

KALIBRACIJA I KARAKTERIZACIJA REPRODUKCIJSKOG PROCESA TISKA NA TEMELJU ISO SPECIFIKACIJA

Valdec D.¹, Ivančić S.¹, Vusić D.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: Na kvalitetu otiska u suvremenoj grafičkoj tehnologiji utječe velik broj čimbenika. Stoga ih je potrebno kontrolirati na temelju standardnih vrijednosti kako bismo dobili predvidljiv i ponovljiv rezultat. Da bi se mogli ostvariti ujednačeni otisci visoke kvalitete, u reproduksijski proces je potrebno ukomponirati upravljanje bojama (eng. color management) s dobrom kalibracijom i izrađenim ICC profilima tiskarskih strojeva. U ovom radu analiziran je reproduksijski proces na osnovi ISO specifikacija.

Gljučne riječi: karakterizacija, kalibracija, ISO specifikacije, kolorimetrija

Abstract: A great number of factors influence the quality of print in modern graphic technology. Thus it is important to control them on the basis of standard values in order to get a predictable and easily repeated outcome. For the realization of standardized prints of high quality, it is necessary to implement "color management" in the reproduction process together with quality calibration and ICC profiles of printing machines. This paper will present complete analysis of reproduction process based on ISO specifications.

Key words: characterization, calibration, ISO specifications, colorimetry

1. UVOD

Cilj svakog procesa tiska je što kvalitetnija reprodukcija originala te minimalna devijacija boje tijekom procesa. Standardizacija tiskarskih procesa u ofset tisku definirana je međunarodnim standardom ISO 12647-2 : 1998.

Da se informacija o boji točno transferira iz jednoga medija u drugi i da su performanse medija pri tome stabilne, provode se dva postupka standardizacije. To su kalibracija i karakterizacija, a razlikovne definicije između ovih pojmova dao je 1996. Johnson:

Kalibracija je podešavanje (ugađanje) medija, uređaja ili procesa tako da on daje ponovljive vrijednosti. Kako bi se ostvarila visoka vjernost u procesu reprodukcije boja, prvi korak je osigurati da medij može konzistentno reproducirati istovjetne boje iz istovjetnih ulaznih podataka (informacija o boji).

Karakterizacija definira odnose 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*).

2. ISO SPECIFIKACIJE ZA OFSET TISAK

Kada je riječ o upravljanju bojama, uvijek se postavlja pitanje vezano uz korekciju CIE L*a*b* vrijednosti za procesne boje. Te vrijednosti su definirane i opisane u internacionalnom standardu ISO 2864 i ISO 12647-2.

ISO 12647-2 (ofset tisk na arke i revijalni rotacijski ofset tisk) definira parametre i metode ispitivanja, potrebne uvjete za izradu probnog otiska te proizvodnju. Ovi standardi ne sadrže samo ciljane kolorimetrijske vrijednosti za pet razreda klasifikacije papira već i specifikacije vezane uz rad s bojama, prirast rastertonskih vrijednosti, pravilo rastriranja i ostale parametre.

Standardi proizvodnje klasificiraju papire za tisk u pet razreda i specificiraju CIELAB vrijednosti boja za proizvodna bojila prikazano u tabeli 1.

Tabela 1. CIELAB vrijednosti za pet kategorija papira mjereni na bijeloj podlozi [5]

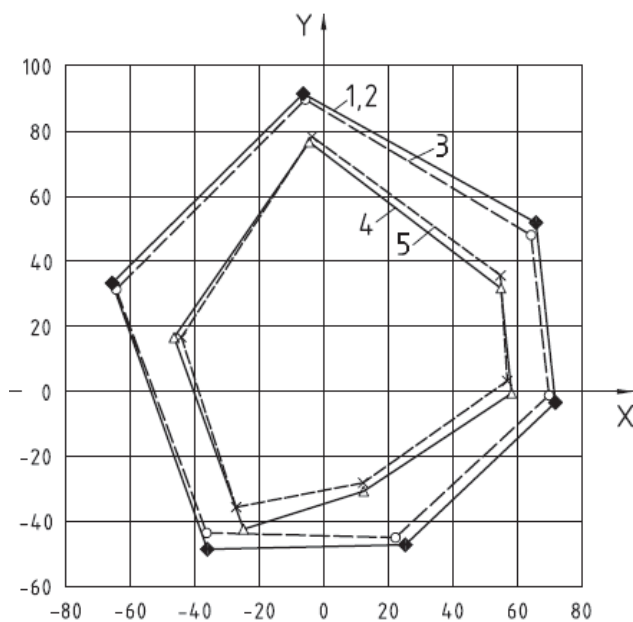
Paper grade	L*	a*	b*	Gloss	Grammage g/m ²
1. glossy coated wood-free	95	0	-2	65	115
2. matt coated wood-free	94	0	-2	38	115
3. glossy LWC	92	0	5	55	65
4. uncoated white	95	0	-2	6	115
5. uncoated yellowish	90	0	9	6	115
Tolerance	±3	±2	±2	±5	

¹ Specified values per ISO/CD 12 647 - 2.2: D50, 2°, 0/45 or 45/0

Tabela 2. CIELAB vrijednosti primarnih i sekundarnih boja mjenjenih na punim poljima za pet kategorija papira mjenjenih na bijeloj podlozi [5]

Paper grade	1+2			3			4			5		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
on white substrate												
Black	16	0	0	20	0	0	31	1	1	31	1	3
Cyan	55	-37	-50	58	-38	-44	60	-26	-44	60	-28	-36
Magenta	48	74	-3	49	75	0	56	61	-1	54	60	4
Yellow	91	-5	93	89	-4	94	89	-4	78	89	-3	81
Red (M+Y)	49	69	52	49	70	51	54	58	32	53	58	37
Green (C+Y)	50	-68	33	51	-67	33	53	-47	17	50	-46	17
Blue (C+M)	20	25	-49	22	23	-47	37	13	-33	34	12	-29

¹ Specified values per ISO/CD 12 647 - 2.2: D50, 2°, 0/45 or 45/0



Slika 1. Gamut boja za 5 različitih kategorija papira prikazan u CIELAB kolornom prostoru [5]

Tabela 3. CIELAB ΔE tolerancije primarnih boja na punim poljima [5]

	Black	Cyan	Magenta	Yellow
Variation	5	5	5	5
Fluctuation	4	4	4	5

Tabela 4. Prirast rasterskog elementa za 5 kategorija papira mjereno na polima od 40% i 80% RTV-a [5]

Screen	Paper grade 1				Paper grade 2				Paper grade 3				Paper grade 4				Paper grade 5			
	K	C	M	Y	K	C	M	Y	K	C	M	Y	K	C	M	Y	K	C	M	Y
40%	16	13	13	13	16	13	13	13	19	16	16	16	22	19	19	19	22	19	19	19
80%	13	11	11	11	13	11	11	11	13	11	11	11	14	12	12	12	14	12	12	12

3. EKSPERIMENTALNO

3.1. Metodologija

Tiskovne forme za kalibraciju i karakterizaciju izrađene su na CtP uređaju Creo Trendsetter 3244VF Spectrum, amplitudno moduliranim rasterom finoće 60 lin/cm. Za proces otiskivanja je korišten šesterobojni tiskarski stroj Roland 706 formata B1, a kao tiskovna podloga papir za umjetnički tisak (1. kategorija papira prema ISO 2864). Nakon izrade otisaka na stroju, na papiru za umjetnički tisak, radi se kalibracija u skladu s procedurom opisanom u točki 3.2.

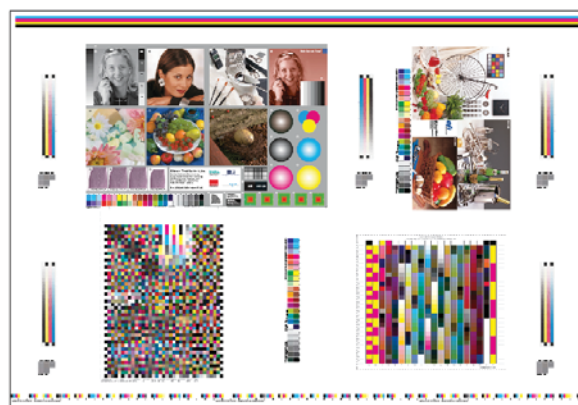
Denzitometrijske vrijednosti na dobivenim otiscima mjerene su X- Rite 508 denzitometrom, a kolorimetrijske vrijednosti boja pomoću spektrometra GretagMachbeth Eye-One. Kao rezultat mjerenja uzeta je srednja vrijednost triju mjerenja svakog pojedinog polja za svaku osnovnu boju tiska. Mjerenja se odvijaju pod ISO 13655 uvjetima: 0/45, D50, 2°, CIELAB.

Proračunava se kolorimetrijska razlika (ΔE^*) na temelju izmjerenih vrijednosti na otisku i ciljanih CIELAB vrijednosti (tabela 1., 2., i 4.).

Prema ISO 12647-2 definirane su dopuštene tolerancije ΔE u odnosu na ciljane vrijednosti za:

- srednju vrijednost (eng. average) 4
- maksimalnu vrijednost 10
- papir 3
- cyan, magentu, žutu, crnu 5

Testna forma sastoji se od nekoliko obaveznih kontrolnih elemenata koji služe za vizualno vrednovanje otiska te za mjerenje određenih karakteristika boja na otisku. [1]



Slika 2. Izgled testne forme za tisak [9]

3.2. Kalibracija tiskarskog stroja

Kalibracija tiskarskog stroja ovisi o mnogo faktora koji se moraju uzeti u obzir, počevši od nabavljenih bojila u skladu sa standardom ISO 2846-1, zatim vrstom tiskovne podloge te uvjetima tiska.

Tiskovnu podlogu na kojoj tiskamo moramo na temelju njenih svojstava svrstati u neku od 5 kategorija kako bismo rezultate mjerenja usporedili s adekvatnim vrijednostima.

Kalibracija se sastoji od 5 osnovnih faza rada:

1. Izrada lineariziranih tiskovnih formi

Prvi korak je priprema testne forme koja sadrži kontrolne stripove za kontrolu parametara boje pomoću spektrometrijskih i denzitometrijskih mjernih metoda. Potrebno je kalibrirati proces za izradu tiskovnih formi, što se određuje mjerenjem tiskovnih formi te definiranjem krivulje osvjetljavanja (eng. expose curve). Na taj način se izrađuju linearizirane tiskovne forme.

2. Tisak testne forme

Tisak počinje malim nanosom bojila CMYK boja i kontinuirano se povećava sve do prekomjernog nanosa. Kada se obojenje na otisku na stroju dovedu u okvire ISO specifikacije, treba odabrati nekoliko najboljih otisaka i na njima vidjeti što se događa s prijenosom rastertonskih vrijednosti na podlogu.

3. Mjerenje otisnutog arka papira

Prvo se provjerava promjena gustoća obojenja po cijeloj širini arka. Razlika između najmanje i najveće vrijednosti gustoće obojenja ne smije prelaziti 10%, a ako prelazi tada treba podesiti valjke za razribavanje bojila.

CIELAB vrijednosti boja (ISO 13655 uvjeti mjerenja: 0/45, D50, 2°, CIELAB) i odgovarajuće vrijednosti gustoće obojenja punih polja mjere se u mokrom stanju. Zatim se pohranjuju kao vrijednosti za mokri arak, a ti će se podaci koristiti kao ciljane vrijednosti za sljedeće korake.

Pojedinačni arci iz serije tiska se vrednuju najranije nakon 20 sati zato što se standardne CIELAB vrijednosti odnose na osušeni arak i to na temelju srednje vrijednosti tri mjerenja.

Utvrđuje se povećanje rastertonskih vrijednosti na otisku (eng. Dot gain ili Tone Value Increase-TVI) i postavlja se kao osnova za bilo kakve promjene ili podešavanja LUT krivulja (eng. Look Up Table) na RIP-u za CMYK boje.

4. Izrada korigiranih tiskovnih formi i ponovni tisak

Nakon korekcije, LUT krivulja na RIP-u tiskovne forme se ponovno osvjetljavaju i tada se tiska novim gustoćama obojenja punog polja.

5. Verifikacija

U ovoj fazi rada mora se provjeriti jesu li promjene ili podešavanja RIP LUT krivulja dale rezultat na otisku. Postignute vrijednosti u tisku moraju odgovarati denzitometrijskim specifikacijama punog tona te specifikacijama vezanim za prirast rasterskog elementa prema kategorizaciji prirasta ovisno o vrsti tiskovne podloge.

Pojedinačni parametri (CIELAB vrijednosti, gustoća obojenja, povećanje tonske vrijednosti) ponovno se sprema kao parametri tiska i postave kao ciljane vrijednosti.

Sva podešavanja moraju se ponoviti za svaki tip papira i pojedinačno postaviti jer kolorimetrijske vrijednosti i povećanje tonske vrijednosti ovisi o materijalu na kojem se tiska.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Pojedinačni arci iz serije tiska se vrednuju najranije nakon 20 sati kada se arak osuši. Pomoću uređaja za mjerenje, na određenim poljima mjernih klinova mjere se karakteristike boja koje su relevantne za kontrolu kvalitete u tisku.

Obavezni elementi mjerne evaluacije otiska su CIELAB vrijednosti i na njima se bazira kalibracija reprodukcijskog procesa, dok ostale karakteristike boja pripadaju informativnima.

4.1. CIELAB vrijednosti boja

Na temelju izmjerenih CIELAB vrijednosti za papir, CMYK i RGB boje i ciljanih vrijednosti definiranih prema ISO standardu, proračunava se kolorimetrijska razlika. Te se vrijednosti uspoređuju s dopuštenim tolerancijama. Ako su odstupanja veća od dopuštene

tolerancije, tada se izrađuju korigirane tiskovne forme na osnovi korekcije LUT krivulja te se ponovno tiska njima i ponavlja se izrada kalibracije.

Tabela 6. Kolorimetrijska razlika za papir te puna polja CMYK i RGB boja s označenom minimalnom, maksimalnom te srednjom vrijednošću

DeltaE / Lab	
PaperTyp	1
	DeltaE
Paper	2,08
K	8,34
C	4,78 min
M	7,87
Y	9,08
R	5,83
G	14,30 max
B	12,20
	8,06 avg

Tabela 7. Kolorimetrijska razlika za tiskovnu podlogu

DeltaE/MW	
Paper	2,08 OK
Avg	8,06 Fail
Max	14,30 Fail

Na temelju rezultata mjerenja može se zaključiti da samo papir i cyan imaju dopušteno odstupanje od standarda, dok ostale vrijednosti odstupaju izvan dopuštenih granica. Vidljivo je da maksimalna i srednja vrijednost ΔE za CMYK i RGB boje odstupaju više u odnosu na dopuštene tolerancije.

4.2. Denzitometrijske vrijednosti boja

Gustoća obojenja

Vrijednost gustoće obojenja za papir i osnovne boje u tisku mjeri se na punom polju, a konačna srednja vrijednost određuje se na osnovi tri mjerenja.

Tabela 8. Gustoća obojenja za CMYK boje

Dens.S	k	c	m	y
C	0,71	1,32	0,40	0,17
M	0,65	0,26	1,48	0,85
Y	0,11	0,09	0,14	0,92
K	1,35	1,33	1,35	1,35

Tabela 9. Gustoća obojenja za papir

Dens.Paper	
C	0,07
M	0,07
Y	0,05
K	0,07

Na temelju izmjerenih i standardnih vrijednosti, prema ISO 5-3 za kategorizaciju papira 1 utvrđeno je da je izmjerena vrijednost za magentu prema standardu, cyan i žuta imaju prihvatljivu vrijednost dok crna ima odstupanje veće od dopuštenog.

Prirast rastertonske vrijednosti

Za konstruiranje krivulje prirasta RTV potrebno je izmjeriti postotak pokrivenosti površine na poljima od 0% do 100% u koracima od 10%.

Prema kategorizaciji prirasta, za tu vrstu materijala (krivulja prirasta A) definirane su standardne vrijednosti prirasta kod 40% i 80% za CMYK boje prikazane u tabeli 4.

Tabela 10. Prirast RTV za CMYK

DotGain CMY@40%/70%, K@40%/80%

C	40	70
IZMJERENA VRIJEDNOST	17,98	13,02
CILJANA VRIJEDNOST	13	11
M	40	70
IZMJERENA VRIJEDNOST	13,92	9,82
CILJANA VRIJEDNOST	13	11
Y	40	70
IZMJERENA VRIJEDNOST	16,32	11,87
CILJANA VRIJEDNOST	13	11
K	40	80
IZMJERENA VRIJEDNOST	19,68	9,00
CILJANA VRIJEDNOST	16	13

Na osnovi ciljanih vrijednosti može se reći da je prirast unutar dopuštenih granica, osim za cyan (40%) te crnu (80%).

Relativni tiskovni kontrast

Relativni tiskovni kontrast je jedan od pokazatelja kvalitete reprodukcije, a mjeri sposobnost tiskovnog procesa da reproducira tamne tonove.

Tabela 11. Relativni tiskovni kontrast za CMYK

PrintContrast CMY@70%, K@80%

C	39,39
CILJANA VRIJEDNOST	38
M	48,65
CILJANA VRIJEDNOST	38
Y	32,61
CILJANA VRIJEDNOST	33
K	26,67
CILJANA VRIJEDNOST	43

Izmjerene vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta za cyan i žutu su unutar dopuštenog odstupanja, dok su za magentu i crnu odstupanja prevelika.

Prihvaćanje bojila, pogreška tona, sivoća boje

Tabela 12. Prihvaćanje bojila kod tiska boje na boju

ApparentTrap		
R	63,22	70
G	94,25	80
B	63,83	75

Tabela 13. Pogreška tona i sivoća CMY boja

HueError		
C	20,00	20
M	48,36	46
Y	6,02	5
Greyness		
C	12,88	14
M	17,57	14
Y	9,78	6

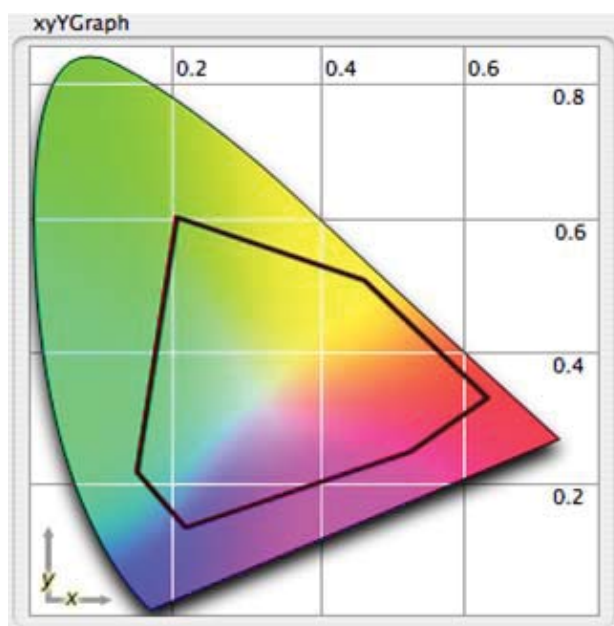
Na temelju izmjerenih vrijednosti (drugi stupac) te ciljanih vrijednosti (treći stupac) utvrđeno je da su odstupanja unutar dopuštenog.

4. 3. ICC profil reprodukcijskog procesa

Karakterizacija reprodukcijskog procesa ovisi o cijelom nizu varijabli koje je potrebno kontrolirati tijekom tiska. Kao konačni rezultat karakterizacije, izrađuje se izlazni ICC profil, a jedan od podataka koji sadržava je raspon boja ili gamut koji takav sistem može reproducirati.

Izrada ICC profila zasniva se na mjerenjima spektralne refleksije izmjerene na testnoj karti za profilaciju izlaznih uređaja pomoću spektrometra. Za potrebe mjerenja korišten je spektrofotometar GretagMacbeth Eye-One. Testna karta definirana je prema uređaju za mjerenje, a za ovaj rad je korištena testna karta TC3.5 CMYK i1 (A3) PM 5.0.5 koja sadrži 540 polja za mjerenje. Takav ICC profil se koristi u izradi grafičke pripreme te kod izrade probnog otiska.

Za prikazivanje gamuta korištena je aplikacija ColorShop X tako da su gotovi profili prikazani kao graf u kolornom prostoru CIE xyY, a pojedine točke grafa su definirane kromatskim koordinatama x i y (slika 3.).



Slika 3. Prikaz gamuta boja reprodukcijskog procesa u kolornom prostoru CIE xyY

5. ZAKLJUČAK

U radu je pokazana metoda kalibracije reprodukcijskog procesa bazirana prije svega na CIELAB mjerenjima s otiska u odnosu na standardne vrijednosti definirane ISO specifikacijama.

Korištenjem karti boja za mjerljive karakteristike boja, moguće je na relativno jednostavan način određeni reprodukcijski proces kontrolirati kako bismo dobili ujednačenu i ponovljivu kvalitetu otiska.

Kao što je vidljivo iz rezultata, sama kalibracija nakon prvog tiska testnih formi ne daje zadovoljavajuće rezultate, odnosno neke karakteristike boja odstupaju od dopuštenih granica. Da bi se vrijednosti dovele unutar dopuštenih odstupanja, radi se korekcija pomoću LUT krivulja i tisak se ponavlja.

Kalibracija reprodukcijskog procesa ovisi o samoj metodi i uređajima koje koristimo. Potrebno je i znanje korisnika te dobro provedeno mjerenje. Ljudski faktor često utječe na ostvarene rezultate pa je važna stalna edukacija kadrova i adekvatna primjena ISO specifikacija. Nakon uspješno provedene kalibracije reprodukcijskog procesa, važna je i kontinuirana verifikacija i kontrola prema zadanom standardu.

6. LITERATURA

- [1] Fogra, Control Device, FOGRA Forschungsgesellschaft Druck
- [2] Gustavson s.;, Color Gamut of Halftone Printing , Journal of Imaging Science and Technology, 1997
- [3] Heidelberg, Colour & Quality, Heidelberger Druckmaschinen AG, 1999.
- [4] Huber group, Technical information, Technical information hubergroup, 2004.
- [5] ISO 2004, International standard ISO 12647-2, ISO 2004.
- [6] Sharma A., Understanding Color Management, Thomas delmar learning, 2004.
- [7] Zjakić I., Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Hrvatska sveučilišna naklada Zagreb, 2007.
- [8]<http://ourworld.compuserve.com/homepages/tobiasinc/TAPages/bulletins.htm> , Dostupno: 28.12.2009.
- [9] <http://www.altonatestsuite.de/en/index.php> , Dostupno: 28.12.2009.
- [10] <http://www.rpimaging.com/store/CID133> , Dostupno: 28.12.2009.
- [11] <http://www.colourmanagement.net/pressgear.html> , Dostupno: 28.12.2009.