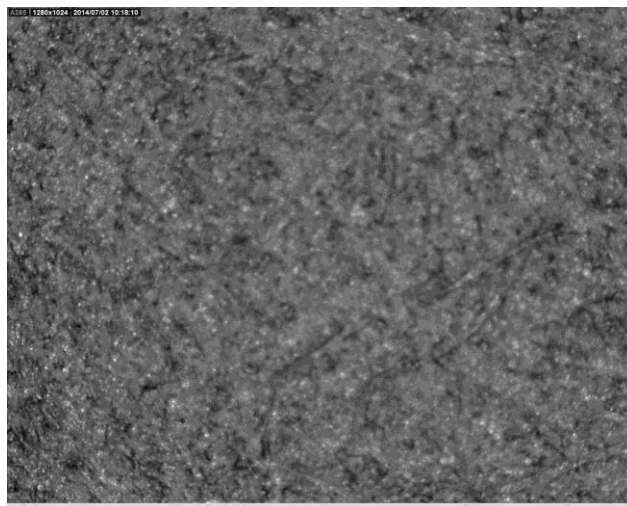


Slika 21. Mikroskopska snimka otiska na premazanom papiru nakon ubrzanog starenja od 72 h

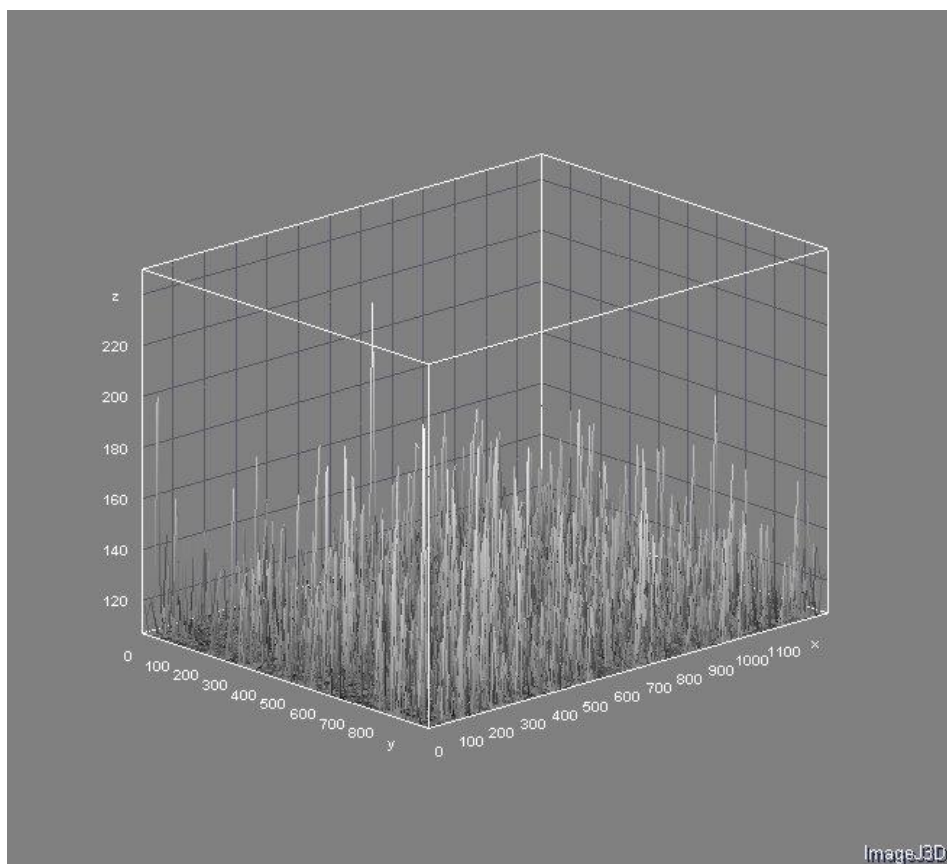


Slika 21. 3D prikaz površine otiska na premazanom papiru nakon ubrzanog starenja od 72 h

Mikroskopska snimka i 3D prikaz otiska na recikliranom papiru, nakon ubrzanog starenja od 72 h prikazani su na slikama 22 i 23.



Slika 22. Mikroskopska snimka otiska na recikliranom papiru nakon ubrzanog starenja od 72 h



Slika 23. 3D prikaz površine otiska na recikliranom papiru nakon ubrzanog starenja od 72 h

Promatrajući rezultate kolorimetrijskih vrijednosti, primjećuje se da je do najveće promjene je došlo u svjetlini. Promjena u svjetlini (ΔL^*) je velika na laboratorijskim otiscima na premazanom kartonu, nakon sva tri vremena starenja (24, 48 i 72 h). Tu je najveća promjena dobivena nakon prvog starenja, od 24 h ($\Delta L^*=1,62$). Promjene u svjetlini su nešto manje na premazanom i recikliranom papiru.

Veće promjene u kromatičnosti dobivene su na premazanom kartonu i premazanom papiru, a pogotovo nakon ubrzanog starenja od 48 i 72 h. Najveća je promjena uočena na premazanom papiru nakon ubrzanog starenja od 72 sata ($\Delta C^*=0,47$).

Od mjerenih kolorimetrijskih vrijednosti, ton boje se najmanje promjenio uslijed ubrzanog starenja. Neznatne promjene dobivene su na premazanom kartonu i recikliranom papiru, a najveća od njih je ona na premazanom kartonu nakon starenja od 72 h ($\Delta h^*=0,19$).

Na nestarenim laboratorijskim uzorcima, standardna devijacija je najveća kod svjetline, dok je kod kromatičnosti i tona boje nešto manja. Najveća dobivena vrijednost devijacije svjetline je na premazanom papiru (0,95) i premazanom kartonu (0,91).

Nakon 24 h ubrzanog starenja, povećanje standardne devijacije dobiveno je kod vrijednosti kromatičnosti i tona boje na premazanom i recikliranom papiru, te vrijednosti tona boje na premazanom kartonu.

Vrijednosti standardne devijacije također su se povećale i nakon sljedećeg perioda ubrzanog starenja od 48 h, kod vrijednosti tona boje na premazanom i recikliranom papiru.

Nakon ubrzanog starenja od 72 h, povećana vrijednost standardne devijacije dobivena je samo kod premazanog papira.

Na mikroskopskim snimkama i 3D prikazima laboratorijskih uzoraka nakon ubrzanog starenja od 72 h, uočene su promjene u otiscima. Na uzorcima prije starenja vidljiva je intenzivno zlatna boja, dok je ta boja puno slabija nakon starenja od 72h. Ovim snimkama potvrđuju se mjerni rezultati, primjećuje se da je došlo do promjene u nanosu tiskarske boje i do promjene u svjetlini boje.

Ako se promatra 3D prikaz uzoraka prije i nakon ubrzanog starenja od 72h, također su vidljive promjene u površini, a one su najviše izražene kod premazanog papira.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu ovog istraživanja, može se zaključiti kako povišena temperatura od 60°C u periodu od 24, 48 i 72 h ima utjecaj na svjetlinu laboratorijskih uzoraka tiskanim sa zlatnom tiskarskom bojom na premazanom kartonu, premazanom papiru i recikliranom papiru. Povišena temperatura u navedenim periodima ima najmanji utjecaj na promjenu tona boje, te malo veći utjecaj na promjenu kromatičnosti. Neravnomjerna reprodukcija tiskarske boje je najizraženija na premazanom papiru već nakon ubrzanog starenja od 48h.

Budući da se zlatna tiskarska boja obično koristi za tisak zahtjevnijih višebojnih reprodukcija namjenjenih za duži vremenski period, preporučljivo je koristiti premaze kako bi se izbjegle eventualne neželjene promjene na otiscima.

6. LITERATURA

1. Ming Ronnier, L., (2006), Applying colour science in colour design, ScienceDirect
2. Zjakić, I., (2007), Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Hrvatska Sveučilišna naklada, Zagreb
3. Bann, D.,(2006), The All New Print Production Handbook, Watson-Guptill Publications, New York
4. Kiphan, H., (2001), HandBook of Print Media, Berlin, Springer
5. NIIR Board, (2003), The Complete Technology Book on Printing Ink, Asia Pacific Business Press Inc., New Delhi, India
6. Majnarić, I., (2004), Kvaliteta digitalnih otisaka uvjetovana starenjem tiskovne podloge, magistarski rad, Grafički fakultet, Zagreb
7. International Association of the Deinking Industry (INGEDE), (2009), Assessment of Print Product Recyclability- Deinkability Test, Method 11p, 74321 Bietigheim-Bissingen, Germany
8. Valdec, D., Ivančić, S., Vusić, D., (2009), Kalibracija i karakterizacija reprodukcijskog procesa tiska na temelju ISO specifikacija, Veleučilište u Varaždinu, Varaždin
9. Thompson, B., (2004), Printing materials, science and technology, 2nd ed., London
10. Dhopade, A., Image Quality assessment according to ISO 13660 and ISO 19751
11. Bernie, J-P., Pande, H., Gratton, R., Measurement of print mottle by wavelet analysis and effect of sheet formation on the printability of the uncoated fine paper,
12. Stančić, M., Novaković, D., Tomić, I., Karlović, I., (2012), Influence of substrate and screen thread count on reproduction of image elements in screen printing, Acta Graphica 23 (2012) 1-2, 1-12
13. Irena Bertić, Tadeja Muck, Gorazd Golob, Dejana Đorđević, Primerjava kvaliteta odtisov v fleksotisku –Tiskarske barve na osnovi organskih topil in UV barve-, Grafična fakulteta v Zagrebu, Getaldićeva 2, 10000 Zagreb, Naravoslovnotehniška fakulteta, Snežniška 5, Ljubljana
14. ***http://www.nabertherm.com/produkte/labordental/labordental_englisch.pdf, 15.03.2014.
15. ***http://www.xrite.com/product_overview.aspx?ID=764, 15.03.2014.
16. ***<http://www.dino-lite.eu/downloads/productsheets/AM4023.pdf> , 10.08.2014.