

# Studija deformacije rasterskih elemenata hibridnoga rastriranja u novinskom tisku

---

**Dobrić, Eugen**

**Doctoral thesis / Doktorski rad**

**2013**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:735080>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-28**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

Eugen Dobrić

**STUDIJA DEFORMACIJE RASTERSKIH  
ELEMENATA HIBRIDNOGA RASTRIRANJA  
U NOVINSKOM TISKU**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2013.



Sveučilište u Zagrebu

FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Eugen Dobrić

**THE STUDY OF SCREEN ELEMENTS  
DEFORMATION OF HYBRID SCREENING  
IN NEWSPAPER PRINT**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2013.



Sveučilište u Zagrebu  
GRAFIČKI FAKULTET

Eugen Dobrić

**STUDIJA DEFORMACIJE RASTERSKIH  
ELEMENATA HIBRIDNOGA RASTRIRANJA  
U NOVINSKOM TISKU**

DOKTORSKI RAD

Mentor:  
doc. dr. sc. Igor Zjakić

Zagreb, 2013.





Sveučilište u Zagrebu  
FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Eugen Dobrić

**THE STUDY OF SCREEN ELEMENTS  
DEFORMATION OF HYBRID SCREENING  
IN NEWSPAPER PRINT**

DOCTORAL THESIS

Supervisor:  
doc. dr. sc. Igor Zjakić

Zagreb, 2013.

**UDK BROJ: 655.3.026.12:658.562**

***Povjerenstvo za ocjenu doktorske disertacije:***

1. prof. dr. sc. Stanislav Bolanča, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, predsjednik,
2. doc. dr. sc. Igor Zjakić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, mentor,
3. doc. dr. sc. Mario Barišić, Sveučilište u Osijeku Filozofski fakultet, vanjski član,
4. prof. dr. sc. Nikola Mrvac, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, zamjenski član
5. izv. prof. dr. sc. Antoneta Tomljenović, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, zamjenska vanjska članica.

***Povjerenstvo za obranu doktorske disertacije:***

1. prof. dr. sc. Nikola Mrvac, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, predsjednik
2. doc. dr. sc. Igor Zjakić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, mentor
3. doc. dr. sc. Mario Barišić, Sveučilište u Osijeku Filozofski fakultet, vanjski član
4. izv. prof. dr. sc. Vesna Džimbeg-Malčić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, zamjenska članica
5. izv. prof. dr. sc. Antoneta Tomljenović, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, zamjenska vanjska članica.

***Datum obrane doktorske disertacije:*** 31. listopada 2013.g.

***Mjesto obrane doktorske disertacije:*** Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet

***Povjerenstvo za obranu doktorske disertacije donijelo je sljedeću odluku:***

„Obranio – jednoglasnom odlukom Povjerenstva“

**Zagreb, 31. listopada 2013.g.**

*Kéeri Idi*

S velikim poštovanjem se želim zahvaliti svima koji su mi pružili pomoć u izradi ovoga rada.

Najprije, svome mentoru doc. dr. sc. Igoru Zjakiću i dr. sc. Ireni Bates na dragocjenim sugestijama i savjetima koji su ovom radu dali znanstvenu kvalitetu. Potom Tiskari Zagreb, te g. Mariju Miloševiću i g. Igoru Simiću koji su mi omogućili da istraživanje obavim na rezultatima iz realne proizvodnje.

Posebno zahvaljujem svojoj obitelji na bezuvjetnoj podršci i vjeri u uspjeh ovoga projekta.

# SADRŽAJ

1	Uvod.....	13
1.1	Svrha istraživanja .....	13
1.2	Problem .....	14
1.3	Ciljevi i zadaci istraživanja .....	14
2	Teoretski dio.....	16
2.1	Svjetlost i ljudska percepcija.....	16
2.1.1	Ljudsko osjetilo vida .....	19
2.1.2	Kromatski dijagram.....	22
2.1.3	Fotometrija .....	23
2.1.4	Aditivni i suptraktivni model boja .....	24
2.1.5	Prikaz boja u prostoru .....	26
2.1.6	Ljudsko oko.....	34
2.2	Višebojni tisak.....	38
2.3	Povijesni razvoj višebojnog tiska.....	39
2.4	Princip i povijesni razvoj plošnog tiska .....	41
2.5	Povijesni razvoj ofsetnog tiska.....	45
2.6	Tiskarske boje .....	51
2.7	Otopina za vlaženje .....	51
2.8	Papir .....	54
2.9	Gumeni plaštevci za roto-ofsetni tisak.....	56
2.10	Glavni dijelovi strojeva za novinski tisak .....	56
2.10.1	Stalci za koloture ili nosači role papira .....	56
2.10.2	Izmjena rola papira.....	57
2.10.3	Napinjanje papirne trake .....	57
2.10.4	Kontrola pasera .....	58
2.10.5	Građa tiskovnih agregata.....	58
2.10.6	Bojenje na novinskim strojevima .....	63
2.10.7	Vlaženje na novinskim strojevima .....	65
2.10.8	Sušenje boja.....	66
2.10.9	Upravljanje tiskom .....	67
2.11	Kvaliteta novinskog tiska .....	67
2.11.1	Karakterizacija i izrada profila za tiskarski proces .....	70

2.11.2	ISO standardi.....	72
2.11.3	Kontrola kvalitete i uloga kolor menadžmenta u novinskom tisku.....	80
2.11.4	Denzitometrija.....	86
2.11.5	Rastriranje .....	105
2.11.6	Gustoća obojenja.....	119
2.11.7	Prirast rasterskog elementa.....	121
2.11.8	Cirkularnost čestica.....	130
2.11.9	Punoća čestica (eng. Solidity).....	131
2.11.10	Uzroci deformacije rasterskog elementa.....	131
2.12	Computer to Plate tehnologija.....	132
2.12.1	Povijesni razvoj CtP tehnologije.....	132
2.12.2	Vrste CtP uređaja .....	133
2.12.3	Postupci kopiranja.....	135
2.13	Post Script .....	136
3	Eksperimentalni dio.....	137
3.1	Dosadašnja istraživanja.....	137
3.2	Planiranje.....	139
3.3	Korišteni materijali.....	141
3.3.1	Tiskovna podloga .....	141
3.3.2	Tiskovna boja .....	142
3.3.3	Pufer .....	142
3.3.4	Tiskovne forme .....	142
3.3.5	Gume za ofsetni tisak .....	144
3.4	Korišteni strojevi.....	145
3.4.1	Tiskarski stroj.....	145
3.4.2	CtP.....	146
3.5	Korišteni alati .....	146
3.5.1	Mjerni uređaj X-rite Spectroeye.....	146
3.5.2	Mikroskop Dino-lite.....	148
3.5.3	Softver za slikovnu analizu ImageJ.....	148
3.6	Metodologija rada .....	149
4	Rezultati istraživanja.....	151
4.1	Mjerna analiza.....	151
4.1.1	Izračunavanje stvarne rastertonske vrijednosti .....	151

4.1.2	Konstrukcija krivulja i krivulja ISO standarda .....	151
4.1.3	Određivanje raspona prirasta rastertonske vrijednosti (Di).....	156
4.1.4	Vrijednosti spektralne refleksije (spektrofotometrijske krivulje) .....	158
4.2	Slikovna analiza .....	166
4.2.1	Analiza ukupnog prirasta rastertonske vrijednosti .....	166
4.2.2	Analiza utjecaja podloge na prirast rastertonske vrijednosti.....	171
4.2.3	Analiza broja čestica .....	192
4.2.4	Cirkularnost čestica .....	193
4.2.5	Punoća čestica .....	194
4.3	Vizualna analiza kvalitete .....	195
5	Sinteza rezultata .....	198
6	Diskusija rezultata istraživanja.....	202
6.1	Analiza kvalitete.....	202
6.1.1	Mjerna analiza kvalitete .....	202
6.2	Slikovna analiza .....	210
6.2.1	Analiza ukupnog prirasta .....	210
6.2.2	Analiza utjecaja podloge .....	214
6.2.3	Analiza broja čestica .....	217
6.2.4	Analiza cirkularnosti rasterskih elemenata .....	218
6.2.5	Analiza punoće rasterskih elemenata .....	218
6.3	Vizualna analiza kvalitete .....	219
6.4	Sinteza rezultata .....	220
7	Zaključci.....	225
8	Literatura .....	228
9	Popis slika, tablica i formula .....	233
10	Prilozi .....	241
10.1	Prilog 1 .....	241
10.2	Prilog 2 .....	242
10.3	Prilog 3 .....	244
10.4	Prilog 4 .....	260

## **SAŽETAK**

Novinski ofset tisak, zbog najekonomičnije proizvodnje, postao je brojem otisaka na tržištu najzastupljenija tiskarska tehnika za dnevne, tjedne i mjesečne tiskane medije. No, premda najzastupljenija, tradicionalno je smatrana i najmanje zahtjevnom tehnikom, jer se koristila za proizvodnju tiskovina koje su vrijedne samo jedan dan, pa se u novinski tisak uvijek ulagalo najmanje truda u standardizaciju i ujednačenu kvalitetu. Novinske rotacije koncipirane su kao manje zahtjevne od revijalnog ofsetnog tiska. Na izgled i kvalitetu otisnutog proizvoda u novinskom tisku utječe niz faktora od kojih su neki od presudne važnosti i morali bi biti kontrolirani tijekom proizvodnje cijele naklade - gustoća obojenja i prirast rastertonskih vrijednosti. Kako bi se novinska reprodukcija smatrala kvalitetno otisnutom, glavni uvjet je pravilno reproduciranje svih rasterskih elemenata. Prijelazno modulirani - hibridni rasterski element kombinira tradicionalnu amplitudno-moduliranu tehniku rastriranja s frekventno-moduliranom tehnikom prvenstveno na način da koristi pozitivne čimbenike jednog i drugog rastriranja u malim, srednjim i velikim rastertonskim vrijednostima.

Istraživanjem se ispitaio utjecaj geometrijske i optičke deformacije rasterskih elemenata hibridnog rastriranja na kvalitetu tiska, komparirani su rezultati mjerenja deformacije rastertonskih vrijednosti koji su u izravnoj vezi s dobivenom kvalitetom, te su stavljeni u korelaciju s rezultatima subjektivnog istraživanja. Također su denzitometrijskim i spektrofotometrijskim metodama analizirane gustoće obojenja otisaka kroz cijelu nakladu. Promatrana svojstva su valorizirana znanstvenim metodama i prezentirana grafičkim prikazima. Predložene su nove vrijednosti preporučenih prirasta rastertonskih vrijednosti u novinskom ofsetnom tisku s hibridnim rasterskim elementima. Ustanovljen je utjecaj prevladavajuće, reciklirane tiskovne podloge na kvalitetu reprodukcije.

Povezivanjem rezultata mjernih (objektivnih) i vizualnih (subjektivnih) analiza omogućeno je definiranje kriterija kvalitete s kojim će se na osnovu istraživanja postaviti kriteriji za postizanje veće kvalitete reprodukcije.

### ***Ključne riječi:***

*novinski tisak, kvaliteta novinskog tiska, gustoća obojenja, prirast rastertonske vrijednosti, reciklirana tiskovna podloga*



## ***ABSTRACT***

Newspaper print (coldset), because of the most economic production, became quantitatively the most used print technology for the daily, weekly and monthly printed media on the market. Although used the most, it is also traditionally considered the least demanding technology as it was used for editions that have daily value. That is the reason why the least effort was invested in standardization and uniformed quality. The printing machines for coldset are conceptualized as less demanding then those in magazine heatset print. A variety of different factors affect the appearance and quality of printed product, some of which are of crucial importance and should be monitored during the whole circulation - print density and dot gain of screen elements. Newspaper print can be considered of satisfactory quality if all of the screen elements were reproduced correctly. Hybrid screening element combines traditional amplitude modulation with frequency modulation, primarily in such a way that it uses positive effects of both types of modulation in the low, middle and high screen values.

The research was conducted to exam the impact of hybrid screening element's geometric and optical deformation on printing quality. The results of the screen element's deformation values were compared as they are directly linked to the gained quality and so they are correlated with the results of the subjective research. Densities of prints through whole circulation were analyzed by densitometric and spectrophotometric methods. The observed characteristics were valorized by scientific methods and presented by graphic overviews. New values of dot gain for screen elements in coldest were recommended. The impact of prevailing, recycled printing substrate on printing quality was determined.

Interlinking the results of measured (objective) and visual (subjective) analyses rendered possible the definition of the criterion for reproduction quality. This criterion gained by research will set values for gaining higher reproduction quality.

### ***Key words:***

*newspaper print, coldest reproduction quality, print density, dot gain of the screen element, recycled printing substrate*

# 1 Uvod

## 1.1 *Svrha istraživanja*

Izdavači, zbog svjetske ekonomske krize, nastoje smanjiti troškove tiska svojih izdanja, pa ih sve češće tiskaju u novinskom ofsetnom tisku. Glavne prednosti ove vrste tiska su ekonomičnost i kratki rokovi isporuke velikih naklada. No, uz nižu cijenu i veću brzinu izrade, kvaliteta proizvoda ipak je u većini slučajeva najvažniji preduvjet zadovoljstva naručitelja. Zato je svakom izdavaču važno da tisak svog proizvoda obavlja u tiskari koja se vodi sustavno s visokom razinom kontrole kvalitete. Na izgled i kvalitetu otisnutog proizvoda utječe niz faktora od kojih su neki od presudne važnosti i morali bi biti kontrolirani tijekom proizvodnje cijele naklade - gustoća obojenja i prirast rastertonske vrijednosti. Preduvjet uspjeha je kvalitetno reproduciranje rasterskih elemenata čija se veličina tijekom proizvodnog procesa mijenja. Za razliku od proizvodnih procesa gdje je proizvod vezan za stabilan unos, u tisku svaki proizvod ima različit dizajn i različite potrebe. Međudjelovanje repromaterijala nije u potpunosti razjašnjeno, pa se ne može uvijek predvidjeti. Primjer je emulziranje tiskarske boje na otisku, apsorpcija tiskovnih podloga, utjecaj temperature i brzine tiska na tiskarskom stroju i drugo. Iako je nemoguće predvidjeti znanstveno međudjelovanje materijala, moguće je dati preporuke za svaki materijal koristeći raspoložive standarde. Na taj način moguće je detektirati devijacije eliminacijom nepoznatih elemenata u procesu tiska. S ciljem kontrole kvalitete tiska razvijeni su raznovrsni alati koji se razlikuju od jedne do druge institucije, ali svi imaju istu svrhu, omogućiti i olakšati vođenje tiska te povećati kvalitetu tiska.

U ovom radu, istraživanje najvažnijih faktora koji determiniraju kvalitetu, provesti će se na probnim otiscima napravljenima na novinskoj rotaciji sa, za ovu svrhu, specijalno pripremljenim tiskovnim formama, koristeći repromaterijale koji su prvenstveno zbog svoje ekonomičnosti trenutno najzastupljeniji u proizvodnji.

Mjereni parametri dati će jasan zaključak koliko repromaterijali utječu na krajnju kvalitetu proizvoda. Definiranjem kriterija kvalitete reprodukcije, koji ovisi o korelaciji i povezivanju izabranih kvalitativnih parametara, iznijet će se novi prijedlog za opisivanje ukupne kvalitete novinskog tiska.

## **1.2 Problem**

Odabirom rasterske tehnologije uvelike se može utjecati na krajnju kvalitetu reprodukcije u proizvodnji, djelomično nadilazeći ostale utjecaje u procesu grafičke pripreme i tiska. Različite vrste rasterskih elemenata imaju svoje prednosti i mane koje su mjerljive preko geometrijskog i optičkog prirasta rastertonske vrijednosti. Hibridno rastriranje zamišljeno je kao tehnologija koja nadilazi probleme tehnologija rastriranja koje su joj prethodile. Slikovnom analizom moguće je dobiti detaljan uvid u utjecaj ove tehnologije na krajnju kvalitetu proizvoda. Također, tiskovna podloga s velikim udjelom reciklirane sirovine sve je više u upotrebi u novinskom ofsetnom tisku. Za pretpostaviti je da učinak reciklirane sirovine ima utjecaj na prirast rastertonske vrijednosti zbog nečistoća u sastavu tj. vlaknaca na kojima nije na zadovoljavajući način proveden deinking, pa njihova optička svojstva odskoču od ostatka podloge.

## **1.3 Ciljevi i zadaci istraživanja**

Zadatak ovog rada jest proučiti kritične točke u analizi kvalitete reprodukcije, nastale otiskivanjem u novinskoj ofset tiskarskoj tehnici. Svaka reprodukcija u tisku trebala bi težiti visokoj kvaliteti uz optimalizaciju materijalnih troškova. Iz tog razloga, ispitivanje kvalitete izvesti će se na reprodukciji nastaloj u realnoj proizvodnji.

Kvaliteta reprodukcije istraživati će se na osnovi kvalitativnih parametara vrijednosti geometrijskog i optičkog prirasta rastertonske vrijednosti, kao i deformaciji rasterskih elemenata, pomoću denzitometarskih i spektrofotometrijskih metoda. Istraživanje će pokazati potrebne minimalne pomake, odnosno dodatke prirasta rastertonske vrijednosti. Biti će ispitivane korekcije od +3, +6 i +9 posto prirasta rastertonske vrijednosti na sredini raspona cijelog tonaliteta.

Slikovnom analizom i eliminacijom optičkog prirasta ustanoviti će se realni prirast rasterskog elementa kod hibridnog rastriranja. Nakon mjernih analiza, kvaliteta reprodukcije definirati će se na osnovi nekoliko vizualnih parametara na osnovu kojih će se odrediti ukupna kvaliteta reprodukcije ovisna o promjenama osnovnih CMYK boja u srednjim tonalitetima. Ustanoviti će se raspon obojenja kroz nakladu. Temeljem dobivenih rezultata, iz mjernih i vizualnih analiza definirat će se nove preporuke kvalitete reprodukcije u novinskom tisku.

Ustanoviti će se da je za kvalitetu tiska bitno kako i u kojoj količini tiskovna forma prenosi

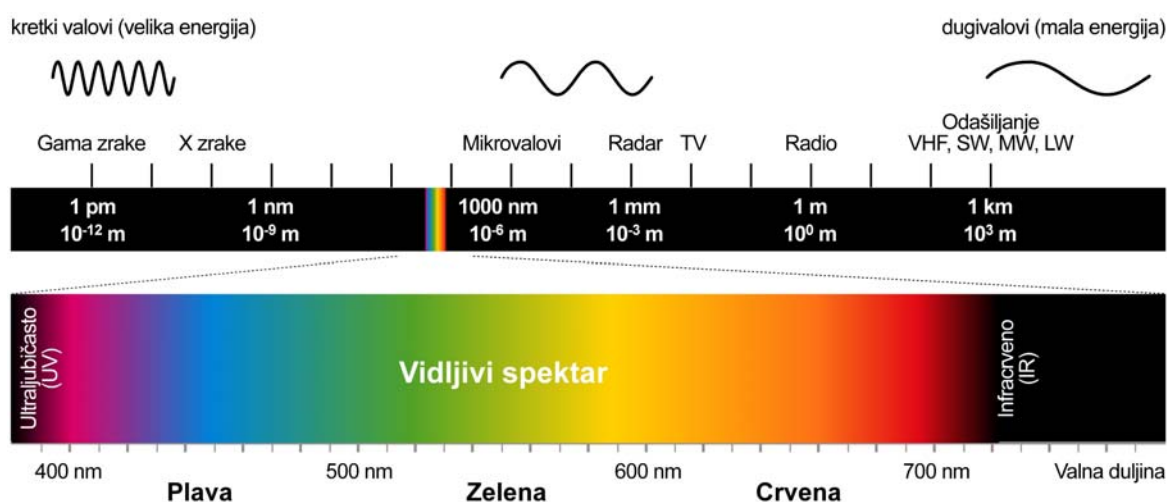
bojilo na tiskovnu podlogu, te da rasterski element na tiskovnoj formi nije iste veličine prije i poslije nanosa bojila. Biti će ispitane i prednosti primjene hibridnog načina rastriranja, te razmotren utjecaj ekonomičnih repromaterijala koji se koriste zbog smanjenja troškova u proizvodnji.

Istraživanje će definirati koliko na ukupan prirast rastertonske vrijednosti utječe tiskovna podloga i na kraju predložiti raspon vrijednosti unutar kojih se kreće s obzirom na RTV.

## 2 Teoretski dio

### 2.1 Svjetlost i ljudska percepcija

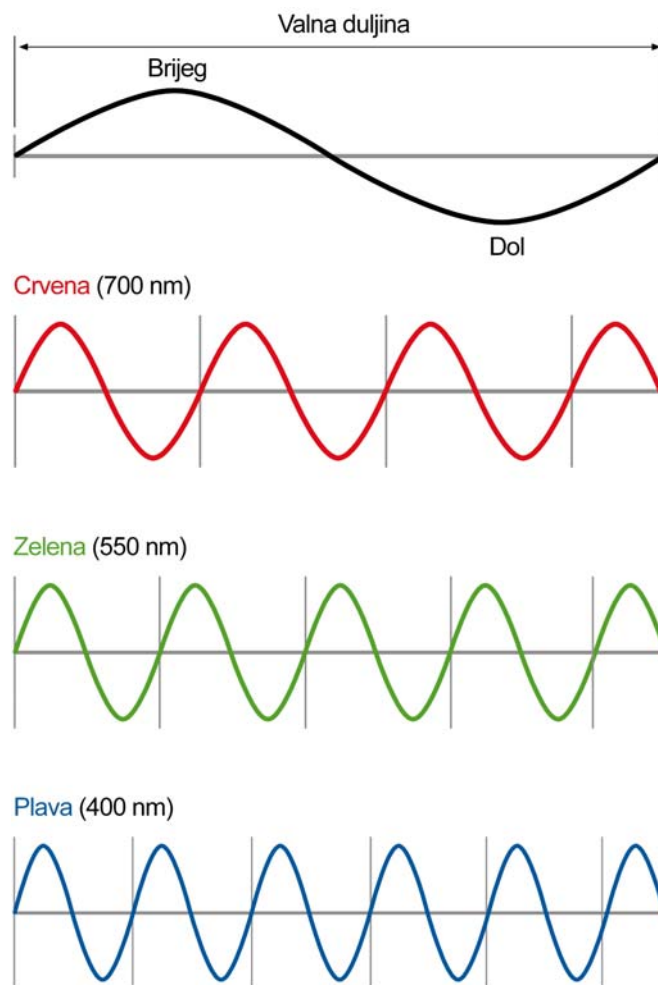
Svijet je satkan od boja koje čovjek koristi kako bi oživio prostor u kojemu živi. Dobro odabrane boje imaju izravan utjecaj na osjetila i stanje duha. Tiskarska industrija koristi boje kako bi poboljšala kvalitetu proizvoda. Preduvjet doživljaja boje je da ih se može vidjeti, a za to je nužna svjetlost. Svjetlost daju izvori svjetlosti od kojih je najvažnije Sunce koje proizvodi vlastitu svjetlost. Najveći broj objekata u prirodi ne emitira vlastitu svjetlost, pa nisu izvor svjetlosti. Mogu se vidjeti tek kad ih osvijetli drugi izvor svjetlosti. Kolokvijalno postoji toplo i hladno svjetlo, a fotografi razlikuju dnevno i umjetno svjetlo. Svjetlost određuje osnovne uvjete percepcije boje, pa je najvažnije početi upravo s tim pojmom - što je zapravo svjetlost? Svjetlost je elektromagnetsko zračenje koje se širi valovima pri brzini od 300.000 km/s i može se opisati njegovom valnom duljinom. Sastoji se od elektromagnetskih oscilacija u obliku vala s brijegom i dolom.<sup>[1]</sup> Val ima svoju valnu duljinu i frekvenciju (broj oscilacija koje se dogode u sekundi). Valne duljine se iskazuju u kilometrima, metrima, centimetrima, milimetrima ili nanometrima. Frekvencija se izražava u Hertzima. Različite valne duljine imaju i različita svojstva. Primjerice, X-zrake se koriste u medicinskoj dijagnostici, a mikrovalovi u mikrovalnim pećnicama.



Slika 1: Elektromagnetski spektar i područje vidljive svjetlosti

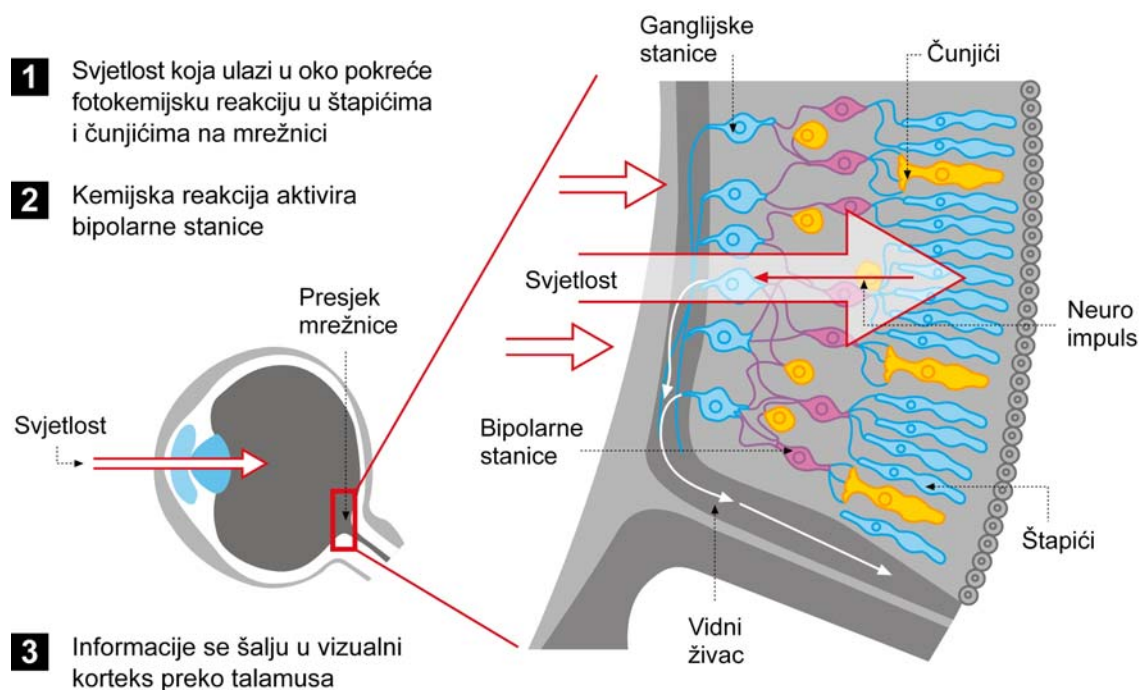
Valne duljine između 380 i 780 nanometara, čovjek percipira kao boje. Uobičajena dnevna ili umjetna svjetlost, mješavina je valnih duljina. Svaka valna duljina ima specifičnu boju. Na 380 nm počinje ljubičasta, pa se preko plave, cijane, zelene i žute dolazi do crvene boje kod

780 nm. Cijeli spektar boja nalazi se u svjetlosti. Ova pojava može se najjednostavnije prikazati propuštanjem zrake svjetlosti kroz staklenu prizmu. Prizma će zraku svjetlosti rastaviti po valnim duljinama i na plohi na kojoj se svjetlo projicira, prikazati cijeli spektar. Da bi se opisala svjetlost, proporcije pojedinačne valne duljine prikazuju se dijagramom koji se naziva spektar. Sunčeva svjetlost je primjerice dobro izbalansiranog spektra, pa su sve valne duljine podjednako prisutne. Umjetna svjetlost, koju daje električna žarulja daje svjetlost valnih duljina u toplijem dijelu spektra (crvenom i žutom), boje su to karakteristične za vatru, pa se ta svjetlost naziva „topla“.



Slika 2. Valne duljine osnovnih boja - postaju kraće od crvenog prema plavom dijelu spektra

Čovjek percipira svjetlost i boje pomoću osjetila vida - oka. Unutar oka, na mrežnici, nalaze se osjetila koja pretvaraju svjetlost u električne impulse. Postoje dvije vrste osjetilnih stanica - štapići i čunjići. Štapići su stanice koje su osjetljive na jačinu svjetlosti i „slijepe“ na boje, dok su čunjići stanice koje reagiraju na različite valne duljine svjetlosti i zato ih ima tri vrste. Tri vrste čunjića percipiraju primarne boje koje se definiraju kao crvena, zelena i plava. Kombinacijom ovih primarnih u ljudskom mozgu boja nastaju ostale boje.



Slika 3: Što se događa kad svjetlost uđe u oko

Osnovne zakone percepcije boja najbolje je objasniti pomoću idealnih čunjića i idealnih boja koje se ne pojavljuju u prirodi. Tri vrste čunjića apsorbiraju svjetlosnu energiju dijela spektra koji ulazi u oko. Osam maksimalnih senzacija primarnih boja nastaju kad je istovremeno stimuliran jedan ili dva čunjića, dok ostali ne primaju svjetlosnu energiju. Kod percepcije bijele boje, svi čunjići su stimulirani, a kod crne niti jedan. Kod crvene, zelene i plave stimuliran je jedan čunjić, a cijan, magente i žute po dva čunjića. Zato što čunjići preuzimaju energiju širokog područja spektra, moguće je da različiti spektar da isti doživljaj boje.<sup>[2]</sup> Za čunjiće nije važno apsorbiraju li uzak dio spektra visoke energije ili široki dio spektra niske energije, ako je zbroj fotona identičan, čunjić šalje jednaku količinu energije u mozak. Pojmovi nijansa, svjetlina i zasićenost, koriste se kod opisa boja.<sup>[3]</sup> Nijansu uzrokuju odnosi primarnih boja, zasićenost je razlika između najmanje i najjače stimuliranih receptora, a svjetlina je mjera ukupne energije koju pretvaraju čunjići.

Boje se mogu vidjeti samo pod utjecajem svjetla, jer boja nije svojstvo objekta kao oblik. No, objekti imaju mogućnost apsorbiranja ili reflektiranja svjetlosti pri specifičnim valnim duljinama. Mogu se vidjeti samo boje koje odgovaraju reflektiranim valnim duljinama. Kad bijela svjetlost obasja objekt, dogodi se jedan od sljedećih scenarija:

- svjetlost se apsorbira, pa objekt izgleda crn
- sva svjetlost se reflektira, pa objekt izgleda bijel

- sva svjetlost prolazi kroz objekt, boja svjetlosti se ne mijenja (objekt je potpuno proziran tj. transparentan, npr. staklo)
- dio svjetlosti se apsorbira, a ostatak reflektira, pri čemu boja objekta ovisi o valnim duljinama koje se reflektiraju ili apsorbiraju (od izuzetne važnosti za tisak)
- dio svjetlosti se apsorbira, a ostali prolazi kroz objekt tj. prenosi. Boja reflektirane i prenesene svjetlosti se mijenja.

Koji scenarij će se dogoditi, ovisi o svojstvu osvijetljenog objekta. Odbijena ili propuštena svjetlost dolazi do ljudskog oka gdje se pretvara u živčane signale koji iniciraju osjećaj boja u ljudskom mozgu.<sup>[4]</sup>

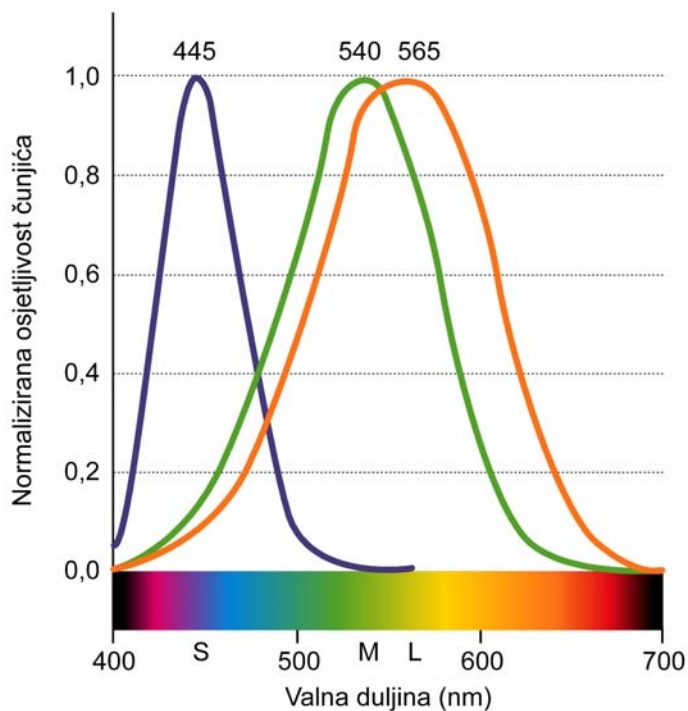
### **2.1.1 Ljudsko osjetilo vida**

Slika svijeta nastaje u pozadini ljudskog oka na mrežnici (lat. retina) koja sadrži svjetlosne receptore poznatije kao štapići i čunjići postavljene po uzorku mozaika. Štapići su odgovorni za primanje nižih razina svjetlosti, npr. u sjeni, a signale koje šalju u mozak stvaraju monokromatsku predodžbu svijeta. Iz tog razloga čovjek ne vidi boje u mraku. Štapići gube svoju funkciju što je svjetlost jača, a preuzimaju je čunjići koji prenose informaciju o boji. Postoji tri vrste čunjića, svaka je osjetljiva na različite valne duljine svjetlosti. To su L, M i S. L čunjići su osjetljivi na veće valne duljine (crveni dio spektra), M su osjetljivi na srednje valne duljine (zeleni dio spektra) i S čunjići na manje valne duljine (plavi dio). Najveći broj L i M čunjića se nalazi na malom području mrežnice zvanom fovea, dok se S čunjići nalaze na cijeloj površini mrežnice. Najviše ima L čunjića 64%, zatim M 32% i S 2%.

Svjetlost svih valnih duljina pretvara se u tri signala, po jedan za svaki tip čunjića. Ovaj princip trikromatičnosti je osnova kolorimetrije. Trikromatičnost je važna jer su odzivi pojednostavljeni u tri signala, pa bi različite spektralne kombinacije mogle dati percepciju jednake boje. Ova pojava se naziva metamerizam i znači da ljudsko oko ne može vidjeti razliku između uzoraka različitih spektralnih svojstava.<sup>[5]</sup> Postoje tri vrste metamerizma - objektni metamerizam kod kojega su svojstva spektra za dva uzorka pojednostavljena u tri identična signala; promatrački metamerizam kod kojega je spektralna osjetljivost dva promatrača pojednostavljena u tri identične osjetljivosti čunjića; te metamerizam izvora svjetlosti kod kojega se isti slučaj pojavljuje za dva izvora svjetlosti. Kod miješanja pigmenta i primjene u tisku, ova prirodna pojednostavljenja osnova su mogućnosti reprodukcije boja kod različitih tiskarskih strojeva.<sup>[6]</sup>



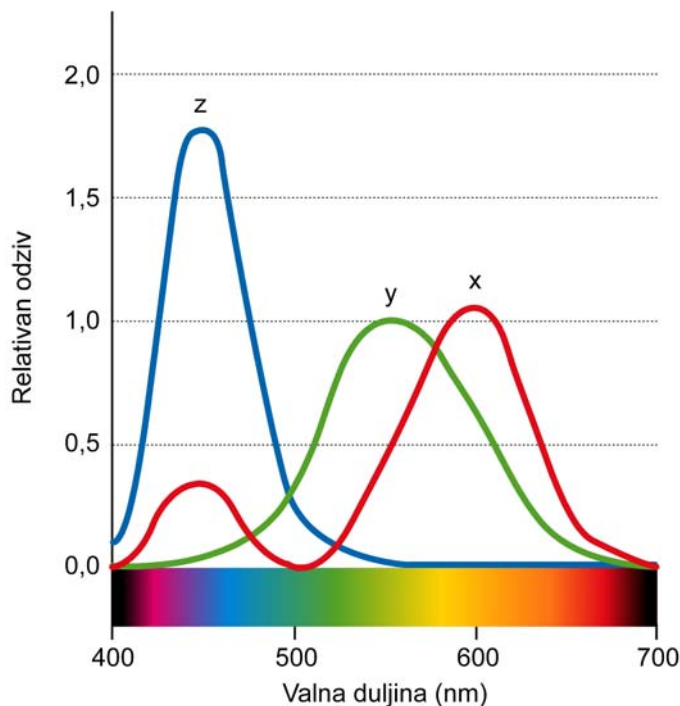
Slika 4. opisuje osjetljivost pojedinačnih vrsta čunjića pri valnoj duljini svjetlosti kao omjere vršne osjetljivosti. Odzivi čunjića se preklapaju, naročito kod L i M čunjići. Visina slike 4. je normalizirana, no vjeruje se da je osjetljivost plavih čunjića veća, zbog njihove manje koncentracije. Činjenica da se osjetljivosti čunjića preklapaju znači da integrirana svjetlost ne stimulira pojedinačno jednu vrstu čunjića, već sve njih u različitim omjerima, a rezultat stimulacije su različite nijanse boja. Da se osjetljivosti čunjića ne preklapaju, mogućnost razlikovanja boja bila bi ograničena, pa čovjek mogao percipirati samo crvenu, zelenu i plavu boju.



Slika 4.: Normalizirana spektralna osjetljivost L, M i S čunjića

Stimulus svih vrsta čunjića ne stižu do mozga neovisno jedan o drugome, već se međusobno povezuju unutar mrežnice adicijom i suptrakcijom, stvarajući tri polja recepcije ili nasuprotna kanala. Prvi takav kanal određuje svjetlinu i sastoji se od adicije L i M čunjića. Druga dva kanala su kromatski. Crveno-zeleni kanal se stvara suptrakcijom M od L čunjića. Plavo-žuti kanal se stvara suptrakcijom S čunjića od zbroja L i M čunjića. Teorija nasuprotnih boja može se bolje razumjeti u slučaju da primjerice nema crveno-zelene boje ili plavo-žute, već plavo-crvene. Za trikromatsku i nasuprotnu teoriju boje u prošlosti se smatralo da nisu povezane tj. da su kontradiktorne, no danas je poznato da imaju komplementaran odnos. Razumijevanje ove činjenice omogućilo je razvoj današnjih prostora boja. Kao što je ranije navedeno, boja je psihofizičko svojstvo, što znači da će isti uzorak pod jednakim osvjetljenjem dva različita promatrača percipirati drugačije ili čak isti promatrač ali u različitim dijelovima dana.<sup>[7]</sup> Iz tog

razloga, potrebno je eliminirati ovu promjenjivost kako bi se opisala boja. Osjetljivost čunjića je za svaku boju drugačija. No, u slučaju da se nađe prosjek kako promatrači s normalnim vidom vide boju, moglo bi se govoriti o standardnom promatraču. To je učinila Međunarodna komisija za iluminaciju (fra. Commission internationale de l'éclairage CIE) dvadesetih godina prošlog stoljeća, definirajući standardnog promatrača 1931. godine. Eksperimenti su provedeni na prosječnom promatraču s vidnim poljem od 20 stupnja.



Slika 5.: CIE 1931. funkcije podudaranja boja

Funkcije podudaranja boja su brojčani opisi kromatskog odgovora za standardnog promatrača tj. opis kako bi uobičajeni pojedinac reagirao na određeni stimulus. To su krivulje spektralnog odgovora uobičajenog ljudskog oka. Osnovna razlika između krivulja 3 i 4 je da su kod krivulje 4 osjetljivosti svakog čunjića skalirane u odnosu na njihov doprinos percepciji boja. Podrazumijevalo se da S čunjići, odgovorni za plavi dio spektra, bolje odgovaraju na stimulus kratkih valnih duljina iz razloga što ih ima proporcionalno manje od crvenih i zelenih u mrežnici oka, ali jednako doprinose percepciji boja. Osjetljivosti čunjića nalaze se u odnosu s distribucijom spektralne snage i spektralnom refleksijom uzorka kako bi se opisala boja u danom prostoru boja. Specifikacija bi se izrazila pomoću vrijednosti tristimulusa primarnih boja X, Y i Z, koji grubo odgovaraju osjetljivostima L, M i S čunjića ili crvene, zelene i plave primarne boje, kako bi se dobila željena boja. Vrijednosti tristimulusa, XYZ, dane su sljedećim jednadžbama, gdje je spektralna refleksija uzorka označena s  $S(\lambda)$  i distribucijom spektralne sna-

ge referentnog izvora svjetlosti  $I(\lambda)$  kroz zbroj  $\sum$  valnih duljina.<sup>[8]</sup>

$$X = \frac{1}{N} \sum_i \bar{X}_i S_i I_i \quad Y = \frac{1}{N} \sum_i \bar{Y}_i S_i I_i \quad Z = \frac{1}{N} \sum_i \bar{Z}_i S_i I_i \quad N = \sum_i \bar{Y}_i I_i \quad (1, 2, 3, 4)$$

Standardni promatrač iz 1931. godine deriviran je iz eksperimenata provedenih s vidnim poljem od 2°. 1964. provedeni su eksperimenti s vidnim poljem 10° koji su dali rezultate za standardnog promatrača te godine za kojega se smatralo da je točniji, jer je istraživanje obavljeno na većem broju ispitanika, pa je uzorak bio bolji. Jedina razlika između dva promatrača je da se promatrač od 2° tiče u najvećem dijelu fovee, dok promatrač od 10° uključuje veće područje. Iz praktičnih razloga dobro je uzeti standardnog promatrača od 10° za evaluaciju boja ujednačenih područja većih od 4°, kao što su spot boje, jer se bolje odnosi s procjenom pojedinca s normalnim vidom.

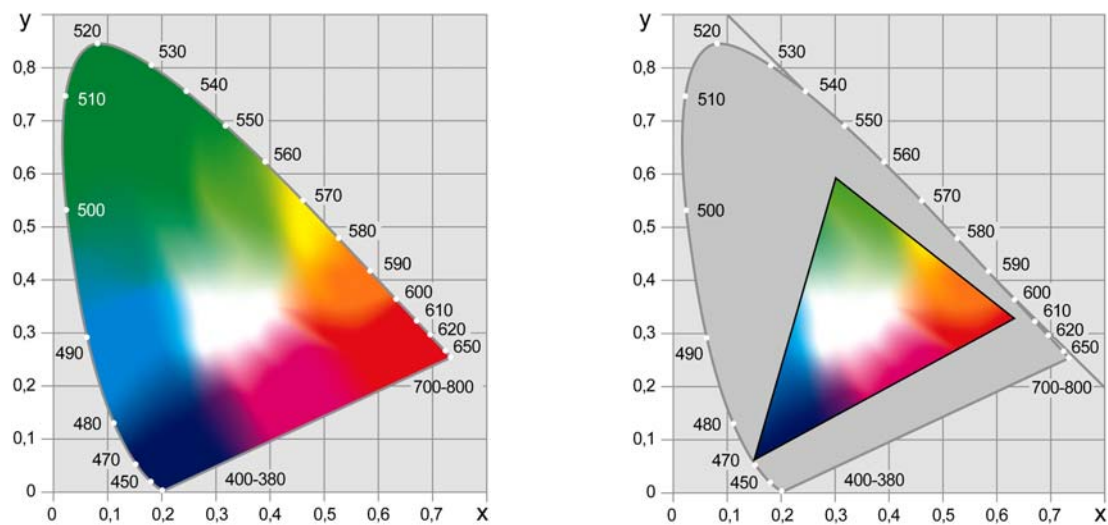
$$x = \frac{x}{x + y + z} \quad y = \frac{y}{x + y + z} \quad (5, 6)$$

### 2.1.2 Kromatski dijagram

Spektralni podaci i derivirane CIEXYZ vrijednosti pružaju osnovu za izračun bilo kojeg prostora boja. CIEXYZ je trodimenzionalan prostor boja kod kojega su sve prikazane sve prave boje. Međutim, samo Y se odnosi na svojstvo boje (svjetlinu) dok se X i Z ne odnose na informacije i nijansi i zasićenosti. Izbacujući specifikaciju svjetline i dijeljenjem X i Y vrijednostima tristimulusa mogu se dobiti relativan opis boja u dvodimenzionalnom prostoru.<sup>[1]</sup> Dijagram koji se dobiva zvaao bi se kromatski dijagram (slika 6.), a obično se koristi kako bi se prikazala kromatičnost svih boja koje može vidjeti čovjek s normalnom percepcijom boja.<sup>[9]</sup> Predstavlja gamut boja ljudskog vida. Sve vidljive, prave, boje mogu se prikazati u odnosu na x i y koordinate. Oblik, formiran od svih boja, je spektralno područje, a sve točke izvan njega ne predstavljaju prave boje. Uključujući funkciju svjetline Y dobio se CIExyY prostor boja.

Nakon shvaćanja da percipirana boja ovisi o izvoru svjetlosti bilo je moguće iscrtati bijelu točku izvora na kromatskom dijagramu. Svaki od izvora ima svoju distribuciju spektralne snage, a njih je moguće transformirati u x i y koordinate i ucrtati na kromatski dijagram. Uvođenje bijele točke je od velikog značaja iz razloga što se koristi kod opisa boje relativno u odnosu na izvor svjetlosti. Kromatski dijagrami se uobičajeno koriste za prikaz gamuta uređa-

ja. Pod gamutom se podrazumijevaju sve boje koje uređaj može reproducirati, a to se postiže povezivanjem xy koordinata primarnih boja svakog uređaja ravnom linijom.



Slika 6.: Kromatski dijagram iz 1931. i predstavljanje gamuta uređaja

Predstavljanje gamuta boja ograničeno je činjenicom da kromatski dijagrami sadrže informacije samo u dvije dimenzije, dok uređaj reproducira boje u tri dimenzije. Kako se može vidjeti na slici 6., manji trokut sa spektralnim područjem kromatskog dijagrama iz 1931. predstavlja sve boje koje daje uređaj, u ovom slučaju uobičajeni CRT zaslon. Druge boje nije moguće postići. Dva uređaja će zauzimati različite prostore u spektralnom području, a razlika gamuta odredila bi koliko točno i izvodljivo bi bilo mapirati boje jednog uređaja prema bojama drugog. Ovo je fundamentalni princip bilo koje aplikacije kolor menadžmenta.

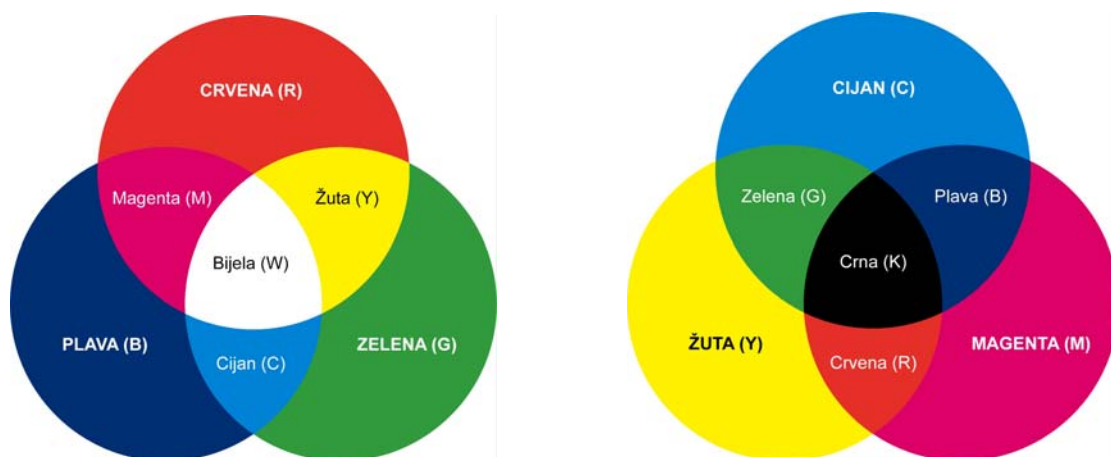
### 2.1.3 Fotometrija

Fotometrija je znanost o mjerenju svjetlosti pomoću svjetline koju prima ljudsko oko. Razlikuje se od radiometrije znanosti o mjerenju cjelokupne energije zračenja, što ubraja i svjetlost, apsolutne snage, za razliku od fotometrije kod koje se mjeri energija zračenja pri svakoj valnoj duljini funkcijom luminoznosti koja oponaša osjetljivost ljudskog oka. Ljudsko oko nije jednako osjetljivo na sve valne duljine vidljive svjetlosti. Fotometrija pokušava imitirati ovo svojstvo procjenjujući izmjerenu snagu pri svakoj valnoj duljini s faktorom koji predstavlja koliko je ljudsko oko osjetljivo pri toj valnoj duljini. Standardizirani model ponašanja oka koje prima svjetlost dan je funkcijom luminoznosti kao funkcijom valnih duljina. Oko ima drugačiji odaziv kao funkciju valne duljine u uvjetima svjetlosti (fototipijski vid) i uvjetima tame (skotopijski vid). Fotometrija se zasniva na fototipijskom odzivu ljudskog oka, pa foto-

metrijska mjerenja ne moraju nužno točno prikazivati percipiranu svjetlost izvora u zatamljenim uvjetima gdje se boje ne mogu razaznati. Fototipijski vid je karakteristika odziva oka pri razinama svjetline preko tri kandela po kvadratnom metru. Skotopijski vid se javlja ispod  $2 \times 10^{-5}$  cd/m<sup>2</sup>. Mozopijski vid se javlja između ovih vrijednosti, a spektralna osjetljivost za njega nije dobro karakterizirana. Znanstvenici su se počeli baviti mjerenjem utjecaja elektromagnetskog zračenja krajem 18.-og stoljeća. Tehnike mjerenja ovisile su o efektima studije, pa su se razvile različite nomenklature. Proučavanje korištenja oka kao detektora dovelo je do fotometrijskih jedinica određenih karakteristikom odziva oka. Za fotometrijska mjerenja se koriste različite jedinice od kojih se neke ne mogu pretvarati u druge, primjerice lumeni i kandeke. Pridjev “svjetlo” može se odnositi na izvor svjetlosti koji daje jak snop svjetlosti (izmjeren u lumenima) ili na izvor koji koncentrira snop u vrlo usku zraku (kandeke) ili pak izvor s tamnom pozadinom. Zbog načina na koji se svjetlost širi trodimenzionalnim prostorom - rašireno, koncentrirano, reflektirajući se s sjajnih ili mat površina i zbog toga što se sastoji od različitih valnih duljina, mogu se obaviti u osnovi različita mjerenja svjetlosti, pa je zato i velik broj veličina i jedinica koje predstavljaju ta mjerenja.<sup>[5]</sup>

#### 2.1.4 Aditivni i suptraktivni model boja

Aditivni model radi s tri izvora svjetlosti u boji na koji reagira određena vrsta čunjića. Svaka boja može biti sintetizirana, u ovisnosti o proporcijama tri izvora svjetlosti. Primjeri aditivne sinteze su računalni zaslon i tv prijemnik u boji kod kojih se svaki element slike sastoji od tri fluorescentne točke koje se aktiviraju različitom jačinom. Na ovaj način, bilo koji element slike može biti bilo koje boje, a kombinacija elemenata daje krajnju sliku. Suptraktivna sinteza funkcionira na oprečan način - bijela svjetlost sja kroz različite filtre od kojih svaki filtrira dio spektra za određenu vrstu čunjića.

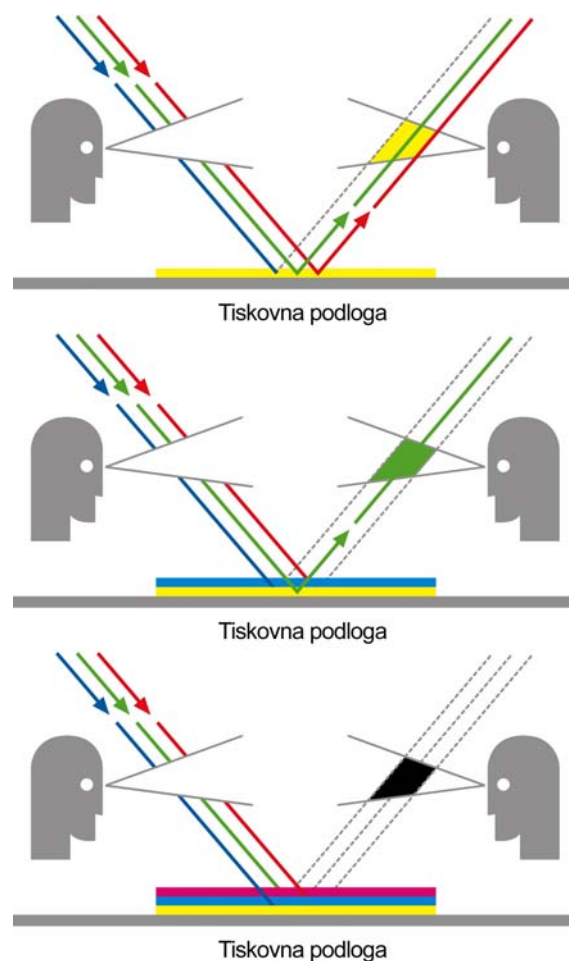


Slika 7: Modeli boja - aditivni (lijevo), suptraktivni (desno)

Primjer suptraktivnog modela boja je transparentcija boja. Sastoji se od tri filtra - cijan, magenta i žuta koji u kombinaciji mogu dati bilo koju boju.

Kod aditivnog miješanja boja, svjetlost različitih boja se preklapa, pa se u slučaju preklapanja svih boja dobiva bijela boja. Aditivne, primarne boje su crvena, zelena i plava. Svaka predstavlja trećinu vidljivog spektra. Princip aditivnog miješanja boja može se ilustrirati korištenjem projektor s tri sličice. Svaki projektor generira krug svjetlosti na zaslonu u jednoj od tri aditivne primarne boje. Aditivno miješanje boja koristi se kod televizijskog emitiranja. Suptraktivno miješanje boja odvaja različite komponente iz bijele svjetlosti. Kad se odvoje sve komponente, rezultat je crna boja. Suptraktivne, primarne boje su cijan, magenta i žuta. Svaka od njih predstavlja dvije trećine vidljivog spektra. Mogu se stvoriti izdvajanjem jedne od primarnih aditivnih boja od bijelog svjetla primjerice s filtrom ili preklapanjem primarnih boja. Tiskarske boje su translucetne, pa funkcioniraju kao filtri u boji.<sup>[10]</sup>

Na primjer (slika 8.), otiskom boje na bijelu podlogu koja filtrira plavu, plava komponenta se izdvaja iz bijele svjetlosti, a ostale komponente - zelena i crvena se reflektiraju.



Slika 8: Primjer djelovanja suptraktivne sinteze

Aditivna kombinacija ove dvije boje daje žutu boju. Boja je dakle uklonila plavu komponentu iz bijele svjetlosti koja se sastoji od tri komponente - crvene, zelene i plave. Ako se dvije prozirne boje otisnu jedna preko druge, primjerice žuta i cijan, one filtriraju plavu komponentu iz bijele svjetlosti, a vidljiva svjetlost postaje zelena. Dvije boje su uklonile dvije trećine vidljivog dijela spektra bijele svjetlosti. Ako se cijan, magenta i žuta otisnu jedna preko druge, sva bijela svjetlost se apsorbira tj. nema refleksije, a čovjekovo oko vidi crnu boju.

### **Autotipijska sinteza boja**

Slike u boji se tiskaju cijan, magenta, žutom i crnom bojom. Crna boja pojačava kontrast i daje osjećaj dubine na slikama, jer crna koja se dobiva samo od CMY komponenti nije nikad dovoljno duboka zbog pigmenta koji se koriste u bojama. U klasičnom ofsetnom tisku, veličina AM rasterskih elemenata ovisi o tonu boje koju se želi postići. Kod preklapanja (overprinta) neki od elemenata pojedinačnih boja priljubljeni su jedan na drugi, dok se drugi djelomično ili potpuno preklapaju. Povećalom se može vidjeti efekt suptraktivnog miješanja boja na rasterskim elementima, dok čovjek golim okom ne može vidjeti rezultate pojedinačnog preklapanja, pa se boje miješaju aditivno. Autotipijska sinteza boja je međudjelovanje aditivne i suptraktivne sinteze.

#### **2.1.5 Prikaz boja u prostoru**

Kocka je geometrijsko tijelo najpodesnije za prostorno određenje aditivnih i suptraktivnih kolor modela. Kod aditivnih modela crvene, zelene i plave, svaki tip čunjića u mrežnici ljudskoga oka, prezentiran je osi koja počinje crnom bojom, a završava najjačom bojom koju čunjić može percipirati. Kako bi bilo moguće predstaviti sve moguće boje kroz stimulaciju dva tipa čunjića, ploha koja počinje crnom širi se između obje osi koje se sijeku pod 90 stupnjeva. Svaka točka na ovoj plohi može biti opisana vrijednostima obje primarne boje. Kut nasuprot crnoj boji odgovara mješavini obje primarne komponente na plohi (cijan, magenta i žuta). Ako se pridoda primarna boja na os pod 90 stupnjeva u odnosu na prve dvije, sve tri zajedno formiraju kocku. Svaka točka u trodimenzionalnom prostoru kocke može se odrediti vrijednostima primarnih boja - crvene, zelene i plave. Ove tri boje pri maksimalnim vrijednostima daju bijelu boju. Tako funkcionira aditivni kolor model u kolor kocki. Suptraktivni kolor model je upravo oprečan aditivnome - od bijele pojedinačna područja spektra filtrirana su cijan, magentom i žutom. Utjecaj dva filtra može se prikazati na plohi. Dva filtra pri maksimalnim vrijednostima daju primarne boje crvenu, zelenu i plavu. Sva tri filtra zajedno u potpunosti apsorbiraju svjetlo i ostavljaju crnu boju. Unutar kocke postoji dijagonalni spoj između crne i

bijele na kojemu leže sivi tonovi. Zato se zove siva os. Nijanse se šire od bijele točke prema bojama u kutovima tj. formiraju trokute između sive osi i najzasićenijih boja. Uobičajeno je da se dijagram pojedinačne nijanse određuje od sive osi na lijevoj strani, pa prema desno do zasićene boje u kutu. U takvom trokutu boja, visina pojedinačne boje pokazuje svjetlinu, a udaljenost od sive osi njegovu zasićenost. Iz profila, kocka može biti podijeljena na razine jednake svjetline. Na jednoj razini zasićenje se povećava prema van i može se opisati udaljenošću od sive osi. Iz tlocrta, nijansa se mijenja u krugu oko sive osi. Svjetlina se povećava od dolje prema gore, a nijansa se mijenja od lijeva prema desnom. Iako praktičan, model idealnih boja u kocki na žalost ne funkcionira u praksi zbog nepodudarnosti između primarnih boja u tisku i na računalnom zaslonu. Na dijagramu se nalazi spektar primarnih boja kako ih emitira računalni zaslon, a usporedno s njima je spektar boja koji daje ofsetni tisak. Usporedba idealnih boja u kocki s računalnim zaslonom i tiskarskim spektrom dobivaju se zanimljivi rezultati: primarne boje u tisku imaju spektar koji je manje zasićen i najčešće tamniji u odnosu na idealni spektar. Uzrok ove pojave je što receptori u ljudskom oku nisu dovoljno stimulirani ili su zbog nezasićenosti boja ostali receptori također dobro stimulirani. Spektar primarnih boja na računalnom zaslonu obuhvaća vrlo uske i visoke segmente koji uvijek ciljaju na određenu vrstu receptora. Razlika između primarnih boja na zaslonu i u tisku je velik. Ljudsko oko bolje percipira uski i zasićeniji spektar nego široki.

Ne postoji niti jedan pojedinac koji boje u potpunosti vidi jednako. Međutim, tiskare moraju imati standardizirane kriterije za točan opis boja. Iz ovog razloga stvoreni su različiti sustavi za opisivanje boja. Proizvođači daju uzorke boja koje proizvode u knjigama, dok drugi koriste standardizirane palete kao što su HKS ili Pantone. Svi ovi sustavi koriste uzorke kako bi prikazali pojedinačne boje i imenovali ih, no nisu odgovarajući kad se s uzorcima treba obaviti kalkulacije. Dakle, kako čovjekovo oko vidi boju ovisi o stimulaciji receptora za crvenu, zelenu i plavu komponentu, pa su zato potrebne tri vrijednosti kako bi se opisale sve moguće boje. Ako zamislimo da su primarne boje na osima trodimenzionalnog sustava, dobili smo sustav boja. Eksperti su razvili mnoge sustave boja, a svaki ima svoje prednosti i mane. Ključni sustavi su međunarodno standardizirani, pa se koriste u industrijskoj proizvodnji. U grafičkoj industriji, najraširenija je primjena XYZ i CIE L\*a\*b\* sustava boja (kratica CIE znači "Commission Internationale de l'Eclairage" tj. u prijevodu "Međunarodna komisija za osvjetljenje"). XYZ sustav boja koristi X, Y i Z oznake za komponente boje umjesto RGB zbog praktičnosti. X i Y oznaka označavaju koordinate boje, a Z svjetlinu. Položaj boje unutar prostora boja može se definirati precizno koristeći ove tri koordinate. Osnovna namjena kromats-



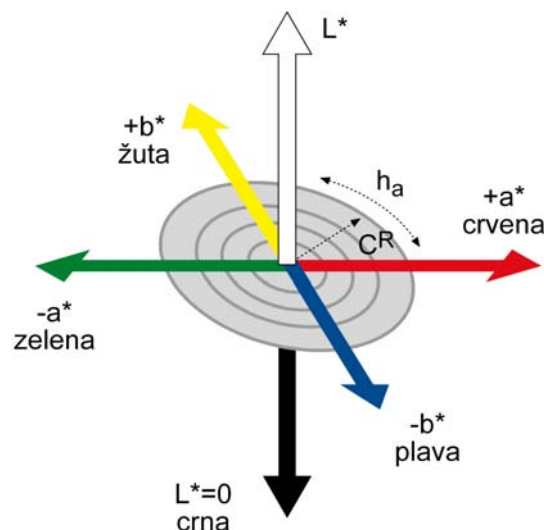
kog dijagrama i prostora boja koji iz njega proizlazi, je saznanje o sličnosti dvaju boja kod usporedbe. No, iz kromatskog dijagrama nije moguće odrediti koliko se boje razlikuju, jer prostor boja nije percepcijski jednoličan. Što znači da jednaka razlika u dva područja prostora boja ne znači jednaku vidljivu razliku u bojama. Iz tog razloga bilo je potrebno razviti prostore boja s ujednačenim percepcijskim razmacima. Danas je jedan od glavnih ciljeva znanosti o bojama, naći prostor boja koji dobro prikazuje percepciju boja, ali to i je problem, jer percepcija boja nije jednoliko raspoređena.

Kako bi se ipak postigao taj cilj, CIEXYZ prostor boja morao se izobličiti, pa je kao rezultat nastao CIELUV i CIEL\*a\*b\* prostor boja. CIELUV bio je prvi takav sustav s ujednačenom skalom kromatičnosti. Za razvoj takvog sustava upotrijebio se kromatski dijagram iz 1931. linearno izobličen kako bi bio jednoličniji kod percepcije boja. CIELUV je nastao 1960. godine, a poboljšan je 1976. s boljim skaliranjem funkcije svjetline  $L^*$ . U današnje vrijeme se većinom koristi za potrebe televizijske industrije. Njegova ograničenja su manjak percepcijske ujednačenosti u odnosu na svjetlinu, jer je ustanovljeno da se razlikuje svjetlina boje, pa tako i kromatske razlike nisu konstantne. CIEL\*a\*b\* prostor boja zasnovan je na suprotnoj teoriji boja. Funkcija svjetline  $L^*$  daje skalu neutralne boje od crne do bijele (od 0 do 100 jedinica svjetline), a kromatičnost boje se definira u odnosu na neutralnu os koja ima vrijednost 0 kromatičnosti. CIE  $a^*$  je koordinata za crvenu-zelenu, a CIE  $b^*$  za žutu-plavu. CIE  $L^*a^*b^*$  je osnovni prostor boja u tisku, a svoju primjenu nalazi u formuli boja, procesnoj kontroli i kontroli kvalitete. Svaka boja se definira svjetlinom i kromatičnošću s tri točke na svakoj osi. Kako bi se došlo do CIE  $L^*a^*b^*$  prostora boja potrebna je računaska operacija koristeći XYZ vrijednosti za objekt i bijelu točku izvora svjetlosti  $X_n, Y_n, Z_n$ . Moguće je izračunati i kromatičnost CIE  $C^*$  i nijansu svake boje CIE  $h$  na osnovu njenih  $a^*$  i  $b^*$  vrijednosti.<sup>[8]</sup>

$$\begin{aligned}
 L^* &= 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16 & L^* &= 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16 & (7, 8) \\
 a^* &= 500\left[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}\right] & C^* &= (a^2 + b^2)^{1/2} \\
 b^* &= 200\left[(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}\right] & h^o &= \arctan(b^*/a^*)
 \end{aligned}$$

Navedeni izračuni daju CIELCh prostor boja, koji je identičan CIE  $L^*a^*b^*$ -u, no kromatske vrijednosti se izražavaju pojmovima kromatičnosti i nijanse. Nijansa je glavno svojstvo boje koje opisuje izgled boje (zelena, plava, ljubičasta...). Specificirana je u radijusu od 0 do 360 stupnjeva počevši na pozitivnoj  $a^*$  osi u smjeru suprotnom od kretanja kazaljke na satu. Kromatičnost je jačina nijanse koja se pojačava što se boja više udaljuje od sive osi. Što je veća

vrijednost kromatičnosti boja je zasićenija, čišća ili življa. Percepcija boja je trodimenzionalna što znači da je koordinata svake boje pod utjecajem druge dvije, pa će se nijansa boje pomaknuti kad se svjetlina i kromatičnost promjene.  $L^*C^*H^*$  prostor boja je sveobuhvatni model ljudske percepcije boja. Boja se u modelu opisuje svjetlinom (L - eng. lightness), zasićenjem (C - eng. chroma, saturation), i nijansom (eng. hue).  $L^*C^*H^*$  model je dobar, jer kao što ljudsko oko može percipirati različite dijelove spektra jednako, tako i  $L^*C^*H^*$  model može boje bez obzira na njihov nastanak, opisati na jednaki način. Za određivanje  $L^*C^*H^*$  vrijednosti boja potrebni su skupi i komplicirani mjerni uređaji, pa je zato ovaj sustav boja najprije imao primjenu u znanstvenoj i industrijskoj kontroli kvalitete. U zadnje vrijeme sve se više širi na grafičku industriju.  $L^*C^*H^*$  sustav ima puno dodirnih točaka s idealnom kockom: siva os je postavljena vertikalno od crne prema bijeloj, zasićenje se povećava prema van, različite nijanse se formiraju oko osi, razine jednake svjetline paralelne su sa sivom osi. Iako  $L^*C^*H^*$  sustav boja i kocka imaju mnoge sličnosti, postoje i fundamentalne razlike. Kocka uvijek zahtjeva referentne točke primarnih komponenata od kojih se mogu stvoriti ostale boje. Zato je praktična primjena kocke, opis odnosa grupa boja. No, nije pogodna za usporedbu uzoraka primarnih boja iz različitih izvora. Plava boja na računalnom zaslonu može izgledati jednako kao ona u tisku u kocki boja, ali u izravnoj usporedbi, dva plava tona se jako razlikuju jedan od drugoga.  $L^*C^*H^*$  sustav boja opisuje boja pomoću nijanse, svjetline i zasićenja, tj. bez primarnih komponenata. Razlike između primarnih boja iz različitih izvora se na taj način mogu točno odrediti.



Slika 9: CIEL\*a\*b\* prostor boja

Trodimensionalnost CIEL\*a\*b\* i CIELCh prostora boja čini ih kompliciranima za upotrebu u svakodnevnim primjenama u proizvodnom pogonu. Zato postoji balans između potrebe točne specifikacije boje prema teoriji boja i jednostavnosti korištenja gustoće obojenja, pogotovo što se vrijednosti gustoće obojenja cijan, magente i žute ponašaju u skladu s kromatičnosti C\*, kao i varijacije gustoće crne boje s L\* koordinatom.<sup>[11]</sup> Suvremeni uređaji koji uzimaju uzorak valne duljine s uzorka pri 5, 10 ili 20 nanometara, lako prevode spektralnu informaciju u boju ili gustoću obojenja.

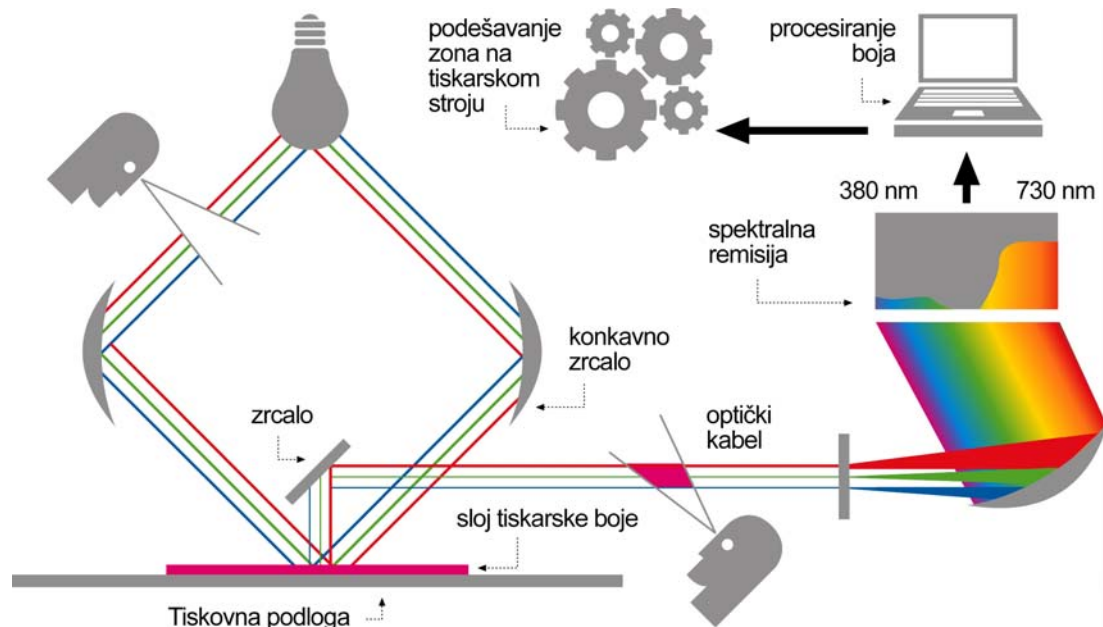
### **2.1.5.1 Tolerancije boja**

Kod percepcije boja važno je razumjeti koja količina vidljive razlike u bojama je prihvatljiva. Varijacija boja se ne može izbjeći u svakoj aplikaciji za tisak, jer svaki proces ima nezaobilazne varijacije sam po sebi. Različiti klijenti imaju različite zahtjeve kvalitete za svoje proizvode. Za primjene na ambalaži, primjerice, bez obzira na tehnologiju tiska, od nezaobilazne važnosti je da sva pakiranja budu jednaka, jer brend ovisi o svojoj boji. Razlika od 0 do 1 je gotovo neprimjetna i može se pripisati mjernom uređaju. Tolerancija od 1 do 3 je jedva primjetna i upravo u ovom rasponu se kreću tiskare ako u proizvodnji žele postići ponovljive boje. Tolerancije iznad 3  $\Delta E_{ab}$  jedinice nisu prihvatljive u istoj nakladi. Paradoksalno je da međunarodni standardi za boje i procesnu kontrolu specificiraju toleranciju od 5  $\Delta E_{ab}$  jedinica za primarne boje, no to je zato tako, jer bi bilo teško standardizirati sve boje i pigmente koje proizvode različiti proizvođači. Ova činjenica ostavlja široki prostor tiskarama za pridržavanje standarda, jer dozvoljava devijacije između različitih proizvođača zbog korištenja drugih repromaterijala.

### **2.1.5.2 Primjena kolorimetrije – Spektrofotometrija**

Raspon promjene kolorimetrije je širok, jer može dati nedvosmislen opis boje. Omogućuje procjenu prihvatljivosti tiska kao i održivost boje u radnom toku. Kolorimetrija omogućuje kalibraciju tiskarskih strojeva što im daje visoku točnost i učinkovitost. Primjenjuju se isti principi kao i kod denzitometrije. Najprije je potrebno provjeriti jesu li mjerni uređaji kalibrirani, te koriste li se mjerni standardi prema nekom od industrijskih ili internih standarda. Uobičajeni izvor svjetlosti (iluminant) za industrijsku primjenu je D50, iako se ponekad koristi i D65. Za područja šira od 4° raspona vida, smatra se da standardni promatrač od 10° daje točnije vrijednosti. Spot boje, koje se tiskaju na velikim površinama, se najčešće mjere pri 10°. Procesne boje se mjere sa standardnim promatračem 2°, što je i industrijski standard. Druga

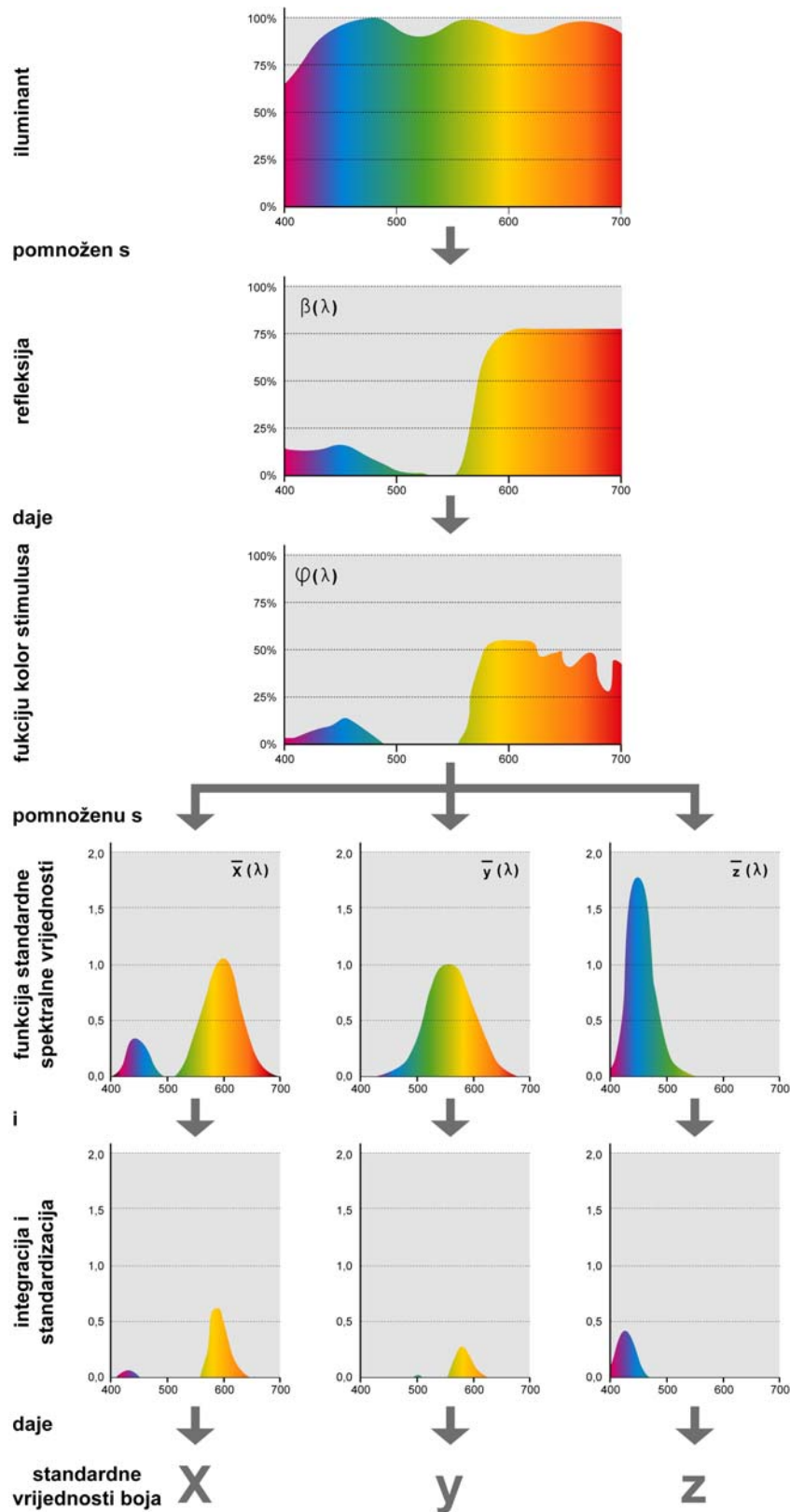
opcija uključuje formulu razlike boja.  $\Delta E_{ab}^*$  je najjednostavniji izbor, no u posljednje vrijeme se češće koriste  $\Delta E_{cmc}$ ,  $\Delta E_{94}$  ili  $\Delta E_{00}$ . Softverska kolor tehnologija ili mjerni uređaj nude mogućnost izbora između ovih formula, no važno je naglasiti koja se koristi, jer svaka daje različitu vrijednost ukupne razlike boja.



Slika 10: Primjena kolorimetrije u podešavanju tiskarskog procesa

Spektrofotometrija mjeri vidljivi dio spektra, npr. od 380 do 730 nanometara. Svjetlost koju reflektira boja se dijeli na spektralne sastavne dijelove koristeći difrakcijsku mrežu ili druge tehnologije pomoću velikog broja senzora. Izmjerene reflektirane vrijednosti se koriste za izračun standardnih vrijednosti boja X, Y i Z pomoću računala koji koristi funkcije standardne spektralne vrijednosti x, y i z. Iz razloga što se ove funkcije ne moraju uobličavati filterima, apsolutna točnost spektrofotometara je vrlo visoka. Glavna prednost spektrofotometrije, kraj visoke apsolutne preciznosti, je činjenica da spektrofotometri mogu dati standardne vrijednosti boja za sve standardizirane izvore svjetlosti i promatrače, ako su odgovarajuće vrijednosti spremljene. Mogu izračunati gustoće obojenja za bilo koji standard filtra. Proizvođači boja moraju se držati preciznih specifikacija kod proizvodnje svojih proizvoda. Ovo je vrlo važno za standardizirane boje, a li također i za sve HKS i ostale posebne boje. Ovaj preduvjet se postiže mjerenjem uzorka spektrofotometrom i potom korištenjem softvera za izračun formule za miješanje boja. Princip rada spektrofotometra se može vidjeti na dijagramu. Najprije se uzorak osvjetli pod kutom od  $45^\circ$ . Svjetlost se odbija pod kutom od  $0^\circ$  dolazi do glave spektrofotometra preko ogledala koje skreće svjetlost i optičkog kabela. Ondje se lomi na spektralne boje preko difrakcijske mreže, na sličan način kao kod prizme. Fotodiode potom mjere

distribuciju zračenje kroz cijeli vidljivi spektar (između 380 i 730 nm) i upućuju rezultate prema računalu gdje se podvrgavaju kolorimetrijskoj procjeni.



Slika 11: Procjena boja pomoću spektrofotometra<sup>[12]</sup>

Rezultat mjerenja se izražava  $L^*a^*b^*$  vrijednostima. Kad se izmjerene vrijednosti usporede s prethodno unesenim ciljanim vrijednostima, sustav izračunava relativna preporučena podešavanja za različite boje. U kontrolnom sustavu se podaci pretvaraju u apsolutne vrijednosti za kontrolu pojedinačnih zona boja.<sup>[13]</sup>

### 2.1.5.3 Ograničenja kolorimetrije

Osnovni nedostatak kolorimetrije je da formula za ukupnu razliku boja ne određuje smjer varijacije boje, već samo veličinu devijacije. Iz ovoga proizlazi da strojar ne zna u kome smjeru treba podesiti stroj kako bi rezultat tiska bio odgovarajući. Kako bi to znao mora ili koristiti gustoću obojenja ili koristiti djelomične koordinate boja ili vrijednost razlike boja  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta C^*_{ab}$ ,  $\Delta H^*_{ab}$  i  $\Delta h_{ab}$  koje mogu dati informaciju smjera podešavanja. Svjetlina  $L^*$  ili razlika svjetline  $\Delta L^*$ , primjerice, mogu dati informaciju o viskoznosti boje koja utječe na otisak na način da je previše ili premalo intenzivan. Kako su CIEL\*a\*b\* ili CIELCh trodimenzionalni prostori boja, podešavanje svjetline promijenilo bi nijansu ili kromatičnost. Uobičajena praksa bi bila postići ciljanu svjetlinu prije podešavanja same boje, no za takvu praksu strojari moraju biti školovani i upućeni u osnove znanosti o bojama i tehnologiju, te mjerne uređaje kako bi ih uspješno primijenio. Formule za izračun razlika u bojama, gdje je uzorak kolorimetrijske vrijednosti uzet iz reference ili ciljane kolorimetrijske vrijednosti:

$$\Delta L^* = L_r^* - L_s^* \quad (9)$$

$$\Delta a^* = (a_r^* - a_s^*) \quad (10)$$

$$\Delta b^* = (b_r^* - b_s^*) \quad (11)$$

$$\Delta C^*_{ab} = (C_r^*_{ab} - C_s^*_{ab}) = (a_r^{*2} - b_r^{*2})^{0,5} - (a_s^{*2} - b_s^{*2})^{0,5} \quad (12)$$

$$\Delta h_{ab} = (h_{ab\ r} - h_{ab\ s}) \quad (13)$$

$$\Delta H^*_{ab} = [(\Delta E^*_{ab} - \Delta L^* - \Delta C^*_{ab})]^{0,5} \quad (14)$$

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0,5} \quad (15)$$

$\Delta H^*_{ab}$  nije isto što i  $\Delta h_{ab}$ , jer je prvo vrijednost euklidijske udaljenosti, a drugo polarna vrijednost koja obuhvaća razlike u kromatičnosti i svjetlini.

Ograničenje korištenja kolorimetrije za statističku kontrolu procesa je u tome što se ne može odrediti vjerojatnost, jer distribucija razlike boja nije uobičajena. Razlika boja može samo biti veća od nule i najčešće je iskrivljena i nejednoliko raspoređena. Pogotovo kad su podaci iskrivljeni, čak i mali broj velikih razlika boja može dramatično utjecati na vrijednosti.<sup>[14]</sup> Statistička kontrola procesa može se primijeniti samo pomoću kolorimetrijskih koordinata ili for-

mule ukupne razlike boja pod pretpostavkom da su razlike boja ustaljeno iskrivljene prema većim razlikama boja. Alternativni pristup bi bio korištenje statistike redosljeda, kao što je kumulativna relativna frekvencija, koja se naziva CRF (eng. cumulative relative frequency) krivulje. Ovo eliminira nagib zbog asimetrične distribucije razlike boja. Tim pristupom, broj uzoraka je raspoređen prema veličini  $\Delta E$ . Kako bi se na ovaj način ocijenili kapaciteti procesa, potrebno je definirati vrijednosti razlika boja kao ograničenje tolerancija. Ako 90% izmjerenih podataka ulazi u ovu toleranciju, proces se može proglasiti sposobnim.

### **2.1.6 Ljudsko oko**

Ljudsko oko najuspješnije detektira varijacije boja. Pomak boja u neutralno sivoj boji se može jednostavno primijetiti, no nije moguće kvantificirati promjenu i odrediti je li u granicama tolerancije. Ljudska pogreška u procjeni, manjak koncentracije, umor oka i razlike u uvjetima promatranja su uobičajeni razlozi zašto ljudski vid ne može biti samo za sebe objektivno. Boja je objektivna osobina predmeta koja ovisi o predmetu, promatraču i uvjetima promatranja. Dvije osobe jednu boju vide i opisuju na različit način. Zato je teško točno utvrditi što je ispravno. Viđenje iste boje nije uvijek jednako niti za samo jednu osobu. Najčešći uzrok je umor. Strojari vide boju na jedan način na početku smjene, a na drugačiji način na kraju nje. Odluka i reakcija strojara prema vlastitoj procjeni o tome što je dobro, a što loše, vrlo je rizična jer je viđenje boje subjektivno. Različita rasvjeta će imati također velik učinak na viđenje boja, pa su vidljive razlike čak i između dva rasvjetna tijela istog tipa ako nisu jednake starosti, pa nemaju niti potpuno jednaki spektar valnih duljina koje emitiraju. Kako bi bilo moguće izbjeći ovakve nesigurnosti, potrebno je provoditi objektivna mjerenja, bila u pitanju gustoća obojenja ili prirast rasterskog elementa otisak se mora mjeriti po unaprijed predviđenom standardu kako bi se detektirale varijacije na otiscima. No, izmjerena vrijednost nije apsolutna, jer postoji razlika između onoga što je izmjereno i što jest realno stanje. Primjerice, postoje razlike između svojstava apsorpcije određenih tiskovnih podloga koje mogu rezultirati različitim gustoćama obojenja ili očitanjima vrijednosti boje, čak i ako je na podlogu nanesen jednak sloj boje. Prirast rasterskog elementa ima dvoznačnu vrijednost, jer interakcija svjetlosti s podlogom nije točno definirana.<sup>[1]</sup> Isto se događa i kod razlika nekih boja unatoč primijenjenoj znanosti. Uz ove manjkavosti znanosti jedino rješenje je obučiti strojare na način da uz znanje o osnovama grafičke struke zdravim razumom odluče što u kojem trenutku mogu iskoristiti kako bi kvaliteta proizvoda bila zadovoljavajuća. Dakle, da su denzitometrija i kolorimetrija alati koji daju smjernice, a nisu jamstvo kvalitetne proizvodnje.

Procesi u oku su poprilično kompliciraniji od onih u teoriji. Područja osjetljivosti nisu točno definirana već se djelomično preklapaju. Osjetljivost svake vrste čunjića ima svoju najvišu vrijednost koja opada prema rubovima. Samo uski spektar može stimulirati jednu vrstu čunjića. Zato boje na zaslonu izgledaju zasićenije nego one u tisku. Još jedan fenomen je različita osjetljivost čunjića na svjetlinu u pojedinim područjima spektra - tako, na primjer, oko vidi zeleno područje puno svjetlijim od susjedne crvene i plave. Kolorimetrija je znanost o boji koja proučava vezu između idealnog spektra i onoga koji vidi ljudsko oko. Kako prvi matematički modeli nisu bili jasni, postoje oni koji puno bolje odgovaraju zahtjevima, a to je u većini slučajeva,  $L^*C^*H^*$  prostor boja.<sup>[5]</sup>

Receptorske stanice pretvaraju svjetlosnu energiju spektra u električne impulse. U receptorskim područjima najveće osjetljivosti, svjetlosna energija spektra izaziva jače impulse nego u susjednim područjima. Štapići, koji su odgovorni za osjetilo vida u sumraku, pokazuju 100% osjetljivost na danjem svjetlu. Pojam boje se najprije pojavljuje u mozgu u kojemu se impulsi štapića i čunjića računaju zajedno. Mjerni uređaji i formule vjerno odražavaju način nastajanja doživljaja boje od stimulusa boje. Za razliku od pojednostavljenog modela ove matematičke formule prema kojima nastaju boje bazirane su na nijansi, svjetlini i zasićenju.

Ljudsko oko je organ sferičnog oblika, tehnički gledano optički instrument, promjera oko 12 mm, s prozirnim izbočenjem na prednjoj strani. U bjeloočnici koja štiti oko nalaze se spojevi tri para očnih mišića koji oko pomiču u očnoj šupljini. Promjena točke fokusa u vidnom polju, praćena je promjenom položaja oka pomoću očnih mišića. Zračenje vidljive svjetlosti u oku daje podražaj za osjetilo vida. Osobine oka ne utječu na karakteristike vanjskog podražaja. U početnom stadiju građa oka utječe na osjetilo vida, jer oko modificira zrake svjetlosti pomoću svoje strukture i tkiva kroz koje svjetlost prolazi - rožnica, zjenica, očna leća, staklasto tijelo, prije nego što dođe do mrežnice. Ovaj početni stadij je u osnovi fizikalni proces i ponaša se u skladu s optičkim zakonima. Trenutak u kojemu zrake svjetlosti upijaju vidni receptori u mrežnici (štapići i čunjići) zove se „točka X“ nakon koje proces prestaje biti optički i postaju elektrokemijski.

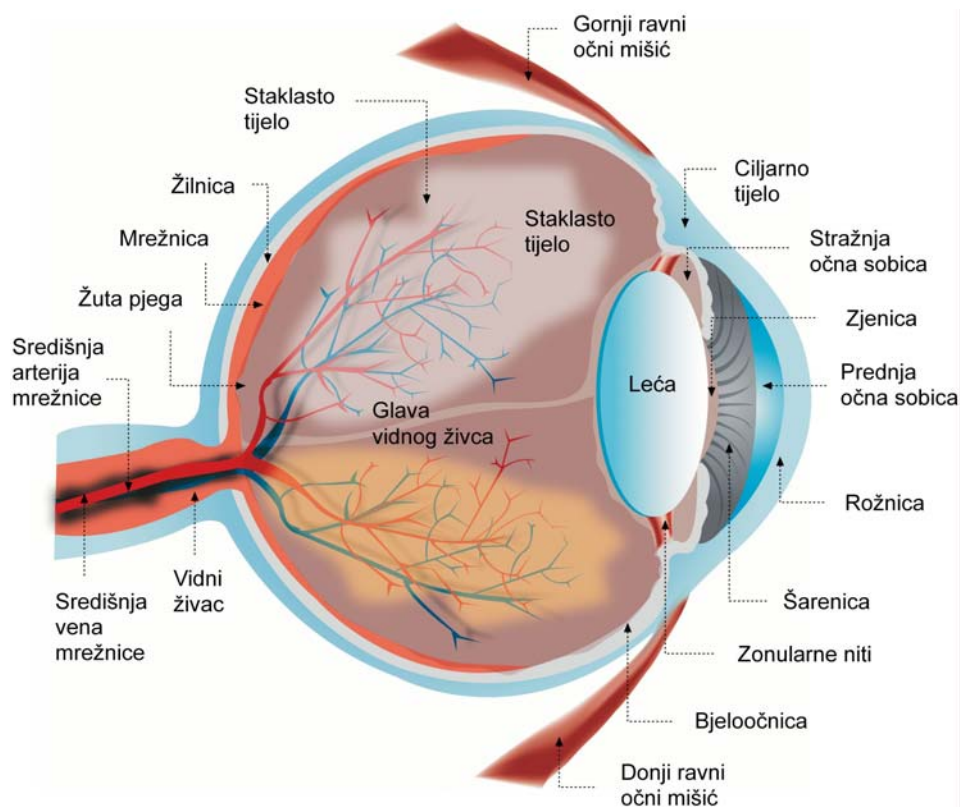
### **Dijelovi oka su:**

1) rožnica (cornea) - tvrda, vanjska ovojnica oka kroz koju vanjski svjetlosni podražaj ulazi u oko. Ona štiti oko od mehaničkih oštećenja. Iako je složene lamelarne strukture, rožnica je transparentna, bez krvnih žila. Izbočena je na prednjoj strani oka s konveksnošću promjera 8 mm. Suzna žlijezda, s vanjske strane oka, vlaži oko i pomaže držati normalnu izmjenu kisika i



vode unutar rožnice. Na ovaj način rožnica ostaje transparentna. Treptanje očnih vjeđa distribuiraju suze preko rožnice. Rožnica se nastavlja na čvrsti omotač - bjeloočnicu na koju su priključeni očni mišići koji pokreću oko u svom ležištu. Bjeloočnica je dobro prokrvljena, ali ima malo osjetila boli, za razliku od rožnice.

2) očna leća (lens) - konvergentna, bikonveksna, višeslojna struktura unutar omotača koji je spojen s cilijarnim mišićem pomoću zonularnih vlakana. Može mijenjati svoj oblik za vrijeme akomodacije, procesa izoštravanja vanjskog objekta na površinu mrežnice (žarišnu daljinu). Promjena oblika leće se pojavljuje uglavnom na vanjskoj strani koja je u kontaktu sa šarenicom oka. Kad je oko fokusiralo udaljeni objekt, zonularna vlakna maksimalno povlače leću i drže je u spljoštenom položaju. Tako leća na najbolji način lomi paralelne zrake svjetlosti koje se projiciraju na površinu mrežnice. Kad je objekt bliže, cilijarni mišići kontrahiraju kako bi otpustili leću napetosti zonularnih vlakana i tako je stišću, a ona lomi svjetlost tako da slika objekta padne na mrežnicu, a ne iza nje kako bi bilo bez promjene oblika leće. Krajnje točke na koje se oko može prilagoditi bez naprezanja zovu se bliza i daleka točka. Za normalno oko bliza točka se nalazi na 25 cm udaljenosti. To je udaljenost jasnog vida. Vremenom leća i rožnica gube mogućnost akomodacije i izoštravanja objekata, pa se mora pribjeći korištenju naočala ili kontaktnih leća.



Slika 12: Građa ljudskog oka

Očnu leću okružuje šarenica (iris), u čijoj se sredini nalazi otvor tzv. zjenica (pupila) koja svojim otvaranjem ili stezanjem regulira količinu svjetlosti koja ulazi u oko i štiti oko od oštećenja uzrokovanog prejakim svjetlom. Kod slabog svjetla, zjenica se širi i tako dopušta propuštanje veće količine svjetla, kako bi promatrač vidio objekt od kojega se svjetlost odbija.

3) staklasto tijelo (corpus vitreum) - između rožnice i očne leće nalazi se komora ispunjena čistom tekućinom koja se stvara i apsorbira kontrolira očni tlak kako bi održao strukturni integritet oka. Dvije trećine volumena oka, prostoru između očne leće i mrežnice, zauzima staklasto tijelo koje se sastoji od transparentnog želea prožetog vlaknima.

4) mrežnica (retina) - složena, višeslojna struktura, uglavnom od koroida, prokrvljenog pigmentiranog sloja povezanog s bjeloočnicom. Glavni slojevi mrežnice sadrže različite živčane stanice (neurone) i vlakna, od kojih su najvažniji tzv. fotoreceptori, koji svjetlost transformiraju u elektrokemijske procese:

a) sloj fotoreceptorskih stanica (štapići i čunjići) uključuje vanjske i unutarnje segmente fotoreceptorskih stanica; b) sloj intermedijarnih neurona ili unutarnji sloj stanica koji sadrži bipolarnе, horizontalne i amakrine stanice; c) sloj ganglijskih stanica; d) prvi sinaptički sloj spaja procese fotoreceptora i intermedijarnih neurona; e) drugi sinaptički sloj spaja procese intermedijarnih neurona i ganglijskih stanica.

Mrežnica ljudskog oka pokriva površinu od  $1100 \text{ mm}^2$  unutar oka, a prosječne je debljine  $250 \text{ }\mu\text{m}$ , što daje njenom tkivu volumen od  $27,5 \text{ mm}^3$ . Ovaj volumen sadrži oko 200 milijuna različitih živčanih stanica koji služe pretvaranju svjetlosnog podražaja u elektrokemijski proces.

Snop fotona koji čini unutarnji svjetlosni podražaj ulazi u mrežnicu kroz membranu i prolazi kroz njene ostale slojeve prije nego dođe do fotoreceptorskog sloja. Fotoni koje su apsorbirali vizualni pigmenti u vanjskim slojevima pokreću signale fotoreceptora koji zatim pokreću niz događaja kroz živčanu mrežu mrežnice šaljući kodirane signale iz ganglijskih stanica u vlakna optičkog živca koji vodi signale u mozak gdje se pretvaraju u vizualnu informaciju. Fotoni koji prođu kraj fotoreceptora, završavaju u melatoninskoj membrani koja nije osjetljiva na svjetlo ili izlaze natrag kroz zjenicu oka.

Čunjići služe za gledanje uz normalnu i jaku rasvjetu, a štapići za gledanje uz vrlo slabo osvjetljenje. Osjetljivost štapića je puno veća nego čunjića. Čunjići stvaraju obojenu, a štapići samo sivu sliku. Gustoća čunjića najveća je u središnjoj udubini (fovea centralis), plitkoj udubini promjera  $0,25 \text{ mm}$ , na mjestu gdje os leće pogađa mrežnicu. Oko nje se nalazi područje

promjera 2 mm, tzv. žuta pjega. Počevši od ruba centralne udubine prema periferiji žute pjege, gustoća čunjića opada, a štapića raste. Na periferiji mrežnice postoje samo štapići. Osjetljivost štapića vezana je za zalihu vidnog purpura kojega svjetlost razgrađuje, a koji se u tami potpuno obnavlja unutar 10-15 minuta.

5) mrtva točka (slijepa pjega) - mjesto na mrežnici oka u kojoj se spajaju živčana vlakna koja odvođe podražaje od osjetilnih stanica prema mozgu. Na toj točki nema osjetilnih stanica, pa slika pada u mrtvu točku koja ne pretvara svjetlosni podražaj u elektrokemijski proces.

## 2.2 *Višebojni tisak*

Pojam se odnosi na reprodukciju slike ili teksta u boji. Svaka prirodna scena ili fotografija u boji može se optički i psihološki rastaviti na tri primarne komponente - crvenu, zelenu i plavu. Jednake razine ovih triju boja, daju svjetlinu bijele boje, a različiti omjeri razina proizvode sve ostale boje. Aditivna kombinacija dvije primarne boje jednakih razina daje percepciju sekundarne boje. Primjerice, crvena i zelena daju žutu, crvena i plava daju magentu, a zelena i plava daju cijan. Žuta, cijan i magenta su osnovne sekundarne boje, a njihovi spojevi u različitim razinama daju mnoge druge boje koje se mogu smatrati terciarni. Dok postoji puno tehnika za reprodukciju slika u boji, potrebni su složeni grafički procesi i industrijska oprema za masovnu reprodukciju slika u boji. Tisak u boji koristi reprodukcijske tehnike za tiskarske strojeve sposobne otisnuti tisuće ili milijune otisaka stranica novina ili magazina, brošura, postera ili sličnih proizvoda za široko tržište. U industrijskom ili komercijalnom tisku, tehnika koja je potrebna za tisak slika u boji, kao što su fotografije, zove se četverbojni proces tiska ili procesni tisak. Koristi se četiri boje - tri sekundarne i crna - cijan (eng. Cyan - C), magenta (eng. Magenta - M), žuta (eng. Yellow - Y). Skraćeno CMYK! Ove boje su polutransparentne ili translucetne. Na mjestu gdje se boje preklapaju zbog slijeda otisaka, percipira se primarna boja. Primjerice, žuta preko koje je otisnuta magenta daje crvenu. Gdje se dvije tri boje preklapaju, gotovo svo svjetlo se apsorbira i daje prikaz gotovo potpuno crne boje. Kako ova suptraktivna crna nije dovoljna, koristi se i odvojena crna boja. Sekundarna boje ili suptraktivne - cijan, magenta i žuta, mogu se smatrati primarnima u tiskarskoj industriji. Potrebne su dvije grafičke tehnike kako bi se slike pripremile za četverbojni tisak. U fazi pripreme, izvorne slike se pretvaraju u formu koja se može otisnuti na tiskarskom stroju kroz separaciju boja ili rastriranje. Ovi koraci omogućavaju stvaranje tiskovnih formi koje prenose boju na papir u tiskarskom procesu baziranom na principima ofsetnog tiska.<sup>[15]</sup>

Proces separacije boja počinje separacijom izvornog djela u crvenu, zelenu i plavu komponentu (npr. na digitalnom skeneru). Prije nego je razvijena digitalna izrada slike, tradicionalna metoda izrade je bila fotografiranje slike tri puta kroz filtar za svaku boju. Kao rezultat bi se dobilo tri slike sivih tonova koje bi predstavljale crvenu, zelenu i plavu komponentu izvorne slike. Potom je trebalo preokrenuti separacije - negativna slika crvene komponente je slika koja predstavlja cijan komponentu slike. Slično, negativni zelene i plave komponente daju magenta i žutu separaciju. Ovo je potrebno napraviti zbog toga što su cijan, magenta i žuta suptraktivne primarne boje koje svaka predstavlja dvije od tri aditivne primarne boje kad je jedna aditivna boja odstranjena iz bijele svjetlosti. Cijan, magenta i žuta su tri osnovne boje kolor reprodukcije. Njihovim korištenjem u tisku trebala bi se dobiti dobra reprodukcija izvornika, no u praksi se dobivaju “prljave” boje, zbog čega se uvodi crna separacija koja poboljšava sjenu i kontrast slike. Postoje mnoge tehnike za stvaranje crne separacije od izvorne slike - GCR (grey component replacement), UCR (under color removal) i UCA (under color addition). Tehnika se naziva skraćeno CMYK. Današnji postupci digitalnog tiska nemaju ograničenja jednog prostora boja koje imaju tradicionalne CMYK tiskarske metode. Mogućnosti reprodukcije boja variraju za svaku boju, a dobivanje točne boje unutar sustava zove se “usporedba boja” (eng. color matching).<sup>[16]</sup>

Ofset tisak radi na principu suptraktivne sinteze. No, nasuprot transparentnim filtrima, intenzitet otisnutih filtra ne može se mijenjati. Ofset tiskom se ne može namjerno nanijeti deblji ili tanji sloj boje na podlogu. Zato se koristi tehnologija rastriranja. Kod rastera 100% pokrivenosti, boja radi kao maksimalni filtar. Ako je raster 50% pokrivenosti, efekt se proporcionalno gubi. Rezultati suptraktivnog modela uvjetovani su osvjetljenjem. Ako spektar svjetlosti sadrži na primjer više crvene boje, onda će boja svjetlosti koja se odbija od podloge, sadržavati više crvene. Iz ovih razloga obrada kolora i kontrola u tisku i pripremi, kao i ocjena probnih otisaka radi se pod standardiziranim uvjetima.<sup>[17]</sup>

### **2.3 Povijesni razvoj višebojnog tiska**

Tisak drvenim šablonama na tekstil bio je preteča tiska na papir u Aziji i Europi. Upotreba različitih šablona kako bi se proizveli uzorci u boji bili su uobičajeni. Najraniji način dodavanja boje otiscima na papir, bio je ručni. Kineski umjetnici koristili su drvoreze od 13. stoljeća, a u Europi su se pojavili u 15. stoljeću gdje su bili u upotrebi do 19. stoljeća - elementi na britanskim kartama bili su ručno bojani do 1875. godine. Najranije europske otisnute knjige

često su imale prazne prostore za inicijale, rubrike ili druge elemente koji su se dodavali rukom. Ova praksa je bila sve rjeđa poslije 15. stoljeća.

## **Europa**

Najranija metoda tiska u boji koristila je nekoliko otisaka, jedan za svaku boju, iako su postojali razni načini tiska dvije boje istovremeno. Liturgijske knjige zahtijevale su rubrike, uobičajeno crvene boje, koje su se zasebno otiskivale u posebnom prolazu crvenom tiskovnom formom za svaku stranicu. Ostale metode su se koristile za jednostranične otiske. Kjaroskuro je europska metoda razvijena u ranom 16. stoljeću, kod koje se uobičajenoj drvenoj šablona s linearnom slikom ("linijska šablona"), dodavala jedna ili više "tonskih šablona" otisnutih u različitim bojama. Metoda je razvijena u Njemačkoj, dok su se u Italiji koristile samo tonske šablone. Jacob Cristoph Le Blon razvio je metodu korištenja tri intaglio ploče (duboki tisak), obično s mezzotintom, koje su bile otisnute jedna preko druge kako bi se postigao široki raspon boja.<sup>[18]</sup>

## **Azija**

U Europi i Japanu drvorezi su bili obično korišteni za tisak, a ne ilustracije u knjizi. U Kini se tisak koristio najčešće u luksuznim umjetničkim knjigama. Prvi primjer je knjiga o šablonama iz 1606. godine, a tehnika bojenja knjiga doživjela je svoj vrhunac u 17. stoljeću.

Japanska tehnika bojenja, pod imenom nishiki-e, popularizirala se u tiskarske svrhe nakon 1760.-ih. Tekst je gotovo uvijek bio u jednoj boji, kao i slike u knjigama, ali je popularnost ukiyo-e zahtijevala sve veći broj boja i kompleksnost tehnika. Do 19.-og stoljeća većina umjetnika se služila kolor tehnikama.

## **19. stoljeće**

U 19. stoljeću postojale su mnoge vrste tiska u boji. George Baxter je 1835. godine patentirao metodu tiska intaglio pločom ili litografskom, u crnoj ili tamnijoj boji, čiji se otisak potom prekriva s do dvadeset otisaka drvenih šablona raznih boja. Edmund Evans je koristio reljef i drvo za tisak do jedanaest različitih boja, a kasnije je izrađivao ilustracije za dječje knjige, koristeći manje boja, ali preklapajući područja boja koja nisu punog tona kako bi dobio osjećaj prijelaza boja. Randolph Caldecott, Walter Crane i Kate Greenway su se ugledali na japanske otiske, pa su stvorili profinjeni stil s punim tonovima boja. Kromolitografija je postala prevladavajuća tehnika do kraja 19. stoljeća. Mehanička separacija boja, u početku je koristila fotografije fotografirane pomoću tri filtra u boji. Cinkografija s pocinčanim pločama kasnije je zamijenila litografske kamene ploče i osvojila tržište tiska u boji do 1930.-ih.



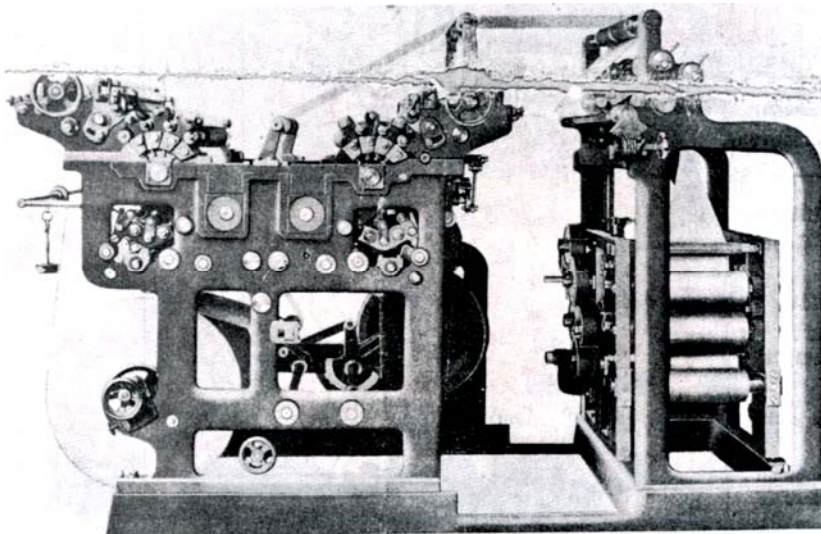
Slika 13: Kromolitografija tehnikom s tri boje, 1893. godina L. Prang & Co.

## 2.4 *Princip i povijesni razvoj plošnog tiska*

Tiskovni i netiskovni (slobodni) elementi leže u istoj ravnini. Vrste tehnika tiska: kamenotisak, ofset tisak, limotisak, svjetlotisak, roto-ofset, probni tisak, driografija, suhi ofset tisak, ofset indigo. Proizvodi koje se izrađuju ovom tiskarskom tehnikom: knjige, ambalaža, etikete, zemljopisne karte, katalozi, razglednice, otisci na limu i raznim folijama, umjetničke repro-



dukcije u više boja. Prvu ofsetnu novinsku rotaciju izradio je i patentirao Caspar Hermann 1907. godine. Njegova ofsetna rotacija imala je tiskovni agregat s četiri cilindra (pločni - gumeni - gumeni - pločni cilindar), mogla je proizvesti obostrani tisak na tiskovnu podlogu u traci na principu “guma-guma” brzinom 6000 otisaka na sat. Prvi takav stroj proizvela je tvornica Vomag iz Plauena. Sljedeću ofsetnu rotaciju izradila je tvrtka MAN 1921. godine tek poslije Prvog svjetskog rata. 1923. godine napravljena je prva ofsetna rotacija za višebojni novinski tisak na istim principima koje je koristio Hermann, ali s više identičnih tiskovnih agregata. Ova rotacija bila je savršenija, omogućavala je obostrani višebojni tisak na papirnu traku brzinom 30.000 otisaka na sat. Od 1924. do 1940. godine proizvedene su mnoge ofsetne rotacije u tvornicama MAN i Vomag. Poslije Drugog svjetskog rata prevladavajuća tržišna mjesta u proizvodnji ofsetnih rotacija preuzele su tvrtke MAN Roland, Konig-Bauer, Heidelberg Haris i Albert Frankenthal u Njemačkoj, Solna (Švedska), Muller Martini i Vifag (Švicarska), Baker Perkins (Engleska), GOSS (SAD) koje i danas proizvode različite vrste strojeva za ovu tehniku tiska.

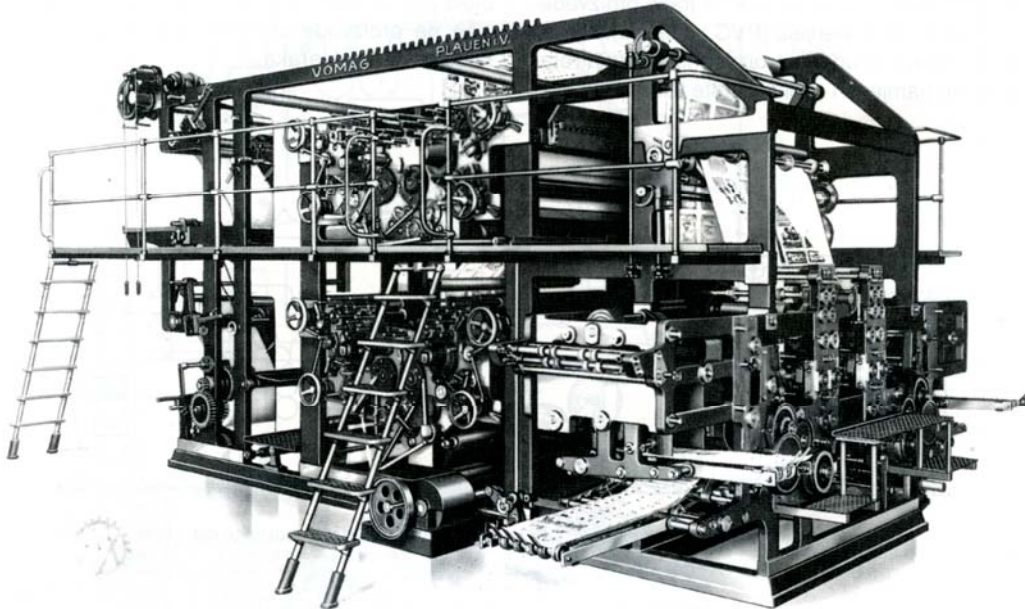


Slika 14: Casper Herman i njegova prva univerzalna ofsetna rotacija za obostrani tisak 1907.

Plošni tisak, danas je najraširenija tiskarska tehnika kod koje se obojena slika prebacuje s tiskovne forme na gumenu plašt, pa zatim na tiskovnu površinu. Kad se koristi u kombinaciji s litografskim procesom, zasnovanom na odbijanju ulja i vode, ofsetna tehnika upotrebljava ravni nosač slike (planografski) na kojem forma preuzima boju s bojanika, dok slobodne površine privlače otopinu za vlaženje, sastava na osnovu vode, i zato ne ostavljaju otisak.<sup>[15]</sup>

Kroz povijest, ofsetni tiskarski stroj razvili su u dvije inačice:

- 1) Robert Barclay, 1875. u Engleskoj, za tisak na lim
- 2) Ira Washington, 1903. u SAD-u, za tisak na papir



Slika 15: Prva ofsetna rotacija guma-guma iz Plauena, 1907.

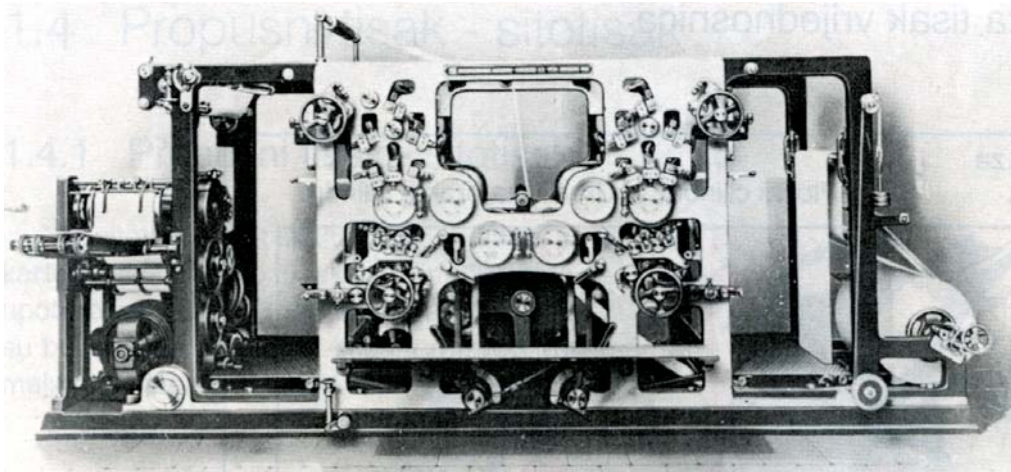
Ofsetna litografija svoju najveću popularnost dostigla je u 50.-im godinama prošlog stoljeća. Od tog vremena učinjena su velika unaprjeđenja tehnologije izrade tiskarskih ploča, boja i papira koja su poboljšala tehniku tiska, te joj povećale brzinu i otpornost tiskarskih ploča. Danas je litografija najraširenija tiskarska tehnika na svijetu, zaslužna za preko pola količine utrošenih tiskarskih ploča. Kvaliteta otisaka je ustaljeno visoka, a veličina naklade čini ovu tehniku komercijalno vrlo isplativom za poslovnu primjenu.

Prednosti ofsetnog tiska u usporedbi s ostalim tiskarskim tehnikama su:

- 1) Ujednačena kvaliteta slike – ofsetni tisak daje oštre i čiste otiske jednostavnije nego u knjigotisku, jer se gumena površina prilagođava teksturi tiskovne površine
- 2) Brza i jednostavna proizvodnja tiskovnih formi
- 3) Trajnija tiskovna forma, jer nema izravnog doticaja između forme i tiskovne površine. Dobre tiskovne forme u kombinaciji s optimiziranim bojama i otopinama za vlaženje mogu produljiti nakladu do milijun otisaka
- 4) Cijena - ofset tisak je najjeftinija tehnika tiska koja daje kvalitetne otiske za komercijalne potrebe u srednje malim, srednjim i velikim nakladama
- 5) Mogućnost podešavanja količine boje na valjku za nanošenje otopine za vlaženje po-



moću podesivog metalnog noža. Zatezanjem ili otpuštanjem vijaka mijenja se zazor između noža i valjka za otopinu za vlaženje puštajući manje ili više boje na određenim površinama. Posljedično se mijenja gustoća obojenja na površinama. Na starijim strojevima su se vijci podešavali ručno, a danas elektronski preko komandne ploče, dajući točnije rezultate i mogućnost finog podešavanja nanosa boja po cijelom arku.



Slika 16: Prva ofsetna rotacija za obostrani tisak iz tvornice MAN Druckmaschinen AG. Imala je jedan tiskovni cilindar kod svakog tiskovnog agregata (šest cilindara u dva agregatna sustava - pločni, gumeni, tiskovni cilindar), 1921.

Nedostaci ofsetnog tiska u odnosu na ostale tiskarske tehnike su:

- 1) Nešto manja kvaliteta slike u odnosu na duboki tisak
- 2) Teška senzibilizacija aluminijskih ploča nakon dužeg stajanja, zbog procesa oksidacije, ili "hvatanje" boje na slobodne površine
- 3) Za izradu tiskovnih formi je potrebno vrijeme i trošak, pa se sve češće koriste tiskarski strojevi za digitalni tisak kod malih naklada

Ofsetni tisak svrstavamo u indirektnu tehniku tiska. S tiskovne forme (ploče) otisak se prvo prenosi na gumenu navlaku a zatim uz pomoć tiskovnog valjka na tiskovnu podlogu. Ova tehnika tiska koristi se za tisak gotovo svih grafičkih proizvoda. Tiska se uglavnom na tiskovne podloge papir, polukarton, karton i lim.

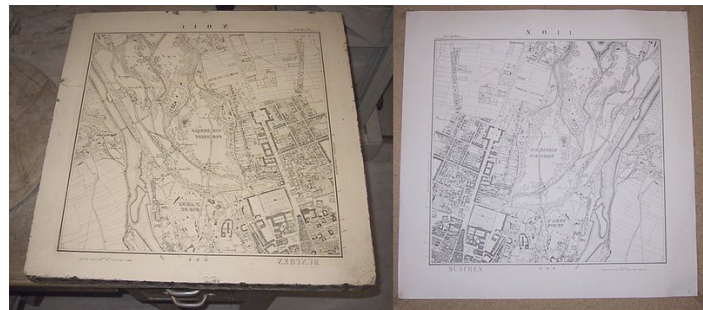
Strojevi za tisak podijeljeni su u dvije grupe:

- 1) Strojevi za tisak iz arka različitih standarda 0, 1, 2, 3, A i B formata, sa ili bez agregata za nanošenje laka i sušarom. Agregat za nanošenje laka i sušaru uglavnom imaju veći strojevi, što znači strojevi sa najmanje četiri tiskovna agregata većih standarda.

- 2) Strojevi za tisak iz role, umjesto ulagaćeg stola imaju nosače rola sa tir ili dva kraka a služe za automatsku promjenu role papira (zvijezde). Zavisno o namjeni stroja, tisak novina ili revija, strojevi su različito konstruirani. Strojevi za tisak novina imaju tiskovne agregate obično postavljene jedan iznad drugog a izlaz je savijači aparat primjeren tisku novina sa automatskim transporterima.

## 2.5 *Povijesni razvoj ofsetnog tiska*

Litografija je razvijena kao jeftina tehnika umnažanja. Tiskarski proces je bio ograničen na ravne, porozne površine jer su tiskovne forme bile od vapnenca. Limenke su bile raširena ambalaža u 19.-om stoljeću, ali je bila potrebna tehnologija transfera prije nego se litografski proces mogao koristiti za tisak na lim. Prvi rotacijski, ofset, litografski, tiskarski stroj napravio je u Engleskoj 1875. godine Robert Barclay. Njegov stroj kombinirao je tehnologiju prenosa tiska iz sredine 19.-og stoljeća s rotacijskim tiskarskim strojem kojega je 1843. godine osmislio Richard March Hoe, a koji je koristio metalni valjak umjesto ravnog kamena. Ofsetni valjak je bio presvučen posebno obrađenim kartonom i prenosio je sliku s kamena na površinu metala.



Slika 17: Litografski stroj na kojemu je otisnuta zemljopisna karta grada Moosburga

Kartonska presvlaka je zamijenjena kasnije s gumom. Fotogravura, proces koji je koristio rastersku tehnologiju umjesto ilustracije, postao je najtraženiji u medijima. Mnogi strojari, koristili su jeftinu litografsku tehnologiju kako bi umnažali fotografije i knjige. Ira Washington iz New Jerseya u SAD-u slučajno je, zaboravivši umetnuti arak u stroj, 1901.

godine otkrio da se kad se tiska s gumenog valjka, umjesto metalnog, dobije čišći i oštiji otisak. Do 1907. godine Rubelov je tiskarski stroj bio u upotrebi u San Franciscu. Tvrtka "Harris automatic press company" proizvela je sličan stroj u isto vrijeme. Charles i Albert Harris napravili su rotacijski knjigotiskarski stroj. Ofsetni tisak je jedna od najkorištenijih tehnika tiska. Najčešće se primjenjuje za tisak novina, revija, brošura, tiskanica i knjiga. U usporedbi s ostalim tiskarskim tehnikama, ofsetni tisak je najbolje prilagođen tisku velikih naklada uz ekonomske troškove i osnovno održavanje. Mnogi moderni ofsetni tiskarski strojevi koriste CtP sustave umjesto klasičnih CtF radnih tokova, što im poboljšava kvalitetu.

Litografija (grč. lithos - kamen + grč. graphein - pisati, kamenotisak) je grafička tehnika plošnog tiska s kamene ploče. Izvodi se na način da umjetnik masnim litotušem ili litokredom nanese crtež na kamen, zatim kamenu ploču podvrgne nagrizanju gumiarabikom i azotnom kiselinom. Prijenos boje kamenom pločom na papir počiva na principu adhezije između masnoće i vode. Kamen, na mjestima gdje je crtež odbija vodu, a na tim mjestima prima boju koja se valjkom nanosi na ploču.<sup>[19,20]</sup> Otisci se rade pomoću litoprese. Izumitelj litografije je Alois Senefelder, sin njemačkog glumca, 1798. godine.



Slika 18: Alois Senefelder, izumitelj litografije

Studirao je pravo po očevoj želji, no prava mu je ljubav bila kazalište u kojemu nije imao puno uspjeha kao glumac, ali je zato izvrsno pisao scenarije. Ograničenih novčanih sredstava, bio je primoran pronaći način za umnažanje svojih drama. Najprije je pokušao s bakropisom, što je bio mukotrpan proces koji je zahtijevao puno vremena i truda. Zato je Senefelder odlučio vježbati rezbarenje na bavarskom vapnencu umjesto na skupom bakru. Kako bi ispravio greške u pisanju na bakrenim pločama, pronašao je tekuću mješavinu voska, sapuna, čađi iz lampe i kišnice koja je zadovoljavala njegove potrebe. Ova dva materijala - vapnenac i tekuća mješavina postali su dva osnovna sastojka litografije.<sup>[21]</sup> Senefelder je shvatio da će slika koju

nacrta na vapnencu, svojom mješavinom, odbijati vodu, dok površina kamena neće. Zato je najprije namočio cijelu kamenu ploču, pa tek onda na nju nanio boju s valjkom kako bi dobio obrise svojega zapisa na kamenu. Ovaj proces se zove Princip litografije. Kako se litografija zasniva na kemijskom principu, Senefelder ga je nazivao kemijsko tiskanje i posvetio mu cijeli ostatak svog života. 1817. godine dizajnirao je tiskarski stroj koji je automatski vlažio i nanosio boju na ploču. Bio je nagrađen za životni rad i preminuo kao bavarski kraljevski inspektor za litografiju. Litografija je bila izuzetno jednostavan medij za umjetnike koji je omogućavao umnažanje jednostavnog crteža rukom na kamenu u puno kopija na papiru. Zato je ovaj proces postigao izuzetnu popularnost diljem svijeta. Od skromnih početaka, kroz 150 godina kad su je koristili samo umjetnici, ova tiskarska tehnika postala je jedna od najzastupljenijih u svijetu.

Početkom 20.-og stoljeća, litografija je izgubila popularnost zbog napretka u učinkovitosti knjigotiskarskih strojeva. Litografija je bila spor proces zbog svog plošnog dizajna i bilo je nužno uklopiti njena svojstva u rotacijski mehanizam. No, rotacijski mehanizam zahtijevao je da se ploča može savinuti oko cilindra, a to nije bilo moguće učiniti s kamenom pločom. Senefelder je previdio ovaj problem i eksperimentirao s kemijski obrađenim metalima kao baznim materijalom za litografiju. Krajem 19.-og stoljeća pronađeno je da cink i aluminij mogu biti učinkovito korišteni kao litografske ploče, pa su se mogli koristiti u rotacijskim strojevima. Prvi rotacijski litografski strojevi tiskali su izravno s tiskarske ploče na tiskovnu površinu, zbog abrazivnih sila slika bi se na ploči ubrzo „potrošila“. Ova mana omela je popularnost rotacijskih strojeva s izravnim tiskom.<sup>[22]</sup>

Izrada litografskih ploča bila je dug i zamoran zadatak koji je iziskivao veliku količinu ručnog rada, pa je zato bila potrebna brža i jednostavnija metoda. Osim toga, proces prijenosa imao je nekoliko tehničkih ograničenja zbog kojih je počeo gubiti popularnost sve do uvođenja fotografije u proces izrade tiskarskih ploča. Francuski znanstvenik, Joseph Niepce, proizveo je prvu fotografiju 1826. godine. Nastala je fotolitografija - proces izrade litografske tiskarske ploče fotografskim metodama. Izumio ju je francuski kemičar, Alphonse Louis Poitevin, 1855. godine. Poitevin je premazao kamen (pripremljen za rastersku sliku) otopinom kalij bikromata i albumina, osušio ga i osvijetlio pod negativom, zatim ga oprao, nanio boju koja se prihvatila samo na prethodno osvijetljene dijelove koji nisu bili vlažni. Kamenom je tada otisnuo fotografiju litografskom metodom. Postalo je jasno da je izravno premazivanje kamena i ekspozicija svjetlu nepraktična, pa su istraživanja nastavljena u smjeru procesa prijenosa fotolitografske slike s podloge na kamen ili pocinčanu ploču. Probe su uspjele, ali uz probleme koji prate

svaki proces prijenosa. Ovaj napredak omogućio je nastanak rasterskih procesa tj. „rastavljanje“ izvorne fotografije u rasterske elemente različitih veličina koji su odgovarali tiskarskoj proizvodnji.

Englez, Henry Talbot prvi je put koristio raster za reprodukciju fotografija 1852. godine. 33 godine kasnije, Amerikanac Frederick Ives dizajnirao je i proizveo praktični raster koji se sastojao od dva osvijetljena, staklena negativa s ucrtanim linijama jednako udaljenim jedne od druge. Negativi su bili fiksirani jedan uz drugi, pa su se linije sjekle pod pravim kutovima. Max Levy iz Philadelphije uspio je 1890. godine pronaći točan proces za proizvodnju ovih rastera. Izvorna fotografija bila bi refotografirana s rasterom pred novim filmom. Kvadrati nastali presjekom linija na staklenim pločama izoštrili bi svjetlo iz izvorne fotografije u rasterske elemente. Svjetlija područja izvornika, koja bi reflektirala više svjetla u film, predstavljali bi veliki elementi, a tamnija područja koja bi reflektirala manje svjetla, rezultirala bi manjim elementima. Tako je nastao rasterski negativ. Rasterski proces omogućio je kvalitetnu reprodukciju izvornih fotografija bez potrebe za urezivanjem ili crtanjem na tiskarskoj ploči. Vrlo brzo nakon izuma, velike novine su počele obogaćivati sadržaje u svojim novinama ilustracijama.

Tisak procesnih boja odnosi se na potpunu reprodukciju originala u boji koristeći samo tri boje - žutu, magentu i cijan. James Le Blon prvi put je ovaj proces koristio krajem 17.-og stoljeća. Zasnivao je svoj rad na Newtonovoj teoriji boja, a prvu separaciju napravio samostalno prostim okom i otisnuo je postupkom graviranja. Otisci su bili zadivljujući, ali se postupak trobojnog tiska nije primjenjivao iako je blisko povezan s razvojem fotografije u boji, koji je postao toliko važan u budućnosti. Najvažniji čovjek u povijesti tiska procesnih boja je Louis Ducos du Hauron, koji je 1868. godine postavio temelje reprodukcije objekata u prirodnim bojama superimpozicijom tri fotografski proizvedene slike u magenti, cijanu i žutoj boji. Također je eksperimentirao 1870. godine s litografijom procesnim bojama koristeći tri tinte umjesto tri fotografski proizvedene slike stalnog tona. Du Hauron je koristio tri rasterske slike koje su se preklapale - magentu, cijan i žutu. Također je naglasio važnost prilagodbe vremena ekspozicije svake slike kako se ne bi pojavio višak bilo koje boje. Iako su rasterska fotografija, fotolitografija i procesni tisak u boji bili važni koraci u povijesti litografije, bili su nedovoljno upotrebljivi u praksi zbog nesavršenosti litografskog tiskarskog stroja. I plošni litografski tiskarski stroj s kamenom i rotacijski stroj s direktnim prijenosom imali su previše mana da bi litografska tehnika, u to vrijeme, našla širu primjenu u proizvodnji.

Područje tiskovnih površina na fotolitografskoj ploči je vrlo osjetljivo, pa je iz tog razloga abrazija kod izravnog kontakta s papirnom površinom uzrok brzom trošenju slike s površine ploče. Ofsetni tiskarski stroj izbjegava izravni kontakt između ploče i papira dodatkom gumenog plašta koji omogućava prijenos slike na površinu plašta, a tek potom na tiskovnu podlogu. Tako je nastala neizravna tehnika tiska. Litografski, ofsetni stroj napravljen je prvi put u Engleskoj 1875. godine. Stroj je bio plošni s litografskim kamenom za tisak na metal. Međucilindar, prekriven posebnim kartonom, prenosio je otisnutu sliku s litografskog kamena na metalnu ploču. Karton je nedugo poslije zamijenjen gumom. Amerikanac, Ira Rubel 1905. godine, proizvođač papira iz Nutleya, prvi put je upotrijebio ofsetni proces za tisak na papir. Stroj je bio plošni s kamenom pločom, a imao je cilindar presvučen gumom koji je pomagao kod prijenosa slika s kamena na papir. Kad god je osoba koja je umetala papirni arak propustila umetnuti papir dok je stroj bio u pogonu, kamen je otisnuo sliku na gumeni cilindar. Sljedeći arak je zato imao otisak na obje strane - izravno s kamena na jednoj strani i presliku s gumenog cilindra na drugoj. Rubel je primijetio da je slika na pozadini arka puno oštija i jasnija nego ona koju je izravno otiskivala kamena forma. Zaključio je da je uzrok ovoj pojavi mekana guma koja puno bolje priliježe na papir od tvrdog kamena. Zato je dizajnirao stroj koji je najprije tiskao na gumeni plašt i tek onda na papir. U suradnju sa strojarom Sherwoodom, proizveo je 12 ofsetnih strojeva. Nakon Rubelove smrti, istraživanja je nastavio Charles Harris iz tvrtke Harris Automatic Press Company, koji je napravio ofsetni stroj od knjigotiskarske rotacije. Iz tog razloga bila mu je potrebna metalna ploča koja bi se mogla oviti oko cilindra. Ploča je bila smještena na vrh stroja gdje su je valjci s bojom i vodom mogli dodirivati. Neposredno ispod valjka, u kontaktu s pločom, bio je valjak s gumenim plaštom. Na samom dnu nalazio se tiskovni cilindar koji je pritiskao papir dok je prolazio između njega i gumenog plašta, kako bi prenio sliku na papir. Stroj je zahtijevao ručno ulaganje papira. Nekoliko godina poslije dodano je i automatsko ulaganje koje je strojeve učinilo vrlo sličnima onima koje danas koristimo kod ofset tiska. Ofsetni, litografski stroj razlikuje šest sustava - ulaganje, registar, vlaženje, nanošenje boje, tisak i izlaganje. Ova vrsta tiska ubrzo je stekla veliku popularnost, pa su strojari nastavili s poboljšavanjem mogućnosti - tisak s obje strane arka istovremeno i tisak na rolu papira umjesto na arak. Danas je stroj za ofsetni tisak primjer učinkovitosti i savršenstva s mnogim elektroničkim i računalnim kontrolama. Štoviše, sama pomisao na tisak, danas navodi pojedinca na razmišljanje o litografskom ofsetnom tisku, jer je najraširenija tiskarska tehnika na tržištima diljem svijeta.

Jedan od najvažnijih elemenata kvalitete litografskog tiska je kvaliteta tiskarske ploče. Izvor-

ne litografske ploče su bile od vapnenca, a kako se industrija razvijala pojavila su se dva najvažnija problema - bili su preteški, skupi i zahtjevni za skladištenje i nisu se mogli savijati oko cilindra rotacijskog tiskarskog stroja. Metalne ploče su riješile ova dva problema. Najprije se slika prenosila s master slike na metalnu ploču, a potom je Poitevin potpuno izbacio kamen i koristio samo metalne ploče i to na način da ih je presvukao kalcij bikromatom i albuminom, zatim stavio u rotacijski stroj za ravnomjerno raspoređivanje premaza na velikim brzinama, osvijetlio kroz negativ, isprao vodom kako bi odstranio neosvijetljeni dio premaza i na posljetku nanio boju. Boja se prihvatila samo na osvijetljene dijelove ploče. Proces je bio vrlo složen, a omjer kemikalija je morao biti savršen, pa je to činilo velike poteškoće u izradi tiskovnih formi. Neosvijetljena, premazana ploča imala je vrlo kratak rok skladištenja, pa se premaz nanosio neposredno prije izrade forme. 40.-ih godina prošlog stoljeća znanstvenici su izumili metodu tvorničkog oslojavanja ploča koja je davala ujednačenost. Većina ploča bila je na bazi papira, pa se nisu mogle koristiti za veće naklade. Prvu praktičnu aluminijsku ploču pripremljenu za ofsetni tisak napravila je tvrtka 3M 1951. godine. Ploča je imala dug vijek skladištenja, ujednačenu površinu i lako se razvijala. Zahtijevala je četiri koraka: 1) ekspoziciju već oslojene ploče jakom svjetlu ugljičnog luka, 2) odstranjivanje neosvijetljenog sloja gumiarabikom, 3) primjenu posebnog razvijaača slike, 4) ponovnu upotrebu gumiarabike kao zaštitnog sloja. Ovaj proces je litografska industrija jedva dočekala, jer je njime otklonila najgoru prepreku postizanju najbolje moguće kvalitete. Od 50.-ih godina prošlog stoljeća tiskarske ploče su dobile još mnoga poboljšanja - nepotreban je razvijaač slike, jer se cijela slika nanosi unaprijed, a neosvijetljene površine otklanjaju nakon ekspozicije. Ovaj tip ploča se zove suptraktivan za razliku od prošlog, aditivnog, tipa. Kasnih 1970.-ih ploče su se počele proizvoditi tako da im nije bio potreban razvijaač nakon ekspozicije, jer se neosvijetljeni sloj ispirao vodom. Ovaj proizvod se zvao „Aqualith“ ploča i razvila ga je opet tvrtka 3M. 1990.-ih tvrtka Toray načinila je i ploče koje nisu zahtijevale niti vodu za ispiranje - jednostavno tiskovne površine privlače boju, a slobodne je odbijaju. No, ova tehnologija je zahtijevala modifikacije na tiskarskom stroju kako bi bojanici ostali hladni - u slučaju da su se zagrijali, boja bi se primala i na slobodne površine.

Kao i kod drugih industrija, litografska tiskarska industrija imala je važne povijesne pomake, međusobno povezane. Glavni navedeni događaji zaslužni su za popularizaciju litografskog procesa. Dokaz uspješnosti ove tehnologije je broj litografskih tvrtki koji se od 1900. do 1970. godine povećao za 3000%.

## 2.6 *Tiskarske boje*

Ofsetna tehnologija tiska koristi boje koje su, u usporedbi s onima iz ostalih tehnologija, vrlo viskozne - dinamične viskoznosti 40-100 Pas.<sup>[23,24]</sup> Postoje različite vrste ofsetnih boja, svaka sa svojim prednostima i manama:

- a) boje za revijalni roto ofset tisak - najuobičajenije, suše se pomoću topline, pa zatim brzo hlade; koriste se kod tiska magazina, kataloga itd.
- b) boje za novinski roto ofset tisak - suše se apsorpcijom u nepremazanu tiskovnu podlogu; koriste se za tisak novina i knjiga; najekonomičnije
- c) boje koje se suše energijom kao što je UV zračenje ili elektronski snop - najkvalitetnije boje; suše se primjenom svjetlosne energije; najskuplje ofsetne boje
- d) Kao i većina grafičkih boja, ofsetne boje sastoje se od pigmenata, veziva, smola, punila i dodataka. Disperzirani pigmenti u vezivu (ulja+smole), punila i dodaci daju pastoznu smjesu velike konzistencije. Za poboljšanje sušenja boje na tiskovnoj podlozi u toku tiska u boju može se oprezno dodavati sušila (sikative).<sup>[25]</sup>

## 2.7 *Otopina za vlaženje*

Otopine za vlaženje, u ofsetnom tisku, su podložne promjenama. Iako se o uzrocima i vrstama promjena može raspravljati, upravljanje njima je relativno jednostavno. pH vrijednost se koristi za kontrolu otopine za vlaženje, dok se provodljivost koristi kao faktor za fino poboljšavanje otopine za vlaženje. Većina otopina za vlaženje sastoje se od četiri osnovna elementa, koji su svaki zasebno važni u ofsetnom procesu. Kiselina u otopini za vlaženje smanjuje pH vrijednost održavajući tiskovne površine na ploči oleofilne, a slobodne površine hidrofилne. Aditiv za vlaženje u otopini smanjuje površinsku napetost vode, održavajući svojstva vlaženja na slobodnim površinama ploče. Smanjenjem potrebne količine vode kako bi ploča ostala čista, također smanjuje i potrebnu količinu boje.<sup>[26]</sup> Omekšivač smanjuje korozivni utjecaj kiseline na aluminijsku ploču, što će produljiti trajnost ploče i poboljšati kvalitetu tiska. Gumiarabika štiti ploču od vlažnosti i kemijskih reakcija nakon što tiskarski stroj stane. Važan faktor u pripremi otopine za vlaženje je kvaliteta sastojaka u otopini. Mjerenje provodljivosti daje mogućnost kontrole razine otopljenih sastojaka. Kod dodavanja kiselog koncentrata pufera kako bi se pripremila otopina za vlaženje, pH padne do određene razine na kojoj se zadržava bez obzira na daljnje dodavanje pufera, no očitavanje provodljivosti raste. Zato je moguće



da, ako se prati samo pH otopine, koncentracija otopine bude previsoka. Većina koncentrata proizvodi otopinu za vlaženje s pH vrijednošću između 3,5 i 5, a provodljivost između 800 i 1500  $\mu\text{S}$ . Za najbolje rezultate koncentracija ne bi smjela varirati u dnevnoj proizvodnji.

Najzastupljenija tiskarska tehnika danas naziva se plošni ili ofsetni tisak. U ovoj tehnici ključno je spriječiti prihvaćanje bojila na slobodne površine i zaštititi tiskovnu formu od oksidacije kad stroj prestane s radom. U osnovi ofsetni tisak je vrlo kompleksan proces na koji utječu mnogi fizikalni i kemijski parametri kao što su svojstva tiskovne forme, tekućine za vlaženje, bojila, stanje stroja, vrsta tiskovne podloge. Iz tog razloga važno je definirati uvjete koji utječu na reprodukciju kako bi ona bila što kvalitetnija.<sup>[27]</sup>

Tiskovna forma za plošni tisak najčešće je izrađena od samo jednog materijala i to aluminija. Aluminij je metal oleofilnih svojstava zbog svoje nepolarne građe. Vrlo je reaktivan i na zraku oksidira u aluminijev oksid  $\text{Al}_2\text{O}_3$  koji je, za razliku od neoksidiranog, hidrofilan. No, oksidirana površina aluminija nije dovoljno velika, a niti dovoljne površinske energije kako bi njena hidrofilnost bila iskoristiva u tiskarskom procesu. Zato je potrebno poboljšati svojstva slobodnih površina tiskovne forme. Oleofilne površine građene su od kopirnog sloja koji je najčešće diazo smola ili fotopolimer. Tretirana površina oksidiranog aluminija pokazuje dobra hidrofilna svojstva, ali su oleofobna još uvijek preslaba, pa u tiskarskom procesu na slobodne površine prihvaća otopina za vlaženje koja sprečava prihvaćanje bojila.

Glavne uloge otopine za vlaženje:

- 1) najvažnija - sprečavanje nanošenja bojila na slobodne površine
- 2) održavanje hidrofilnog karaktera slobodnih površina
- 3) omogućavanje brzog skidanja boje sa slobodnih površina
- 4) omogućavanje brzog širenja vode po površini tiskovne forme
- 5) omogućavanje jednolikog toka vode po valjcima za vlaženje
- 6) podmazivanje ploče, valjaka i ofsetnog cilindra
- 7) kontrola emulgiranja vode i bojila
- 8) kontrola hlađenja

U slučaju da odnosi unutar otopine za vlaženje nisu dobri ili su omjeri otopine i boje u procesu krivi, tiskovne površine se mogu ispirati ili se pojavljuje toniranje u tisku. Da bi otopina za vlaženje mogla uspješno obaviti svoju funkciju mora sadržavati sljedeće dodatke:

- 1) voda - može biti tvrda ili meka, ovisno o tome koliko minerala (anorganskih soli) sa-

drži. Minerali disociraju na ione  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ . Ukoliko je koncentracija iona kalcija i karbonata velika dolazi do taloženja kalcijevog karbonata koji se taloži na valjcima i smanjuje njihov prijenos otopine za vlaženje. Taloženje na tiskovnoj formi negativno utječe na moć apsorpcije otopine za vlaženje, a također i uzrokuje porast pH vrijednosti i provodljivost otopine. Zato je važno prije tiskarskog procesa vodu pripremiti tj. demineralizirati po potrebi.

- 2) soli za hidrofilizaciju - anorganske soli, silikati  $\text{SiO}_4^{4-}$  i fosfati  $\text{PO}_4^{3-}$ , zbog svoje polarne strukture se apsorpcijom vežu na slobodne površine tiskovnih formi i s aluminijem stvaraju hidrofilne spojeve i time povećavaju hidrofilnost slobodnih površina na tiskovnoj formi.
- 3) puferi - smjese slabe kiseline ili slabe lužine i njihovih soli. Zbog procesa hidrolize puferi zadržavaju pH vrijednost bez obzira na dodatak sastojaka koji ih mogu izmijeniti. Puferi omogućavaju brzo sušenje, sprečavaju kemijske promjene na slobodnim površinama tiskovne forme. Najpovoljnija pH vrijednost je od 4,5 do 5,5, jer se iznad vrijednosti 5 postupak sušenja otežava, a ispod 4,5 dolazi do otapanja hidrofilnog sloja na slobodnim površinama i pojavljuje korozija materijala.
- 4) površinski aktivne tvari - zadržavaju se na površini otopine i služe za smanjenje površinske napetosti vode i povećavanje snage slobodnih površina na tiskovnoj formi. Smanjuju kontaktni kut koji je mjera za močenje. Građene su od velikih molekula od dva dijela - nepolarnog (ugljkovodični radikal) i polarnog (funkcionalna skupina). Najčešće se koristi sredstvo 2-propanol koji je štetan za okoliš i zdravstveno opasan.
- 5) vodotopiva gumiarabika - sušena smola biljnog podrijetla, topiva u vodi, po kemijskoj strukturi polisaharid. U svojoj strukturi ima nekoliko jakih polarnih hidroksilnih skupina OH- koje joj omogućavaju apsorpciju na tiskovnoj formi čime stvara zaštitni film i čuva je od kemijskih i mehaničkih oštećenja dok stroj ne radi. Najbolje se apsorbira na površinu aluminijske tiskovne forme ako je pH približno 4.
- 6) otapala - čiste površinu od masnoća. Ne smiju se taložiti na slobodnim površinama, jer tada privlače bojilo i toniraju otisak.
- 7) dodaci za podmazivanje - podmazuju između ploče i valjaka nosača kako bi se tiskovna forma manje trošila i sprečavaju nakupljanje nečistoća u otopini za vlaženje. To su polimeri, glikoli i supstituti alkohola.
- 8) agensi za kontrolu emulgiranja - u slučaju miješanja ulja i vode stvaraju se emulzije. Tijekom tiska voda iz otopine za vlaženje emulgira u bojilo što, ako se dogodi u velikim količinama, smanjuje gustoću obojenja i smanjuje sjaj otiska. U obrnutom slučaju,

ako bojilo emulgira u otopinu za vlaženje, bojilo se prima na slobodne površine i dolazi do toniranja.

- 9) sredstva za povećanje viskoznosti - povećanje viskoznosti smanjuje se moć močenja i efektivnost, no premala viskoznost otežava dolazak tekućine za vlaženje do tiskovne forme. Kemijski ova sredstva su alkoholi.<sup>[24]</sup>
- 10) ostali - bojila, sredstva za sprečavanje pjenjenja i biocidi. Biocidi sprečavaju razvoj mikro organizama u otopini za vlaženje

Komponenta ofsetne, litografske tehnike tiska na bazi vode. Služi za vlaženje slobodnih površina na tiskovnoj formi kako bi spriječila zadržavanje boje na njima. Prije su otopine za vlaženje bile kiselog karaktera i sadržavale su gumiarabiku, kromate i fosfate, te magnezij-nitrat. Alkohol se dodaje kako bi umanjio površinsku napetost vode i omogućio bolje hlađenje tiskarskog stroja, pa time i brže sušenje boje. U prethodnom stoljeću razvijene su neutralne i alkalne otopine za vlaženje koje ovise o emulgatorima i površinski aktivnim tvarima, te fosfatima ili silikatima kako bi omogućile čišćenje i desenzibilizaciju slobodnih površina. Od 2000. godine otopine alkalnog karaktera sve su manje u upotrebi zbog opasnosti za zdravlje uslijed visoke pH vrijednosti i oštrog mirisa mikrobioloških dodataka. Otopine za vlaženje kiselog karaktera su još uvijek u širokoj primjeni i postižu najbolje rezultate u zaštiti tiskovne forme. Također postižu manje priraste rasterskog elementa i produljuju radni vijek ploče. Takve otopine imaju najširu upotrebu i iz razloga što se upotrebljavaju s gotovo svim vrstama litografskih boja. No, unatoč prednostima, zahtijevaju više aktivnih sastojaka da bi dobro funkcionirale, pa su skuplje od neutralnih i alkalnih otopina. Iz tog razloga, neutralne i u manjoj mjeri alkalne otopine za vlaženje koristiti će se i dalje u novinskoj proizvodnji do trenutka kad u širokoj primjeni budu ofsetni tiskarski procesi bez potrebe za vlaženjem. Odnos boje i otopine za vlaženje je vrlo važan dio ofsetnog tiska. Ako je odnos dobar, proizvod će karakterizirati dobra gustoća obojenja. Kod tiska većih naklada, stroj se zagrijava i isparava vodu iz otopine za vlaženje, pa strojar mora povećati količinu otopine kako bi kompenzirao za isparavanje. Strojari u pravilu najčešće koriste što je moguće manje otopine za vlaženje, kako bi izbjegli probleme koji su vezani za odnos boje i otopine.

## **2.8    *Papir***

Izrađuju se miješanjem dviju vrsta vlakana koje papiru daju odgovarajuća svojstva. Mehanički pripremljena vlakna imaju dobar stupanj neprozirnosti, ali neznatnu svjetlinu i slabu čvr-

toću, dok su kemijski izrađena vlakna čvrsta, velike svjetline i bjeline, ali neznatnog stupnja neprozirnosti. Proizvodnja papira je izuzetno kompleksan proces. Vrsta papira proizvedena po specifikaciji ne jamči vrhunsku kvalitetu tiska. Kvaliteta tiska na istoj vrsti papira i istom modelu stroja može biti različita, a sve ovisi o stanju stroja (podešenost valjaka, cilindara, tip gumenih plašteva, navlake, način vlaženja, temperatura, boja...). Tiskovna kvaliteta papira, mora se ispitati u laboratoriju tvornice papira, a proizvođač bi morao zadržati svojstva papira i kod izrade traka velikih širina. Važna je i napetost trake papira zbog pucanja, gubljenja registra za savijanje i zaustavljanje, gubljenja registra boja i pasera, a na nju utječu papir, tiskovni agregati i drugo. [28]

Tablica 1: Podjela vrsta papira za tisak na ofsetnim rotacijama

Kodna oznaka	Naziv	Površina	Tip vlakana	Težina (g/m <sup>2</sup> )	Osnova	Sadržaj vlage
NIP	novinski tiskovni	nepremazan	mehanička	48-48,8	26-33	8-10%
INP	poboljšani novinski	nepremazan	mehanička velike bjeline	45-60	30-40	8-10%
DNP	tiskovni za telefonske knjige	nepremazan	mehanička	34-42,5	23-28	8-10%
SC	super kalandrirani	nepremazan	mehanička i kemijska	49-65	33-43	5-6%
MFP	strojno glatki	pigmentiran	mehanička i kemijska	54-70	36-47	5-6%
MFC	strojno glatki	premazan	mehanička i kemijska	54-70	36-47	5-6%
LWC	lagani i premazani	premazan	mehanička i kemijska	51-80	34-54	4-6%
ULWC	ultralagani i premazani	premazan	mehanička i kemijska	39-48	26-28	4-6%
MWC	srednje teški	premazan	mehanička i kemijska	80-115	54-77	4-6%
WF	bezdrvni	nepremazan	kemijske izrade	80-150	54-101	4-6%
WFC	bezdrvni premazani	premazan	kemijske izrade	80-150	54-101	4-6%

Spektar boja postignut u tisku (raspon obojenja ili gamut) izravno je u vezi s bojama i kvalitetom papira. Ako su nekvalitetni papiri, hrapave površine, nemoguće je dobiti kvalitetan otisak

dobre oštine i sjaja. Odnosi svojstava papira, boje i načina sušenja različito utječu na brzinu tiska, utrošak boje, učestalost pranja gumenih plašteva, sastav i utrošak sredstava za vlaženje, pojavu elektrostatike, napetost trake, kao i probleme kod savijanja, mazanje, prašenje i prskanje boja. Novinski papir odlikuju svojstva visoke apsorpcije i brzo primanje boja, malo odvajanje, no moguće taloženje i čupanje, mala prozirnost i mali utrošak boja.

## **2.9 Gumeni plaševi za roto-ofsetni tisak**

Postoje dvije vrste gumenih plašteva:

- 1) konvencionalni ili nekompresibilni (nepromjenjive debljine)
- 2) kompresibilni ili stlačivi

Guma nije kompresibilna, pa je tih svojstava i konvencionalni gumeni plašt tj zadržava konstantni volumen. U zoni otiskivanja površinski sloj gume istiskuje se izvan zone otiskivanja, zbog čega dolazi do rastezanja slike. Pri otiskivanju, kut odvajanja tiskovnog materijala od gumenog plašta je velik u odnosu na kut odvajanja kod tiska na kompresibilnim gumenim plaštevima s QR zračnim slojem. Kompresibilni gumeni plašt se sastoji od svilenih i gumenih slojeva sa zračnim mjehurićima koji se tokom tiska stlačuju na mjestu kontakta. Nekompresibilni gumeni plaševi u tiskovnoj zoni vrlo malo mijenjaju volumen u odnosu na kompresibilne gumene plaševe. Smanjuje se dupliranje, proklizavanje i deformiranje rasterskih elemenata tijekom tiska. Zračni mjehurići i kanalići u kompresibilnim gumenim plaštevima osiguravaju da zgužvan ili oštećen papir ne ostavi nikakav trag. Osim toga smanjuju adhezijsku silu tijekom tiska, pa je kut manji kod odvajanja tiskovnog materijala od površine gumenog plašta. Zato efekt ljepljivosti površina gumenog plašta i boje postaje manji, a kvaliteta tiska bolja. Kad je adhezijska sila veća, veća je i ljepljivost, pa i kut odvajanja otiska od gumenog plašta. Odvajanje otisaka traje dulje, pa dolazi do deformacije rasterskih elemenata, te do istežanja i savijanja otisaka.<sup>[29]</sup> Debljina kompresibilnog gumenog plašta kreće se od 0,05 mm do 1 mm.

## **2.10 Glavni dijelovi strojeva za novinski tisak**

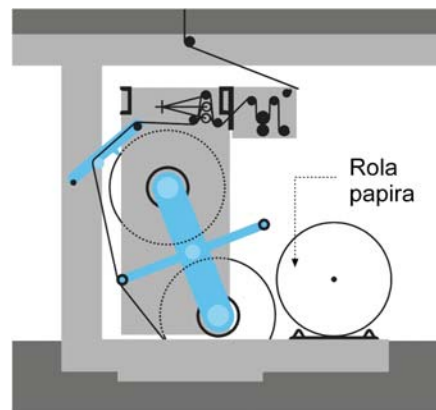
### **2.10.1 Stalci za koloture ili nosači role papira**

Proizvođači rade stalke za koture ili role papira u skladu s projektom novinske rotacije. Mogu imati jednostavno odmotavanje kotura ili trokraki stalak na kojem je ugrađen i uređaj koji automatski obavlja lijepljenje prekinutog dijela papirne trake i spajanje papirnih traka pri pu-

noj brzini tiska. Stalci se mogu smjestiti na razini tiskarskih jedinica ili ispod njih. Način gradnje strojeva u katovima olakšava posluživanje stroja s rolama papira.<sup>[30]</sup>

### 2.10.2 *Izmjena rola papira*

Izmjenu rola papira obavljaju mjenjači kotura. Njihov zadatak je odmotavanje papirne trake iz kotura te automatska izmjena kotura za vrijeme tiska ili za vrijeme mirovanja stroja. Maksimalni promjer role papira iznosi 1100 mm, širine i do 1720 mm. Rola papira se može odmotavati u oba smjera kada se namjesti mjenjač, naprijed ili natrag. Papirna traka se mora odmotavati bez smetnji i zastoja pa se izmjena kotura mora obavljati pri brzinama koje mogu biti veće od 70.000 primjeraka na sat.



Slika 19: Izmjena role papira a novinskoj ofset rotaciji

Izmjena papirne role se može kontrolirati pomoću elektronskog daljinskog upravljača koji također može kontrolirati i napetost papirne trake te njezino mehaničko istezanje. Položaj kotura može se pomoću istog upravljača podešavati u odnosu na sredinu odmotavanja prema otisku. Namještanje kotura obavlja sustav zupčanika povezan s pogonom stroja. Na novinske rotacije se ugrađuju tri tipa mjenjača kotura:

- normalni mjenjač s remenskom izmjenom kotura
- dvokraki mjenjač kotura
- trokraki (zvijezda) mjenjač kotura.

Kod sva tri tipa mjenjača, spajanje papirne trake se obavlja automatski za vrijeme stajanja ili za vrijeme rada stroja pri normalnoj brzini tiska.

### 2.10.3 *Napinjanje papirne trake*

Napetost papirne trake je izuzetno važan čimbenik za učinkovit i kvalitetan tiskarski proces. Uz pomoć sustava valjaka koji čine uređaj za natezanje papirne trake postiže se optimalna napetost. Zadatak svih ovakvih uređaja je da pravilno napinju i izravnavaju papirnu traku prije

tiska i osiguraju napetost sve do izlagaćeg aparata ili aparata za savijanje. Nabiranje trake, gubljenje pasera, češće pucanje trake i česti zastoji stroja su samo neki od učinaka slabo nape- te papirne trake. U tim slučajevima traka se savija i gužva, pa dolazi do problema kod savija- nja.

Između tiskovnih agregata traka se napinje uz pomoć kompenzator valjka koji automatski regulira napetost papirne trake. Uređaj za natezanje se sastoji od dviju grupa međusobno ovi- snih vučnih valjaka i valjaka plesača. Kod kretanja trake kroz stroj važna je optimalna nape- tost kako ne bi došlo do pucanja papira. Visoka napetost papira je uzrok rastezanja i nabira- nja, te povećava rizik od pucanja trake. Kod preniske napetosti pojavljuje se nabiranje papira, na gumenim plaštevima skuplja se boja, a gužvaju se i rubovi, te savijaju lijepljeni spojevi, što također dovodi do pucanja trake. Velika mogućnost pucanja trake postoji kod većih brzina tiska, jer tada dolazi do promjena u napetosti trake. Ponekad može doći i do horizontalnog pomaka trake što također može biti uzrok pucanja trake.<sup>[30]</sup>

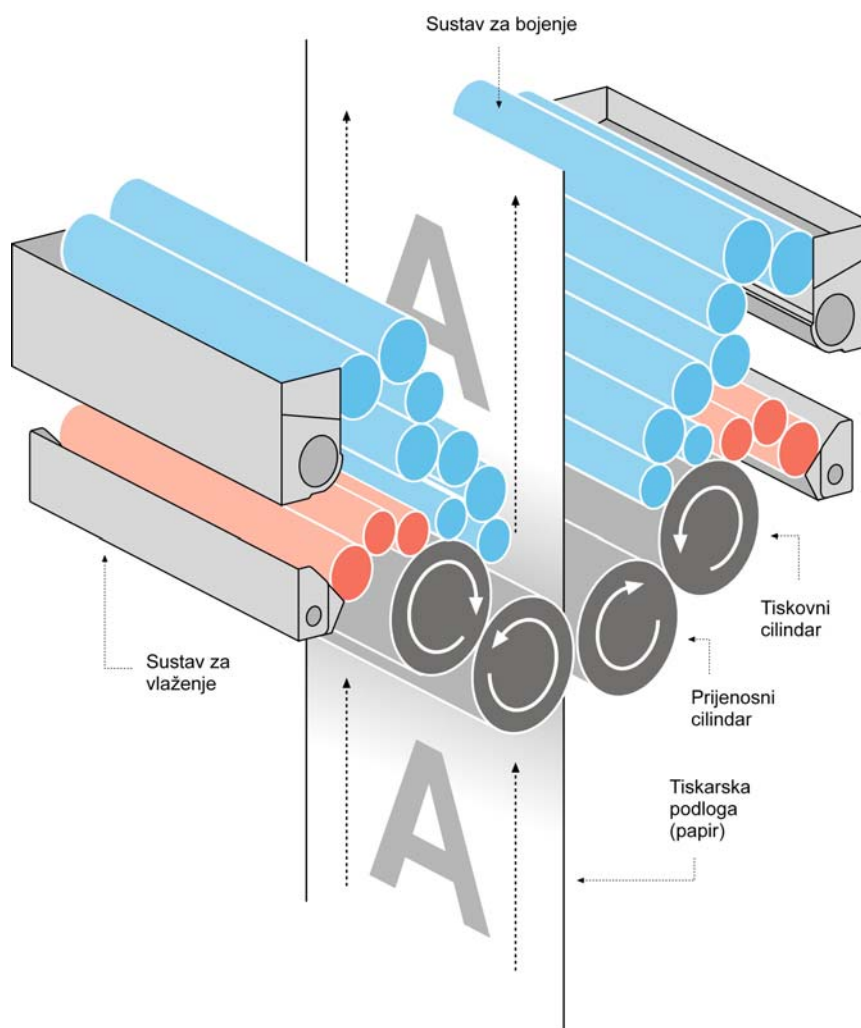
#### **2.10.4 Kontrola pasera**

Uređaji za kontrolu i korekciju pasera kod ofsetnih rotacija automatski registriraju svako ods- tupanje u poklapanju boja tj. paseru kod višebojnog tiska. Ti uređaji registriraju loš paser tj. netočno poklapanje boja, te u hodu brzo ispravljaju pogrešku, bez zaustavljanja stroja u tisku. Sve kontrole pasera su povezane s centralnim računalnim sustavom koji nadzire paser tijekom tiska. Paser se kontrolira na nekoliko mjesta tokom tiska - najprije kod rola papira gdje se pomoću fotočelija regulira odmotavanje papira, zatim na izlazu kod aparata za natezanje pa- pirne trake, gdje fotočelija regulira napetost papirne trake prije tiska. Nakon tiska iza svakog tiskovnog agregata kontrolira se paser u tisku prije nego što traka ode dalje u tisak, a potom na ulazu trake u uređaj za preokret i nakon izlaza. Na kraju je paser potrebno provjeriti i kad traka ide na savijanje.

#### **2.10.5 Građa tiskovnih agregata**

Tiskovni agregati su dijelovi stroja čvrste konstrukcije u kojima se otiskuje sadržaj na tiskov- nu podlogu. Sadrže sustave cilindara tj. valjaka - pločni i ofsetni ili gumeni i tiskovni. Ekscen- trično pomični ili pokretni ležajevi u kojima leže osovine cilindara imaju vrlo precizno izbru- šene cilindrične povrate kako bi se smanjila buka kod rada stroja. Tiskovni cilindri su izrađeni od vrlo čvrstog čelika iskovanog iz jednog komada. Statički i dinamički su uravnoteženi. Tis- kovni cilindri mogu imati isti promjer kao i ostali cilindri, ali mogu biti i nekoliko puta većeg

promjera od ostalih. Pločni cilindri su načinjeni od vrlo čvrstog čelika, legure kroma, nikla i čelika, iz jednog komada koji je također uravnotežen kao i tiskovni cilindar. Pogonski zupčanci na cilindrima imaju ozupčene vijence koso ozubljene radi reguliranja specijalnog hoda i otklanjanja buke. Zupčanci leže izvan stranice jedan u drugom, raspoređeni u kućištima nepropusnima za ulje. Automatsko podmazivanje vrši se uvijek u smjeru okretanja, a osigurava mekan i miran pogon. Svaki pločni cilindar konstruiran je tako da može primiti i nositi na sebi jednu, dvije ili više tiskovnih ploča. Ploče se prije stavljanja na pločni cilindar buše i savijaju kako bi se skratilo vrijeme potrebno za vađenje istrošenih ploča i stavljanje novih. Cilindri za gumenu navlaku jednake su građe kao i tiskovni i pločni s razlikom da su ležajevi ekscentrični. Napinjanje gume se vrši jednostavno pomoću dinamometričkog ključa koji osigurava jednoličnu napetost gumenog plašta u njegovoj ukupnoj dužini koja se uklapa u cjelinu s cilindrom. Kako bi se proizvodni učinak povećao, uz cilindar se instalira i automatska naprava za pranje koja se koristi dok je stroj u pogonu.



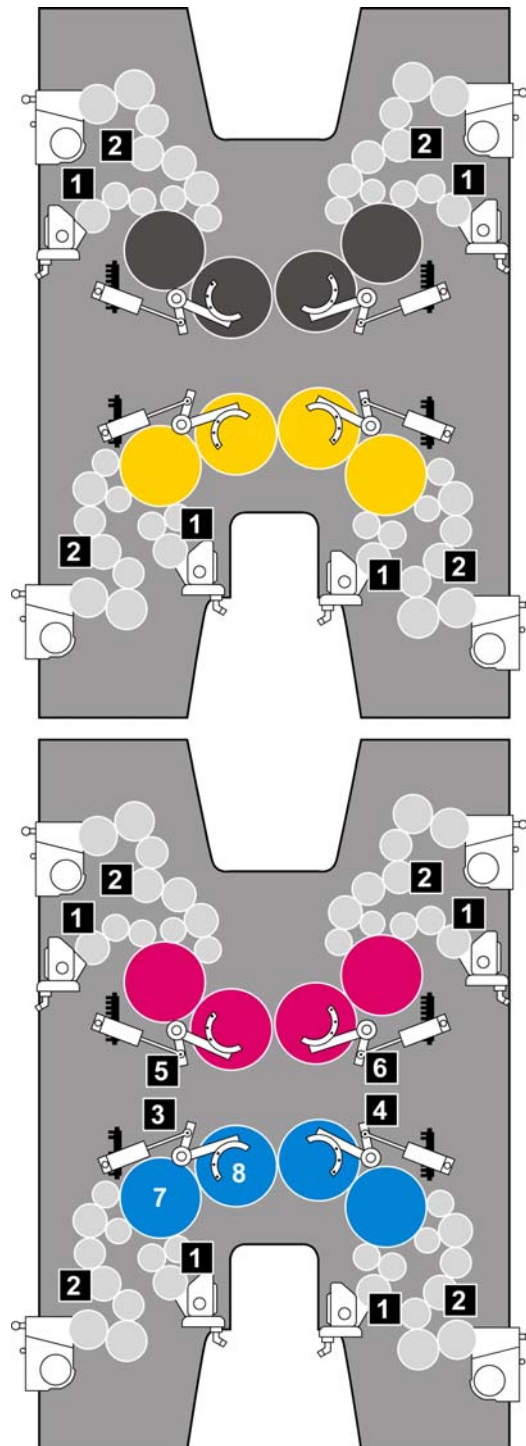
Slika 20: Segment tiskarskog stroja za ofsetni tisak



Strojevi za tisak iz arka građeni su iz niza tiskovnih jedinica koje su po konstrukciji identične.

Tiskovna jedinica sastoji se od:

- 1) Temelnog cilindra (nositelj tiskovne ploče)
- 2) Ofsetnog cilindra
- 3) Tiskovnog cilindra



Slika 21: Dijelovi tiskovne jedinice novinske rotacije (1 - oscilirajući valjak za nanošenje, 2 -

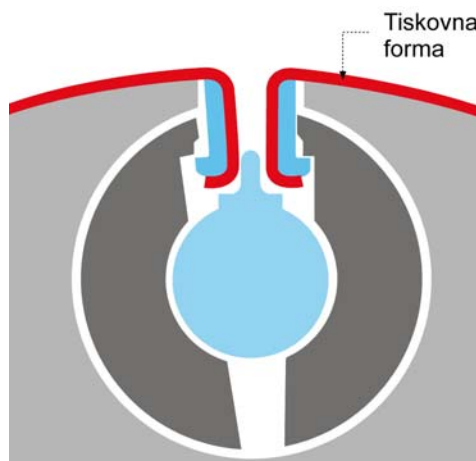
oscilirajući valjak za nanošenje bojila, 3 - prvi tiskovni par, 4 - drugi tiskovni par, 5 - treći tiskovni par, 6 - četvrti tiskovni par, 7 - tiskovni cilindar, 8 - prijenosni cilindar)

### 2.10.5.1 Temeljni cilindri

Izrađeni su od vrlo čvrstog čelika, iz jednog komada i dinamički su i statički uravnoteženi. Zupčanci su načinjeni od slitine kroma, nikla i čelika.

Podmazivanje zupčanika se uvijek obavlja u smjeru okretanja te se pomoću takvog automatskog podmazivanja osigurava miran pogon. Kako bi se omogućila brza promjena tiskovnih formi, te smanjilo vrijeme pripreme za višebojne radove, temeljni cilindri se mogu izraditi tako da odjednom mogu prihvatiti i nositi jednu, dvije, četiri ili više tiskovnih formi. Forme se prije stavljanja na temeljni cilindar izbuše i saviju u posebno preciznim aparatima za savijanje i bušenje. Ovi aparati znatno pomažu i skraćuju vrijeme postupka kad je u pitanju vađenje istrošenih formi i stavljanje novih.

Ploča se za cilindar čvrsto prihvatiti pomoću uređaja za natezanje koji se nalazi u kanalu i koji osigurava paralelno dosjedanje ploče po cijeloj dužini. Na ovom cilindru postoji i sistem za točno podešavanje dužine otiska (obodni paser).<sup>[31]</sup>



Slika 22: Mehaniizam za natezanje tiskovnih formi na temeljnom cilindru

### 2.10.5.2 Ofsetni cilindri

Ofsetni cilindar je nositelj gumene navlake koja je nategnuta i fiksirana steznim škripom. Građa cilindra je slična građi temeljnog cilindra, samo što je pomoću ekscentara omogućeno podešavanje prema susjednim cilindrima.

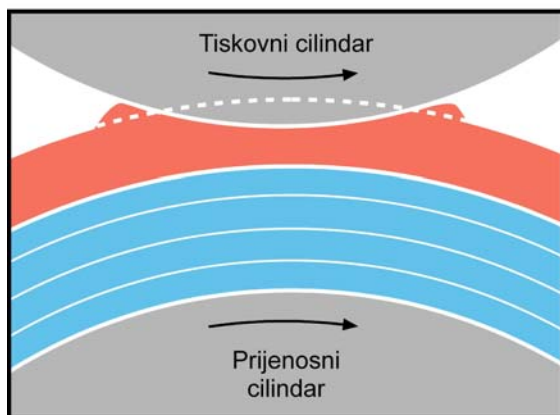
Gumena navlaka je tvrdoće 75 - 80 Shora. Ispod gume obično se stavlja podloga. O vrsti materijala koji se upotrebljava za podlogu zavisi i tvrdoća cijele navlake.

Mekane navlake, filc + papir (tvrdoća 65-70 Shora) koriste se za hrapavije papire - slabija kvaliteta otiska.

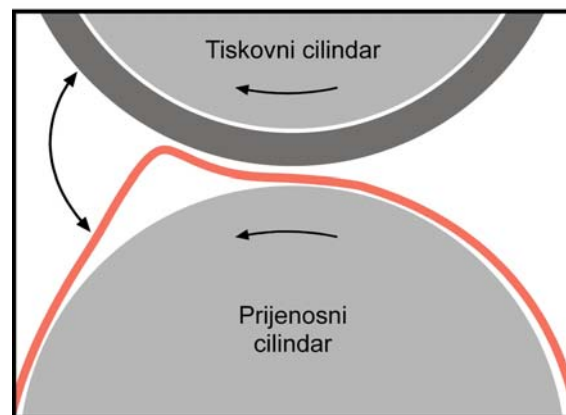
Srednje tvrde navlake, gumirano platno + papir (tvrdoća 70 - 80 Shora) koriste se za tisak rasterskih reprodukcija i za tisak punih tonova.

Tvrde navlake, karton + papir koriste se za tisak reprodukcija sa većim linijaturama rastera na kvalitetnim premazanim papirima.

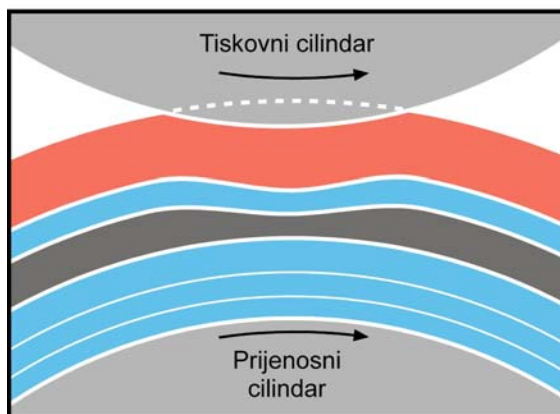
**1** Klasična gumena navlaka na prijenosnom cilindru u kontaktu s tiskovnim se ne stlači



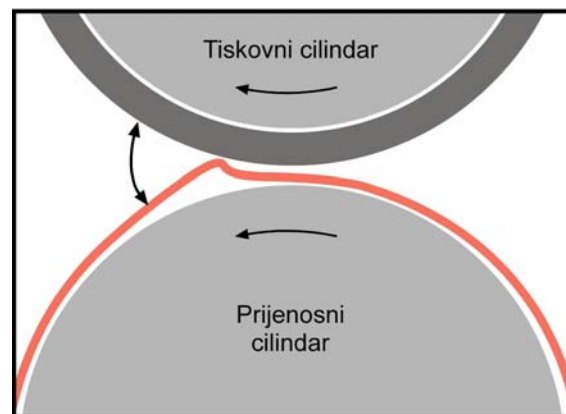
**2** Zbog nestlačivanja klasična gumena navlaka se puno više rasteže i mrlja otisak



**3** Kompresibilna navlaka na prijenosnom cilindru u kontaktu s tiskovnim se stlači



**4** Kompresibilna gumena navlaka se manje rasteže i daje čišći otisak



Slika 23: a) Nekompresibilne (1-2) i b) kompresibilne (3-4) gumene navlake

Kompresibilni gumeni plašt se sastoji od svilenih i gumenih slojeva sa zračnim mjehurićima koji se tijekom tiska u području tiskovnog kontakta pod pritiskom stlačuju. Konvencionalni gumeni plašt je nekompresibilan. U zoni otiskivanja površinski sloj gume na gumenom plaštu

istiskuje se izvan zone otiskivanja, pa dolazi do rastezanja slike.

### 2.10.5.3 Tiskovni cilindri

Tiskovni cilindar je izrađen od vrlo čvrstog čelika, iskovanog iz jednog komada. Može biti istog radijusa i oplošja kao i ofsetni, ili dvostruko veći za tisak obično na kartonu. Imaju isti promjer kao ostali cilindri, no kod “satelit” konstrukcija su i nekoliko puta većeg promjera od ostalih. Sastavni dio cilindra su šipke s hvataljkama koje drže arak papira za vrijeme procesa tiska. Za vrijeme tiska ofsetni i tiskovni cilindar su u neposrednom kontaktu. Dodirna zona (linija tiska) je 1,1 mm, a potrebna sila za dobivanje korektnog otiska je  $300 \text{ N/cm}^2$ . Tiskovni cilindar može biti presvučen gumenim plaštom iz razloga što:

- 1) postoji mogućnost da se promijeni smjer odvijanja papirne trake u tiskovnom agregatu (tiskovni cilindar može se koristiti kao posrednik u prijenosu slike);
- 2) moguć je tisak s dvostrukim prijenosom;
- 3) postiže se bolji paser i registar;
- 4) izbjegava se mogućnost trošenja cilindra papirnom trakom.



Slika 24: Tiskovni cilindar

### 2.10.6 Bojenje na novinskim strojevima

Ofsetne rotacije tiskaju velikom brzinom, pa uređaji za bojenje imaju specijalnu građu koja omogućuje da se bez poteškoća nanese boja na tiskovne ploče i pri tim brzinama. Gotovo svi uređaji za bojenje izrađeni su od malog broja valjaka koji su u sustavu raspoređeni i smješteni tako da mogu sigurno prenositi boju iz bojanika do tiskovne forme s koje se boja prenosi s tiskovnih površina na gumu i tek tada, s nje, se otiskuje na tiskovnu podlogu. Kod takvih ure-

đaja, na tiskovnu formu na ofsetnoj ploči, boju nanose od dva do tri nanosna valjka. Nanosnim valjcima boju donosi sustav razribačkih valjaka i nekoliko veznih valjaka. Po tome se rotacije razlikuju od strojeva za tisak iz arka koji su primjer konvencionalnih strojeva, a sadrže veliki broj valjaka različitog promjera i građe koji osiguravaju jako razribavanje boje. Boja kod rotacija kratko putuje iz bojanika do tiskovne ploče, ali se ipak dobro razriba zbog velike brzine okretanja valjaka i velike brzine tiska.<sup>[32]</sup> Uređaji za bojenje se prema načinu transporta boje iz bojanika dijele na uređaje s prijenosnim valjkom kod sporijih rotacija i uređaje s kontinuiranim prijenosom sloja boje kod brzih rotacija. Kod uređaja s kontinuiranim prijenosom boje nema prekida u sustavu za transport.

### **Uređaj za obojenje**

Uređaj za obojenje je ugrađen neposredno uz temeljni cilindar i sastavni je dio tiskovnog agregata; ima zadatak da oboji tiskovnu formu (tiskovne površine - oleofilno). Nanos boje na tiskovne površine mora biti tanak film (2-3 mikrona), što je uvjet kvalitetne reprodukcije i brzog sušenja boje na tiskovnoj podlozi.<sup>[26]</sup>

Uređaj za obojenje sastavljen je od 21 valjka (zavisi o konstrukciji i proizvođaču strojeva).

Dijelovi uređaja jesu:

- a) Bojanik s duktorom
- b) Prijenosni valjak - heber
- c) Razribači valjci
- d) Vezni valjci
- e) Valjci nanosači

Duktor je čelični valjak koji ima vlastiti pogon. Valjak rotira u bojaniku i iz njega izvlači boju. Debljina nanosa boje po dužini valjka ovisi o rasporedu tiskovnih elemenata na tiskovnoj formi, odnosno o njihovim zonama. Raspored debljine filma boje po zonama regulira se zonskim vijcima, ručno ili pretpodešavanjem. Prijenosni valjak - heber je gumeni valjak izrađen od mekše gume. Ovaj valjak, uz rotaciono gibanje, ima i translaciono gibanje a nalazi se između duktora i prvog valjka razribača. Dodirna površina između duktora i hebera može se fino regulirati od 0 do 9 čime se direktno određuje količina filma boje na tiskovnim površinama. Valjci razribači su napravljeni od čelične jezgre koja je presvučena gumom visoke tvrdoće (100 Shora). Ovi valjci osim rotacionog gibanja imaju i aksijalni pomak, čime se dobije jednoliki film boje po cijeloj dužini valjka. Valjci nanosači boje građeni su od čelične jezgre koja je presvučena nešto mekšom gumom. Uređaj za nanošenje boje na tiskovne elemente

sastoji se od četiri valjka nanosača. Prva dva valjka konstruirana su tako da svaki nanaša 44% boje, treći 9% i četvrti 3% boje. Cilj nanošenja boje je postići što jednoličniji film boje na cijeloj tiskovnoj formi.

Jačina i nanošenje boje tijekom tiska reguliraju se automatski uz pomoć kompjutorskog programa. U tiskari temperatura i relativna vlažnost ne smiju odstupati od standardnih vrijednosti. Viša temperatura u uređaju za bojenje mijenja reologiju tiskovnih boja. Hladni valjci na uređaju za bojenje negativno utječu na tečenje, konzistenciju i viskozitet tiskarske boje. Kod smanjenje ljepljivosti tiskarske boje otisak boje na arku papira je nezasićen i neoštar. Kako bi se poboljšala svojstva takve boje tiskar mora toj boji davati razne dodatke ukoliko želi dobiti otisak dobro zasićen bojom i izbjeći čupanje papira tijekom bržeg tiska. Jednolično obojenje u tisku u cijeloj nakladi se može dobiti kad tiskarska boja ima jednoličnu temperaturu rada. Vrijeme izgubljeno na zastoj stroja, minimalno je kad se poštuje preporuka o temperaturi u tiskarskom pogonu od 15-20°C. Temperatura može znatno utjecati na svojstva tiskarskih boja - tok, konzistenciju i viskozitet. Tiskarske boje na nižim temperaturama od preporučenih imaju visok viskozitet, a veliku ljepljivost kod prijenosa s gumene navlake na arak papira, pa često izazivaju pucanje papirne trake, čupanje i prašenje papira. Osim toga teže se pumpaju u bojanike. Stroj može "omekšati" boju pomoću dodataka koji ne jamče dobru kvalitetu tiska - dobar tisak punih ploha, a neoštar otisak rasterskih elemenata. S druge strane, u slučaju viših temperatura mijenja se i viskozitet boje koji uređajima za bojenje stvara smetnje - prskanjem prlja tiskovni stroj. Iz tog razloga boju bi trebalo skladištiti pri 20-25°C, a papir na 20-23°C i 50-55% relativne vlažnosti zraka.

### ***2.10.7 Vlaženje na novinskim strojevima***

Sustav navlažuje tiskovne ploče velikom brzinom koja ovisi o tipu rotacije i njezinoj mogućoj brzini tiska. Građeni su tako da u toku tiska mogu bez poteškoća održavati ploču vlažnom bez prestanka, jednolično i sigurno. Konvencionalni sustavi za vlaženje ne mogu se primjenjivati na rotacijama zbog prekida koji uzrokuje prijenosni valjak. Sustavi za vlaženje na rotacijama imaju manji broj valjaka za vlaženje kako bi svoju funkciju obavljali brzo i sigurno. Neki sustavi uopće nemaju valjke, već se otopina nanosi prskanjem. Sustavi za vlaženje vlaže tiskovne ploče na tri načina:

- 1) direktno vlaženje pomoću valjaka
- 2) direktno vlaženje prskanjem na tiskovnu ploču bez mehaničkog kontakta, pa ne oštećuju ploče kao valjci koji bruse tiskovnu ploču

- 3) indirektno nanošenje sredstava za vlaženje preko valjaka za bojenje u obliku emulzije. Kod ovog načina se otopina za vlaženje nanese na valjke za bojenje, koji se nalaze na uređaju za bojenje, pa ga onda valjci zajedno s bojom nanose na tiskovnu ploču. U otopini za vlaženje mora se koristiti točan postotak pufera i izopropilnog alkohola. Prednost ovog načina je da ne može doći do mehaničkog trošenja tiskovne ploče.

### **Uređaj za vlaženje**

Uređaj za vlaženje sastavni je dio tiskovnog agregata a nalazi se neposredno uz temeljni cilindar i ima zadatak vlaženja tiskovne forme (slobodnih površina - hidrofilno), tekućinom za vlaženje. Tekućina za vlaženje može biti na bazi alkohola ili vode.

Uređaj za vlaženje na bazi alkohola sastoji se iz sljedećih dijelova:

- a) Potopni valjak - krom
- b) Valjak za doziranje - guma
- c) Razribači valjak - krom
- d) Valjak nanosač - guma
- e) Međualjak koji povezuje vlaženje i obojenje - guma

### **2.10.8 Sušenje boja**

U novinskom tisku nema sušenja otisaka. Boja se suši sama, penetracijom u papir. Brzina sušenja boja i otisaka na papirnoj traci znatno utječe na brzinu tiska na strojevima za novinski višebojni tisak. Boje koje se otisnu na papirnu traku ne smiju se razmazivati po njoj tijekom dorade koja slijedi nakon tiska. Boje za tisak novina suše se uglavnom penetracijom u strukturu papira, no nikada se potpuno ne osuše.

Sušenje boje ovisi o:

- ✓ upotrijebljenoj boji i otapalu
- ✓ podlozi na kojoj se tiska ( slabo upojna, neupojna, dobro upojna )
- ✓ brzini i vrsti stroja na kojem se tiska
- ✓ doziranju boje na stroju
- ✓ konzistenciji boje
- ✓ temperaturi
- ✓ prisilnom sušenju

### **2.10.9 Upravljanje tiskom**

Veliki broj podešavanja pri stavljanju strojeva za novinski tisak u pogon obavlja tim osposobljenih strojara. Naročitu pažnju strojari posvećuju uređaju za ulaganje, odmotavanje i napinjanje papirne trake, provođenje papirne trake kroz tiskovne agregate te pripremi aparata i strojeva za daljnju doradu i preradu. Suvremeni strojevi za novinski tisak automatskim i računalnim upravljanjem dobivaju potrebne podatke za automatsko upravljanje i pripremu proizvodnje prema CIP 3 i PECOM sustavima.

PECOM sustav dolazi iz tvornica MAN Roland. Naziv je složenica koja je nastala od početnih slova riječi koje znače „procesna elektronika, kontrola, organizacija, menadžment“. PECOM spaja više tiskovnih sustava i procesnih stupnjeva, od pripreme poslova do primjene podataka u tiskari.

Kvalitetna proizvodnja od tiskara traži da paze na sljedeće:

- kretanje i napetost papirne trake
- razlike u bojenju
- paser ili registar
- oštrinu otisaka
- čupanje papira
- vlaženje
- razmazivanje otisaka
- sušenje boja na otiscima
- gužvanje papirne trake
- doradu otisaka, izlaganje i otpremanje
- održavanje i čišćenje.

### **2.11 Kvaliteta novinskog tiska**

Kvaliteta u novinskom tisku ovisi o mnogim kemijskim i fizikalnim specifičnostima materijala i komponenata u procesu. Kvaliteta otisaka dobivenih na stroju za novinski tisak zaostaje za kvalitetom otisaka koja se postiže u revijalnom ofsetnom tisku ili tisku iz arka. Glavna prednost rotacije je njezin brzi rad i cijena kod tiska velikih naklada. Konvencionalan način kontrole tiskanja i stroja uz velike radne brzine vrlo je težak i manje učinkovit. Zato se koristi elektronika i automatizacija koja pomaže u rješavanju poteškoća.



Kako bi bilo moguće što jednostavnije ustanoviti smanjenje kvalitete tiska potrebno je definirati što više parametara iz različitih dijelova proizvodnje. Elementi standardizacije pripreme, tiska i dorade izrazito su bitni kada je potrebno brzo djelovati kako bi se našao uzrok smanjenja kvalitete grafičkog proizvoda pa tako i novina. Kod novinskog tiska postoje ograničenja ukupnog nanosa gustoće obojenja uvjetovana sušenjem koje je kombinacija penetracije, oksidacije i hlapljenja. Općenita preporuka ukupnog nanosa bojila kod novinskog ofsetnog tiska je 240% tj. najviše 260%.

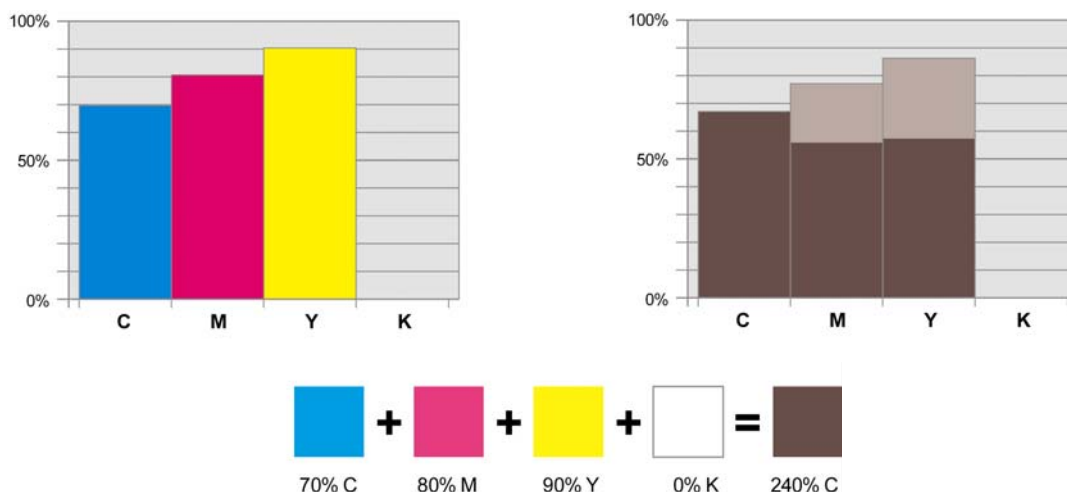
Za osiguranje kvalitete tiska izrazito je važno definirati kvalitetu tiskovnih formi. Za kvalitetu tiska bitno je kako i u kojoj količini tiskovna forma prenosi bojilo na tiskovnu podlogu.

### **Balans boja i sinteza slike**

Tonovi boja u četverbojnom tisku se reproduciraju koristeći komponente cijan (eng. cyan - C), magenta (eng. magenta - M), žuta (eng. yellow - Y) i crna (eng. black, key - K). Razlike ovih komponenti čine devijacije boja koje se mogu spriječiti održavanjem balansa potrebnog za željeni ton boje. Ako se samo crna boja mijenja, ton boje postaje svjetliji ili tamniji tj. utječe se na kontrast slike, a isto se događa ako se sve kromatske boje promjene jednako u istom smjeru. No, problem nastaje ako se izmijeni ton boje, što se događa kad se promijene komponente u različitim omjerima, a pogotovo kad se pojedinačne kromatske boje promijene u suprotnim smjerovima. Ove pojave najlakše je detektirati kod sivih polja, pa se zato koristi pojam sivi balans.<sup>[33]</sup>

### **Kromatska sinteza**

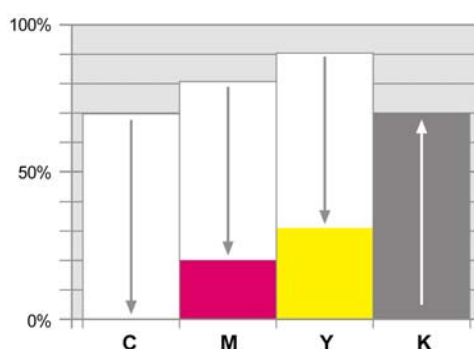
Kod kromatske sinteze, sve akromatske vrijednosti se sastoje od podsetova kromatskih boja cijan, magenta i žute, tj. sivih područja i tercijskih tonova, pa tonovi u sjeni sadrže tri kromatske boje. Crna se koristi samo kako bi pojačala definiciju sjena na slici (skeleton crna). Smeđa na ilustraciji sastoji se od 70% C, 80% M, 90% Y i 0% K koristeći kromatsku sintezu. Ukupan nanos boje je prema tome 240%. Efekt komponenata u boji se može vidjeti na drugoj ilustraciji, gdje se smeđa sastoji od akromatske sive komponente i kromatske komponente. Prema ISO 12647-2, C 70%, M 60% i Y 60% trebale bi dati sivu ako se otisnu jedna preko druge, dok M 20% i Y 30% daju svijetlo smeđu komponentu koja postaje tamno smeđa uz dodatak sive komponente. Kromatska sinteza daje visoki nanos boje koji teoretski može biti čak 400%, no u praksi se ovakav nanos ne može očekivati i ne može dati dobre rezultate.



Slika 25: Primjer kromatske sinteze

### Akromatska sinteza

Za razliku od kromatske, ova vrsta sinteze u osnovi podrazumijeva zamjenu akromatskih komponenti crnom bojom kod višebojnih slika. Neutralni tonovi se sastoji samo od crne boje, koja se koristi i za definiciju sjena na slici i pojačavanje kromatskih tonova. Svi tonovi se sastoje od najviše dvije kromatske boje uz dodataka crne. Ovaj odnos čini balans boja stabilnijim. U praksi se akromatskom sintezom smeđa boja dobiva od sljedećih komponenti: C 0%, M 20%, Y 70% i K 70%. No, zamjena akromatske sjene dobivene uz pomoć CMY komponenti s crnom ne daje identičnu boju zbog manjkavosti boja u praksi, pa je potrebno, da bi se postigli isti rezultati, modificirati odnose komponenti u M 62%, Y 80% i K 67%.

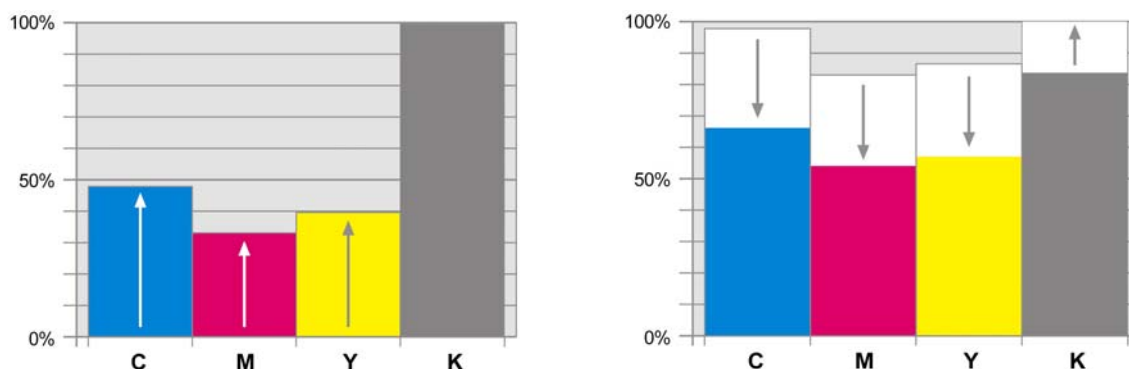


Slika 26: Primjer akromatske sinteze

### Kromatska sinteza kod UCR (eng. Under Color Removal)

Najveći nanosi boja su rezultat kromatske sinteze za neutralne tročetvrtinske tonove, sve do crne. Ova pojava je negativan utjecaj UCR-a. Akromatska komponenta od CMY se smanjuje u neutralnim sjenama i susjednim kromatskim tonovima, dok se procesna crna pojačava. U primjeru se može vidjeti da se početni nanos sastoji od C 98%, M 86%, Y 87% i K

84%=355%, a nakon intervencije odnos se mijenja u C 68%, M 56%, Y 57% i K 96%=277%. Ovakav odnos ima dobar utjecaj na preklapanje boja (eng. trapping), sušenje, te druge prednosti.<sup>[34]</sup> UCR metoda zamjenjuje CMY boje u tamnim dijelovima slike gdje već ima crne boje, te na neutralnim tonalitetima i ne djeluje na dijelovima slike gdje ima samo CMY boja. Prednost UCR metode je lakša korekcija gustoće obojenja u samom procesu tiska, dok je mana veća oscilacija boje kroz nakladu.



Slika 27: Primjer kromatske sinteze kod UCR

### **Kromatska sinteza uz pomoć sive komponente GCR**

Zamjena sive komponente GCR (eng. Gray Component Replacement) služi se akromatskom crnom kako bi zamijenila CMY komponente neutralizirajući u sivo na kromatskim i neutralnim područjima na slici. GCR se može koristiti u svim kombinacijama između kromatske i akromatske sinteze u svim područjima slike, a nije ograničena samo na siva područja. O GCR-u se ponekad govori kao o komplementarnoj redukciji boja. GCR metoda separacije boja također zamjenjuje CMY boje crnom ali na neutralnim i ostalim dijelovima slike gdje ima i CMY boja. GCR metoda djeluje u cijelom rasponu tonaliteta. Prilikom primjene GCR metode moguće je koristiti pet različitih nivoa generiranja separacija. prednost je manja oscilacija boje kroz nakladu i manji udio skupljih šarenih boja, dok je mana teža korekcija gustoće obojenja u procesu otiskivanja.

#### **2.11.1 Karakterizacija i izrada profila za tiskarski proces**

Izrada profila za tiskarski proces je vrlo složen zadatak zbog varijacija kojima boja može biti nanosena na tiskarsku podlogu. Tiskarski procesi mogu se opisati sljedećim stavkama: tiskarskim procesom, vrstom tiskarske podloge, vrstom tiskarske boje, snagom nanošenja boje. Iz tog razloga nije moguće izraditi profil za određeni tiskarski uređaj, već samo za cjelokupni

tiskarski proces sa svim utjecajima. Ako će uređaj koristiti nekoliko vrsta tiskarskih podloga, nekoliko vrsta boja, tekućina za vlaženje itd. za svaku kombinaciju potrebno je izraditi poseban kolor profil. Podaci za karakterizaciju su tekstualne datoteke s tablicama u kojima je svaka CMYK vrijednost priključena L\*a\*b\* vrijednosti iz spektrofotometrijskog mjerenja. Profil se računa iz ovih podataka. U praksi korištenje profila izrađenih za specifičan ofset tiskarski proces može biti uzrokom mnogih problema. Zato se, iz sigurnosnih razloga i produktivnosti, koriste standardni profili. Industrijske organizacije kao što su IFRA ili FOGRA podatke za karakterizaciju daju dijele na internetu, a postoje različiti podaci za različite vrste papira kao što su premazani i nepremazani papiri. Nekoliko organizacija i tvrtki kao što su ECI, SWOP, GRACol i Adobe izrađuju profile na osnovu ovih podataka. Ujednačena reprodukcija boja je osnova za sve sustave, pa je zato od presudne važnosti cijeli sustav redovito kalibrirati spektrofotometrom. Ako je cijeli sustav kalibriran za određenu tiskovnu podlogu, korištenje standardnog profila se preporuča. U slučaju da ne postoji originalni profil za određeni medij, potrebno je izraditi poseban profil kako bi se postigla maksimalna kvaliteta proizvoda.<sup>[34]</sup>

Kod snimanja slike, profil za raspon boja u kojem je slika proizvedena i obrađena mora biti u prilogu, jer se jedino na taj način primatelju može ispravno prikazati. U slučaju da primatelj ima ispravno konfiguriran softver kojim dalje koristi sliku, mogućnost greške je minimalna. Korištenje profila kod obrade slike nužno je kako bi se načinio prijenos siguran za boje određenog CMYK standarda. U slučaju da profil nije priključen, nije moguće znati je li slika u CMYK sustavu boja obrađena za primjerice revijalni ili novinski ofset tisak. U slučaju da je CMYK slika s priključenim profilom korištena kod prijeloma, a softver za prijelom nije dobro konfiguriran, može doći do neželjenih transformacija boja. Kod izrade PDF-a za tisak uveden je standard PDF/X koji osigurava izradu datoteka u strogo CMYK sustavu boja.<sup>[35,36]</sup> Praksa je pokazala da su najkritičniji trenuci u kolor menadžmentu oni između dvije faze rada. U praksi postoje četiri stadija transfera podataka - obrada slike u RGB sustavu boja (uobičajena procedura u obradi RGB slike je preuzimanje RGB slike s digitalnog uređaja kao što su skener ili digitalna kamera), prijenos u softver za prijelom (slike se iz RGB sustava prebacuju u CMYK sustav boja s standardnim profilom za određeni tip tiska), izrada pdf-a i strogo kontrolirani probni otisak koji najbliže reproducira krajnji rezultat tiska<sup>[37]</sup>, osvjetljavanje tiskarskih ploča u CtP-u ne zahtjeva kolor menadžment. U procesu tiska, strojar kontrolira rezultate tiska na tiskarskom stroju uspoređujući ih s probnim otiskom ili s prikazom na kalibriranom računalnom zaslonu.<sup>[38]</sup>

### 2.11.2 ISO standardi

Kako bi kvaliteta proizvoda tiskarskog procesa bila predvidljiva, nužna je standardizacija. U digitalnom procesu već su uvedeni mnogi standardi. Separacije boja, digitalni probni otisci, simulacije boja na računalnom zaslonu (softproof) bazirani su na ICC profilima. PDF datoteke se stvaraju i provjeravaju preko certificiranih PDF/X1<sup>[35]</sup> i PDF/X3 standarda. Digitalni probni otisci se tiskaju s kontrolnim klinovima kako bi korisnici mogli provjeriti točnost boja.

Standard ISO 12647 opisuje kakav standardizirani tiskarski proces treba biti i kako otisak treba izgledati. Propisuje postavke za različite vrste tiskovne podloge, te za različite vrste tiskarskog procesa raspone boja, povećanje tonske vrijednosti (eng. Tone Value Increase TVI). Na osnovu ovog standarda, neovisne organizacije proizvele su ICC kolor profile, što ukazuje na činjenicu da svaka karika u lancu grafičke proizvodnje zna što je standard i kako ga učinkovito koristiti u svom dijelu proizvodnje. Radeći na ovaj način stvara se transparentni radni tok. Digitalni dokument biti će stvoren prema priznatom kolor standardu, koji će pratiti dokument kroz cijelu pripremu i tisak. Ponašanje boja postalo je predvidljivo za vrijeme proizvodnje, od digitalne fotografije do krajnjeg procesa tiska. Digitalne datoteke se pripremaju u skladu sa standardom, pa probni otisci otkrivaju neželjene tonske pomake u najranijem stadiju proizvodnog procesa. Čim je gustoća obojenja dostigla optimum, boje krajnjeg otiska biti će jednake onima na digitalnom probnom otisku. Takva formula smanjuje trošak korekcija i višestruko povećava kvalitetu proizvoda.

ISO 12647 standard uveden je 1996. godine, razvijen na osnovu njemačkog proizvodnog ofset standarda. Ovaj standard je međunarodno priznat, te ga redovito modernizira i obnavlja ISO tehnički komitet (TC 130). Od uvođenja standard je imao nekoliko nadogradnji. Posljednja velika nadogradnja je obavljena 2004. godine. Standard je podijeljen na potkategorije za različite vrste tiska:

- 1) parametri i metode mjerenja ISO 12647-1
- 2) revijalni ofset ofset (heatset) ISO 12647-2
- 3) novinski ofset ofset (coldset) ISO 12647-3
- 4) gravure ISO 12647-4
- 5) sitotisak ISO 12647-5
- 6) fleksotisak ISO 12647-6
- 7) digitalni probni otisak ISO 12647-7

Opisuje do krajnjih detalja kojih postavki se tiskarski proces mora držati tj. kako otisak treba

izgledati.

U posljednjih desetak godina institut FOGRA je proveo i analizirao testove, čiji rezultati daju presjek standardizirane proizvodnje tzv. podatke karakterizacije. Podaci se klasificiraju i imenuju, a na osnovu njih se izrađuju precizni ICC profili koji se mogu koristiti u svrhu kolor menadžmenta - izrade kolor separacija, točne simulacije boja i digitalnog sustava za probne otiske. Nekad prije mjerenje gustoće obojenja bilo je dovoljno za praćenje kvalitete tiska, no danas je nužna provjera boja spektrofotometrom prema ISO 12647 standardu.

Veliku ulogu u proizvodnji igraju standardi i norme, jer je jedino pomoću njih moguće uskladiti rad proizvodnih pogona tj. osigurati glatku integraciju. U tiskarskoj industriji i kolor menadžmentu postoji nekoliko važnijih međunarodnih standarda. Međunarodne standarde razvila je Međunarodna organizacija za standardizaciju ISO (International Standards Organization) u sklopu koje djeluju i manje regionalne organizacije kao što je DIN (Deutsches Institut für Normung). Ako su definirani međunarodni standardi prema kojima se proizvode određeni proizvodi, korisnik može biti sigurniji da proizvođač ne može samovoljno izmijeniti standard. Primjerice, ISO 15930 standard propisuje precizne parametre za izradu pdf datoteke za tisak i zove se PDF/X standard.<sup>[35,36]</sup>

Važniji ISO standardi za grafičku proizvodnju su:

a) ISO 12642

Standard za izradu probnih otisaka prema kojima se rade kolor profili. Probni otisci otisnuti ovim standardom osiguravaju mogućnost čitanja u različitim vrstama softvera za izradu kolor profila. Pomoću uzoraka dobivenih ovim standardom uvijek je moguće usporediti rezultat dobivenog profila.

b) ISO 12640<sup>[39]</sup>

Standard koji određuje kako podaci mjerenja uzoraka prema standardu ISO 12642 trebaju biti spremljeni nakon mjerenja.

c) ISO 15076

Dugo vremena jedino je ICC (International Color Consortium) standard korišten za kolor profile, a razvijali su ga različiti grafički proizvođači. Od 2003. godine ISO i ICC razvili su ovaj standard kako bi se koordinirali s ostalim ISO standardima u grafičkoj industriji.

#### d) ISO 15930<sup>[35,36]</sup>

Ova ISO norma opisuje postavke PDF-a za isporuku tiskarama. Postoji razlika između PDF/X 1 i PDF/X 3, a krije se u tome da prvi može sadržavati samo CMYK i spot boje, a kod drugoga grafički element može biti s bilo kojim profilom, pa i RGB profile.<sup>[40]</sup>

#### e) ISO 12647<sup>[41-43]</sup>

Standard određuje da CMYK separacija RGB slike može biti pripremljena za četiri vrste tiskarske podloge - 1,2 sjajni i mat premazani papir, 3 LWC roto papir, 4 nepremazani papir, 5 nepremazani žuti papir. Osnovna poglavlja standarda su: 12647-1 (uvjeti i definicije), 12647-2 (ofset tisak), 12647-3 (novinski tisak), 12647-4 (digitalni probni otisak).

Svaka vrsta papira ima sebi svojstvenu reprodukciju boja - intenzitet boja kao i obojenje papira. Najveći intenzitet boja može se postići kod 1,2 vrste papira (sjajni i mat premazani papir), 3, 4 i 5 lošije su kvalitete, pa tako i reprodukcije boja. Osim toga ISO papiri imaju i različiti kolorit, pa su tako 1,2 (premazani) i 4 (nepremazani) hladno-bijeli papiri, 3 LWC i 5 (nepremazani) su znatno žući. Kolorit papira ima veliki utjecaj na reprodukciju svih boja, na što je samo djelomično moguće utjecati kolor menadžmentom. Otisak na papirima tipa 4 i 5 nešto je bljeđi. Kad strojar podešava otisak probnom otisku, zapravo kontrolira gustoće obojenja punih polja i priraste rasterskog elementa pomoću denzitometra.<sup>[17]</sup> No, postoje slučajevi u kojima je bolje puna polja kontrolirati kolorimetrijskim mjerenjem. U tim slučajevima osim nanaosa boje važne su i  $L^*a^*b^*$  koordinate boja. Primjerice kad su dva polja jednake gustoće obojenja, ali različite boje. Ako se uspoređuju puni tonovi na probnom otisku i suhom otisku, postoji pravilo prema standardu ISO 12647 da se mora obaviti kolorimetrijsko mjerenje, jer se denzitometrijskim mjerenjem uzorci ne mogu jasno usporediti. Zato je dobro definirati polja punog tona i opisati ih  $L^*a^*b^*$  vrijednostima koje moraju biti u skladu s standardom ISO 12647. Ista CMYK slika se ne reproducira jednako na različitim tiskarskim podlogama. Iz tog razloga priprema pokušava kompenzirati na najbolji mogući način. U sustavu kolor menadžmenta profil određuje sve parametre separacije u kojoj odnos crne komponente s ostalima igra odlučujuću ulogu. Ista  $L^*a^*b^*$  boja može biti reproducirana na istoj tiskarskoj podlozi s različitim CMYK vrijednostima. Cijan, magenta i žuta u kombinaciji mogu dati neutralne tonove, pa zato mogu biti zamijenjene s crnom komponentom u određenoj mjeri. Rezultat ove zamjene je smanjeno ukupno obojenje što je idealno za nepremazne i novinske papire kod kojih se tamnija područja na slici zapunjavaju, jer papir dobro upija boju koja se zatim razlijeva njegovom površinom.

## 2.11.2.1 ISO 12647-3:2004<sup>[43]</sup>

Tablica 2: Standard ISO 12647-3:2004

<b>Revizija novinskog standarda ISO 12647-3:2004</b>			
<b>Parametri</b> Standard se primjenjuje na sljedeće tiskarske i probne procese	<b>Specifikacije</b> Coldset ofset tisak na novinskom papiru Coldset ofset probe na novinskom papiru Novinske probe pomoću posebnih probnih procesa (ink jet)		
<b>Original</b> Original treba biti isporučen sa Format podataka Kolor probni otisak  Minimalna tonska vrijednost tiskovne podloge (monokromatski tisak)	Setovima digitalnih podataka PDF/X (ISO 15930) Mora sadržavati kontrolni element za mjernu verifikaciju sukladnosti probnog otiska za novinski tisak  5%		
<b>Separacija boja</b> Ukupni nanos boje Maksimalna crna (K) Reprodukcija boja	Ne bi smjela preći 240%, maksimalno 260% Minimalno 85% Grey Component Replacement (GCR)		
<b>Raster</b> Vrsta rastera Oblik elementa Prvi spoj elementa Drugi spoj elementa Linijatura rastera <b>Kutovi rastera</b> Cijan (Cyan - C) Magenta (Magenta - M) Žuta (Yellow - Y) Crna (Black - K) <b>Najmanji rasterski element uz FM raster</b>	Eliptičan Pri 40% ±5% Ne više od 20% od prvog spoja elementa 40 linija/cm; ±2 linije/cm (100 lpi; ±0,8 lpi)  15° 75° 0° 135° 40 μm		
<b>Filmovi za izradu ploča</b> Razlučivost osvjetljivača  Gustoća filma (iznad gustoće magle) Gustoća magle filma Dopuštena varijacija gustoće magle  Dopuštena netočnost rastera separiranih kolor filmova Maksimalni rubni efekt AM rastera Maksimalni rubni efekt FM rastera	Preporučeno: 500 linija/cm (1270 dpi) Najmanje 472 linija/cm (1200 dpi) Najmanje 3,5 <sup>(1)</sup> Maksimalno 0,15 Maksimalno 0,10  Maksimalno 0,02% veličine elementa (dijagonalno) 6 μm 4 μm		
<b>Tiskovne ploče</b> Maksimalna tonska varijacija na ploči Dozvoljena greška rastera za set ploča	±2% (plus pogreška mjernog uređaja) Maksimalno 0,02% veličine slike (dijagonalno)		
<b>Novinski tisak</b> Boja tiskovne podloge (papira) Crna mjerna podloga <sup>(2)</sup> , normativno Crna mjerna podloga <sup>(3)</sup> , informativno Tolerancije boja u novinskom tisku	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
	82,0	0,0	3,0
	85,2	0,9	5,2



Probni otisak			
Ciljana tolerancija u tisku	3	2	2
Maksimalna tolerancija u tisku	3	1	1
Varijacija u nakladi	4	2	2
	2	2	2
<b>Tiskarske boje<sup>(2)</sup></b> (crna pozadina, normativno)	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
Cijan (C)	57,0	-23,0	-27,0
Magenta (M)	54,0	44,0	-2,0
Žuta (Y)	78,0	-3,0	58,0
Crna (K)	36,0	1,0	4,0
C+Y	53,0	-34,0	17,0
C+M	41,0	7,0	-22,0
M+Y	52,0	41,0	25,0
C+M+Y	40,0	0,0	1,0
C54%+M44%+Y44%+K100%	34,0	1,0	2,0
<b>Podaci za karakterizaciju boja u skladu sa standardom ISO 12642 (IT8.7/3) mogu se naći na internetu</b>			
<b>Tolerancije u tisku u boji<sup>(4)</sup></b>	<b>Devijacija ΔE</b>	<b>Varijacija ΔE</b>	
Cijan (C) normativno	5	4	
Magenta (M) normativno	5	4	
Žuta (Y) normativno	5	5	
Crna (K) normativno	5	4	
C+Y informativno	8	7	
C+M informativno	8	7	
M+Y informativno	8	7	
<b>Tiskarske boje<sup>(23)</sup> (bijela pozadina, informativno)</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
Cijan (C)	59,1	-23,9	-27,1
Magenta (M)	55,5	47,6	0,7
Žuta (Y)	80,4	-1,4	61,6
Crna (K)	36,8	1,5	4,5
C+Y	54,9	-34,3	17,5
C+M	42,4	7,0	-22,7
M+Y	53,8	44,8	26,0
C+M+Y	40,4	0,1	0,4
C54%+M44%+J44%+N100%	34,5	0,4	1,8
<b>Tisak</b>			
Poredak boja	CMYK ili KCMY		
Tonski raspon	3% do 90%		
Greška registra	Ne bi smjelo preći 0,15 mm, maksimalno 0,30 mm		
<b>Ukupan prirast rasterskog elementa<sup>(5)</sup></b>	<b>Za 26% krivulju (%)</b>	<b>Za 30% krivulju (%)</b>	
Ulazna tonska vrijednost 10%	11,1	14,1	
Ulazna tonska vrijednost 20%	19,0	23,4	
Ulazna tonska vrijednost 30%	24,0	28,5	
Ulazna tonska vrijednost 40%	26,1	30,5	
Ulazna tonska vrijednost 50%	26,0	29,5	
Ulazna tonska vrijednost 60%	23,9	26,1	
Ulazna tonska vrijednost 70%	19,8	21,0	
Ulazna tonska vrijednost 80%	14,3	15,2	
Ulazna tonska vrijednost 90%	7,6	7,8	
<b>Prirast rasterskog elementa s FM rasterom 50% rastertonske vrijednosti</b>	43		

<b>Tolerancije za maksimalni prirast rasterskog elementa</b> Devijacije na 40% ili 50% tonskom polju Devijacije na 75% ili 80% tonskom polju Varijacije na 40% ili 50% tonskom polju Varijacije na 75% ili 80% tonskom polju Premaz u srednjim tonovima	<b>Probni otisak</b> 4% 3% - - 5%	<b>Tiskarski proces</b> 5% 4% 5% 3% 6%	
<b>Sivi balans, informativne vrijednosti</b> Navedene CMY kombinacije trebale bi dati neutralni sivi otisak u svakom slučaju. Referentna siva je određena papirom i najtamnijom crnom bojom (240%).	<b>Cijan (C)</b> 10% 20% 30% 40% 50% 60%	<b>Magenta (M)</b> 10% 20% 30% 40% 50% 60%	<b>Žuta (Y)</b> 10% 20% 30% 40% 50% 60%
<b>Preporučena vrijednost boje za kontrolni element sivog balansa</b>	30%	24%	24%
<b>Gustoće obojenja<sup>(6)</sup>, informativne vrijednosti</b>  Cijan (C) Magenta (M) Žuta (Y) Crna (K) Papir	<b>Status E, s polarizacijom</b>  0,90 0,90 0,90 1,10 0,00	<b>Status T, Bez polarizacije</b>  0,90 0,90 0,85 1,05 C=0,23; M=0,24; Y=0,27; K=0,22	
<p>1) Prema standardu, gustoća obojenja u središtu rasterskog elementa je 2,5. Praktično je izmjeriti gustoću obojenja filma na većem polju. Ako gustoća obojenja punog polja na filmu pređe 3,5 može se ustvrditi da je gustoća obojenja u središtu rasterskog elementa najmanje 2,5.</p> <p>2) Boje prema ISO 2846-2<sup>[44]</sup>, uvjeti mjerenja: 45°/0° ili 0°/45°, D50/2°, crna podloga</p> <p>3) Boje prema ISO 2846-2, crna podloga, ISO/WD 13655</p> <p>4) Boje prema ISO 2846-1, uvjeti mjerenja: 45°/0° ili 0°/45°, D50/2°, crna podloga. Najmanje 68% svih proizvodnih kopija trebale bi biti unutar /M tolerancija varijacije</p> <p>5) Maksimalni prirast rasterskog elementa = tonska razlika između digitalne datoteke i otiska</p> <p>6) Crna podloga u skladu s ISO 5,4</p>			

### 2.11.2.2 ICC profili

Kolor menadžment je preduvjet postizanja kvalitete u tisku od pripreme do krajnjeg proizvoda s predvidljivim rezultatima. No, može također dovesti do neželjenih transformacija boja u različitim fazama proizvodnje, što na kraju može dovesti i do potrebe za ponavljanjem cijele naklade. Uzrok ovih pojava ne leži u lošem softveru niti u slaboj obučenosti osoblja, već u ICC specifikacijama koje određuju detaljno kako kolor profili moraju biti konstruirani i kako se trebaju koristiti.

### Povijest razvoja ICC profila

Ideja kolorimetrijskog opisa prostora boja različitih medija u neovisnom prostoru boja puno je

starija od termina kolor menadžment. Veliki proizvođači fotografskih materijala, kao što je Kodak, razvijali su ovu tehnologiju nekoliko desetljeća. U Njemačkoj je postojao standard DIN 16539 koji je prethodio ISO 2846-1 standardu za tisak. Velike repro tvrtke počele su u 80-im godinama prošlog stoljeća koristiti kolirimetrijski predefinirane postavke skenera i sustave za digitalne probe. Početkom 90-ih godina pojavio se prvi sustav za standardiziranu kolor transformaciju na kućnim računalima. Ono što je bilo zajedničko svim kućnim sustavima je da nisu bili kompatibilni, pa kalibrirani sustavi nisu mogli izmjenjivati podatke s drugima, što je u tiskarskoj industriji, zbog suradnje, velika poteškoća. Iz tog razloga osnovan je International Color Consortium ICC 1992. godine unutar Njemačkog instituta za istraživanje tzv. FOGRA. Od samog početka, proizvođači operativnih sustava Apple, SUN i Silicon Graphics sudjelovali su u radu, kao i AGFA i Kodak koji su donijeli svoje tradicionalno znanje o boji, te Adobe izumitelj PostScripta. U to vrijeme velike repro tvrtke kao Crosfield, Linotype-Hell, Scitex i Screen nisu sudjelovali u radu. Microsoft se radu priključio kasnije. Originalne specifikacije ICC standarda objavljene su 1993. godine. Repro tvrtke nisu pokazivale interes iz razloga što bi njihov veliki dugogodišnji rad na transformacijama boja postao besplatno dostupan svim malim proizvođačima softvera i hardvera bez višegodišnjeg razvoja i istraživanja. Microsoft, SUN i Silicon Graphics objavili su licencirani kolor menadžment od Kodaka, dok je Apple nastavio razvoj samostalno. Tek u ožujku 1995. godine Apple i Linotype-Hell objavili su tehnologiju ColorSync 2.0 sukladnu ICC standardima. Linotype-Hell učinio je i korak proširenja proizvodnje na plošne skenere s pripadajućim softverom LinoColor nakon čega ga je tvrtka Heidelberg Druck Maschinen otkupila, te je na taj način zavládala grafičkim tržištem. Niti jedna tvrtka osim Heidelberga nije više okupljala u svojoj ponudi cijeli proces kolor menadžmenta, već je svaka nudila samo dio procesa. Tako svaki proizvođač softvera koji implementira kolor menadžment mora to učiniti u skladu s ICC postavkama. No, u ICC specifikacijama postoje velika nedefinirana područja kad dođe do proizvodnih procesa s ICC profilima i kako ICC profili djeluju s različitim aplikacijama, operativnim sustavima, kolor pisačima i CtP uređajima.

### **Prednosti i nedostaci ICC profila**

Prednosti ICC standarda posebno su vidljive kod:

- ✓ skeniranja kolora, gdje su skeneri postali manji, jeftiniji i moćniji nego ikada
- ✓ separacije RGB slika, koja je prije bila veliki zadatak, a danas, zahvaljujući integriranom kolor menadžmentu, postala jednostavan klik miša dizajnera ili fotografa
- ✓ soft proof RGB i CMYK slika, jer pouzdan prikaz boja na monitorima više nije prob-

lem uz uređaje prihvatljive cijene koji posao obavljaju brže i bolje nego starija višestruko skuplja rješenja

- ✓ digitalni proof CMYK dokumenata, koji se izrađuje pomoću kalibriranih ink-jet pisača
- ✓ univerzalni kolor standardi koji omogućuju razmjenu posla i podataka između različitih korisnika tj. sudionika proizvodnih procesa

### **Nedostaci ICC standarda:**

- ✓ tokovi proizvodnje nisu propisani od strane ICC-a, što bi svakako trebalo napraviti na način da se izričito i jasno propiše kako se ICC profili primjenjuju u pojedinačnim proizvodnim stadijima (fotografiranje ili skeniranje, obrada slike, prijelom stranice, kolor transformacije gotovog dokumenta i izrada proba)
- ✓ ICC također nije propisao testne procedure za aplikacije, operativne sisteme i drajvere za printere, što bi morao učiniti kako bi aplikacije zajamčeno provodile kolor menadžment prema očekivanjima
- ✓ ne postoje parametri i testovi za odobrenje profila od strane ICC-a, a samo ako je pojedinačnim komponentama testirana funkcionalnost, može se provesti proces kolor menadžmenta. Također, samo u slučaju da se složeni dokumenti mogu jednostavno konvertirati, ICC profil bi trebao biti odobren za proizvodnju

### **Slabosti kolor menadžmenta s ICC profilima**

U sustavima u kojima se kolor menadžment radi pomoću ICC profila postoje slabosti koje uzrokuju probleme u radu većine aplikacija:

- 1) Crno-bijeli i sivi objekti se najčešće isključuju iz kolor menadžmenta ili se pretvaraju u četverbojne elemente
- 2) Tehničke sjene su često veće jednobojne površine ili gradijenti u vektorskim grafikama ili pozadinskim bojama. Transparencije postavljene preko vektorske grafike rasteriziraju elemente ispod sebe, pa boje gube svoju čistoću ili dolazi do gubitka nadzora nad nanosom boje.
- 3) Nemogućnost izrade cjelokupnih kolor transformacija zbog toga što postoji bezbroj kombinacija tiskarskih strojeva i podloga. Nije moguće isprobati u proizvodnom procesu isprobati sve kombinacije profila, podesiti ih i odobriti.

### **Konstrukcija ICC profila**

Najvažnije komponente ICC kolor menadžment sustava su kolor profili. Ovi profili sadrže različite rendering intente. Rendering intenti su velike tablice koje prevode sve RGB ili

CMYK vrijednosti kolor profila u L\*a\*b\* prostor boja. Međutim, u 8-bitnom sustavu po RGB vrijednosti boje, takva tablica imala bi 16,7 milijuna stavki, pa se sprema samo odabrani dio u tablicu. Vrijednosti koje se ne unose u tablicu, u slučaju potrebe se interpoliraju prema susjednim vrijednostima.

### ***2.11.3 Kontrola kvalitete i uloga kolor menadžmenta u novinskom tisku***

Kolor menadžment u proizvodnji ima ulogu alata koji kroz sve procese osigurava postizanje standarda kvalitete proizvoda. Tiskare fokusiraju svoje napore na klijenta, znajući da sami tisak ne znači uspjeh, već je potrebno ispuniti očekivanja kupca. Kako bi se postigla učinkovitost proizvodnja potrebno je kontrolirati procese kako bi kvaliteta bila zajamčena. Osnova kontrole je mjerenje. Ako je kvaliteta zasnovana na očekivanju klijenta, onda bi standardi trebali biti podešeni prema tome. No, svaki proces u proizvodnji ima neizbježnu varijaciju, pa bi postizanje standarda kvalitete trebalo uzeti i to u obzir. Tiskare bi morale uspostaviti dobru komunikaciju s klijentima kako bi precizno odredile namjenu proizvoda i potom ga proizvele unutar tolerancija koje osiguravaju zadovoljstvo. Bez točne izmjere procesa, nemoguće je definirati tolerancije ili uspješnost i dosljednost procesa, pa je nemoguće naručitelju reći što je izvodivo, a što ne. Mogućnosti procesa nameću ograničenja naručiteljevih očekivanja, no bez tih saznanja željena kvaliteta ne bi se mogla postići. Mjerenje bi moralo postaviti tolerancije definirane nezaobilaznim varijacijama i pritom pratiti proces devijacije tolerancija koji bi se mogao pripisati nesistematskim uzrocima. Greške strojara, kvarovi opreme, repromaterijali koji ne ispunjavaju standarde ili traže drugi način obrade uzroci su loše kvalitete. U slučaju da se proces ne mjeri, vrlo je vjerojatno da greške neće biti primijećene do nakon isporuke naručitelju. Tada je cijena kvalitete značajno veća, kao i cijena njenog poboljšanja. Praćenje ovih pojava omogućuje tiskari utvrđivanje koliko su greške sustavne. Primjerice, ako je ljudski faktor čest uzrok pogreške, razumno bi bilo obučiti strojare, jer je taj trošak manji od štete u proizvodnji. Mjerenje svakog aspekta proizvodnje nije jednostavan zadatak, ograničen cijenom mjernika ili automatskih sustava potrebnih za dobivanje informacije. Proizvodni pogon je složen sustav u kojemu različiti procesi čine mrežu potencijalno nestabilnih veza. Pronaći probleme unaprijed je gotovo nemoguće. Zato se preporuča korištenje kvalitativnih metoda za procjenu procesa koji trebaju nadzor ili mjernih procesa koji mogu otkriti područja na kojima učinkovitost nije najbolja, pa se tek onda može upotrijebiti resurse za usredotočeni napor kako bi se prikupile analitičke informacije u tim područjima. Nemoguće je težiti poboljšanju ako je trenutno stanje nepoznato. Procjena kvalitete zasnovana na mjerenju daje najobjektivnije argumente za promjenu.

## **Kontrola procesa**

Ono što varira kroz cijelu nakladu je debljina sloja nanosene boje, koja na taj način utječe na vidljive ili nevidljive razlike otisaka, te je zato najvažniji faktor kvalitete krajnjeg proizvoda. Gustoća obojenja ili boja mogu se koristiti za mjerenje debljine sloja boje. Pitanje je kolika varijacija u tiskarskom procesu može biti prihvatljiva. Određeni poslovi mogu se isporučiti i s varijacijom 0,1 jedinica gustoće obojenja, no drugi poslovi zahtijevaju strože tolerancije u rasponu 0,05 jedinica gustoće obojenja. Poznavanje mogućnosti procesa pruža mogućnost određivanja trenda u kojemu se proces može sustavno varirati. Svaka varijacija veća od one koja je određena u sustavu mora se pripisati drugom uzroku koji utječe na proces. U ovom slučaju strojar može pronaći uzrok i otkloniti ga, pa tako proces učiniti konzistentnijim. Detaljna analiza može pomoći strojaru u definiranju plana uzorkovanja. Frekvencija nesustavnih grešaka ne može se točno odrediti. Međutim, moguće je odrediti plan uzorkovanja na frekvenciji koja pruža sigurnost da će nesustavna greška biti otkrivena na vrijeme. Postoje različite veličine koje omogućuju detaljan uvid u stanje unutar stroja. Prirast rasterskog elementa i povećanje tonske vrijednosti pojave su osjetljivije na odnose između boje i vode nego što je to gustoća obojenja punog tona, pa zato omogućuju preciznu kontrolu procesa za interakciju boje i vode i kolor reprodukciju. Tiskovni kontrast se tradicionalno koristi za definiranje ukupne kvalitete reprodukcije. Preklapanje boja (eng. trapping) pokazuje kako se različite boje nanose na papir u međusobno zavisnom odnosu. Sivi balans pokazuje ispravnost reprodukcije slike tj. jesu li sve boje izbalansirane dovoljno kako bi dale zadovoljavajuću reprodukciju. Sivi balans je najjednostavniji način detekcije devijacije na nekom od sustava za nanošenje boja u stroju.<sup>[31]</sup> Kolorimetrijske vrijednosti se koriste za potvrđivanje usklađenosti boja i tiskovnih podloga s međunarodnim standardima. Kombinacija ovih vrijednosti koristi se za praćenje kvalitete prema specifičnostima posla i tiskarskog procesa.

## **Radni tokovi s kolor menadžmentom**

Kolor menadžment je najprije alat za kontrolu procesa kako bi se postigla željena kvaliteta. Međutim, kolor menadžment služi i za predviđanje boja. Postavljanje radnog toka s kolor menadžmentom od digitalne datoteke do tiskarskog stroja je najnaprednija aplikacija kolor menadžmenta. Idealna tiskara trebala bi biti u stanju otisnuti svaki posao unutar standardnih gustoća obojenja i tolerancija boja, sivog balansa i prirasta rasterskog elementa. Moguće je ostvariti značajne uštede u repromaterijalu i povećati produktivnost ako su radni tokovi postavljeni s takvim kontrolama. Iz tog razloga potrebno je koristiti sve elemente koji utječu na ponovlji-

vost u proizvodnji, jer bez toga nije moguće primijeniti znanost. Prenosivost boja znači da se posao može prenijeti s jednog tiskarskog stroja na drugi, a dobiti isti rezultat, što je često neophodno u proizvodnom okruženju. Prijenos je moguće izvesti samo u slučaju ako su boje standardizirane, a rezultati tiska na svakom stroju ponovljivi. U slučaju da su preduvjeti ispunjeni, razlike između tiskarskih strojeva mogu se kompenzirati pomoću kompenzacijskih krivulja na RIP-u. Predvidljivost boja znači da strojar može znati kako će boje izgledati na stroju u određenoj fazi probnog tiska, pa na taj način stvara uzorke koji odgovaraju krajnjem proizvodu. Kako bi se ovo moglo postići, tiskarski stroj mora biti “opisan” preko softvera za kolor menadžment koji ovisi o ICC profilima i pripadajućim algoritmima za izračunavanje, a na sustavu za izradu probnih otisaka mora biti također proveden kolor menadžment kako bi se postigli jednaki rezultati gamuta i tonskih vrijednosti kao na tiskarskom stroju.<sup>[45]</sup> Napreći tehnologije kolor menadžmenta pružaju mogućnosti potrebne u različitim aplikacijama. Svaki program koristi različiti algoritam za podešavanje boja u radnom toku, pa su tu moguće razlike, no rezultat dobivanja željene boje na različitim tiskarskim platformama i davanje točnog probnog otiska (hardproof ili softproof) postiže se na svakom softveru. Strojar se mora odlučiti za softver prema njegovim mogućnostima i primjenjivosti na potrebne aplikacije. Nakon toga, moraju se primijeniti jednaki principi dosljednosti i dokumentiranja elemenata koji utječu na dobivanje dobrih rezultata u radnom toku. U današnje vrijeme, klijenti traže od tiskare praćenje vrijednosti koje će dati najbolju procjenu kvalitete, te probni uzorak dobiven pomoću njih. Da bi se ispunila očekivanja klijenta, važno je provesti metodologiju pri kalibraciji tiskarskog stroja i primijeniti radni tok s kolor menadžmentom. U slučaju da su sve faze radnog toka provedene na pravi način, krajnji proizvod će imati jednaki izgled i svojstva kao i probni otisak. Vrijednosti i tolerancije potvrditi će da je metodologija primijenjena na pravi način dajući sigurnu kvalitetu. Struka u svijetu se pokušava dogovoriti koju metodologiju će biti najjednostavnije provesti na tržištu, jer iako se postizanje sličnih rezultata u različitim tiskarama čini kao nepoželjno u tržišnoj borbi, mnoge tiskare nisu u stanju provesti toliko sofisticirani radni tok.

### **2.11.3.1 Preduvjeti kontrole kvalitete**

#### **Standardizacija**

Industrija neumorno radi na stvaranju standarda koji omogućuju tiskarama primjenu najboljih iskustava i daju osnovu ponovljivosti u proizvodnji na različitim platformama. Standardi omogućuju pouzdanu komunikaciju s naručiteljem proizvoda i proizvođačem repromaterijala

na način da stvaraju osnovu jednostavnog razumijevanja s kalibracijskim metodama koje osiguravaju da krajnji proizvod ispuni jednake standarde kvalitete. Standardizacija može biti interna, industrijska ili međunarodna. Interni standard su ciljane gustoće obojenja namijenjene za određeni proizvod tj. tolerancije u procesu. Standardizacija ovih parametara omogućuje ponovljivost u proizvodnji. Šire primijenjeni standardi su industrijski ili međunarodni. Najvažniji su serije ISO 12647 i 2846. Serija ISO 2846 definira boje za različite tiskarske procese, a namijenjena je proizvođačima boje. ISO 12647 sadrži parametre za sami tiskarski proces, obuhvaćajući boje na različitim tiskarskim podlogama, povećanje tonske vrijednosti i tolerancije. Važna je suradnja s proizvođačima repromaterijala kako bi svi materijali bili sukladni standardima.

### **Obrazovanje**

Obrazovanje radne snage je pretpostavka postizanja kvalitete. Donošenje odluka potrebno je u svakoj etapi proizvodnje, ali samo tehnički obučeni strojar koji razumiju zahtjeve kvalitete proizvoda mogu svoj posao obavljati učinkovito. Iskusan strojar je pouzdaniji od bilo kojeg sustava ili stroja. Za razliku od situacije u prošlosti, strojar danas moraju temeljito razumjeti mjerenja kontrolnih elemenata i kolor menadžmenta kako bi znanstvenim metodama poboljšali proizvodnju kvalitetom i kvantitetom. Nakon početnog otpora promjenama, uzrokovanog prošlim radom bez praćenja kvalitete gledajući na primjenu znanosti kao nepotrebno kompliciranje posla, strojare je nužno prilagoditi transformaciji sa zanata na industriju pogonjenu znanosti. Neobučeni strojar su opasnost u proizvodnom procesu. Njihov posao predstavlja rizik za povećanje troškova proizvodnje i nepostizanje željene kvalitete. Ulaganje u školovanje pruža upravi priliku da svakom zaposleniku da integralno mjesto u poslu, što uvijek rezultira povećanjem motivacije zaposlenika i produktivnosti.

### **Održavanje**

Uloga održavanja je važna za postizanje kvalitete u proizvodnji. Svaki dio tiskarskog stroja mora raditi tehnički ispravno. Što je tiskarski stroj stariji, teže je na njemu postići ujednačeni proizvod. Loše održavani stroj, iako sposoban isporučiti željenu kvalitetu proizvoda, čini to sa smanjenom produktivnošću i većim troškovima proizvodnje kroz vrijeme i otpad. Trošak se najčešće ne mjeri dovoljno dobro da bi tvrtke lako došle do zaključka da su štete nastale neodržanim strojem veće od troška održavanja. Da bi se stroj na pravi način održavao, mora se isključiti iz proizvodnje, jer je popravak mehaničkih problema u radu najneefikasniji. Održavanje mora biti preventivno i proaktivno. Potrebe održavanja potrebno je planirati kroz deta-



ljan proces procjene koji omogućuje isključenje stroja iz proizvodnje u predviđeno vrijeme. Ovakvo postupanje s opremom produžuje njen vijek trajanja i povećava učinkovitost proizvodnje.

### **2.11.3.2 Kontrolni klinovi u grafičkoj proizvodnji**

Kako bi se kvaliteta otisnutih materijala mogla pratiti i mjeriti, potrebno je otisnuti i kontrolna polja na uzorcima. Njihovo uobičajeno mjesto u revijalnom tisku je na samom vrhu, pratećem rubu ili u sredini stranice koja se najčešće koristi. Ako se kontrolna polja koriste za automatsku kalibraciju tiskovnih formi na CtP-u, moraju uvijek biti na istim mjestima, kako iskrivljeni rezultati mjerenja ne bi dali loše otiske. Postoji više vrsta kontrolnih polja, a koja vrsta će kada biti korištena, ovisi o broju boja. Što se manje boja koristi u tisku, manje je kontrolnih polja. Drugi važan kriterij je vrsta kolorimetrijskog uređaja i ograničenja veličine korištene mjerne optike. Prema standardu ISO 12647 otvor leće morao bi odgovarati vrijednosti 15 puta frekvencije rastera, a minimalno mora biti 10 puta te vrijednosti, kako bi se mogla snimiti tonska vrijednost rasterskih elemenata. Primjerice za raster 80 linija/cm definicija linije je 0,125 mm, a najmanja veličina otvora je  $0,125 \times 15 = 1,875$  mm. Sva kontrolna polja se sastoje od sljedećih komponenti:

- a) puna polja - koriste se za praćenje ujednačenosti nanosa boje. Preporučljivo je koristiti jedno puno polje za svaku boju po svakoj zoni obojenja na tiskarskom stroju (točna mjera ovisi o stroju). Puna polja se mogu koristiti i za automatsku regulaciju punih tonova.
- b) puna polja u overrintu - koriste se za ocjenu preklapanja boja pomoću vizualne procjene i mjerenja
- c) polja za balans boja - polja za balans boja na punim i rasterskim poljima. Kad se cijan, magenta i žuta otisnu jedna povrh druge, rezultat tiska trebao bi biti neutralna crna boja. Kraj takvog polja se otiskuje i crno polje. Pri ispravnom nanosu boje, s pravilnim slijedom boja i uobičajenim prirastom rasterskog elementa, rastersko polje cijan, magente i žute, otisnute jedna preko druge, treba dati neutralnu sivu boju. Polja za balans boja namijenjena su vizualnoj procjeni ili za automatski sivi balans. U standardiziranom procesu prema ISO 12647-2 standardu, sivi balans treba se postići primjenom ICC kolor profila kod generiranja separacija.<sup>[46]</sup>
- d) rasterska polja
- e) Tonske vrijednosti rasterskih polja ovise o tiskari. Vrijednosti izmjerene na rasterskim i punim poljima koriste se za izračun prirasta rasterskog elementa i relativnog kontras-

ta tiska. Linijatura rastera s različitim kutovima koristi se da bi se provjerilo mazanje i dupliranje vizualnom procjenom i mjerenjem.<sup>[47]</sup>

Kako bi se upravljalo procesom, od presudne važnosti je postavljanje ciljanih vrijednosti koje bi pružile ciljanu točku za procjenu ispravnosti produkcije. Ako takve ciljane vrijednosti ne postoje, postoji velik stupanj nesigurnosti. Kad strojar pokušava postići boju s probnog otiska koji zahtijevaju naručitelji, a nema ciljane vrijednosti za pojedine boje, njegov trud će nailaziti na velike poteškoće s mnogim empirijskim prilagodbama količine nanosa boje na tiskovnu podlogu dok se ne postignu zadovoljavajući rezultati. U slučaju da se posao mora otisnuti u nekoliko naklada, bez zabilježenih procesnih vrijednosti, problem će biti jednak.<sup>[48]</sup> Rezultat poteškoća u tisku je gubitak vremena, povećanje makulature i nesiguran ishod kod kojega vrlo jednostavno može izostati ujednačenost proizvoda. Ciljane vrijednosti pružaju kriterij po kojemu se može ocijeniti kvaliteta tiska. Iz tog razloga proces mora biti dio radnog toka s kolor menadžmentom koji ispituje sve stadije proizvodnje. Krajnji cilj radnog toka s kolor menadžmentom je postizanje boje u tisku jednake onoj na probnom otisku, uzimajući u obzir količinu boje koju nanosi stroj, korekcije boja zbog razlika u bojilima, overprint boju bojila. Ako su svi ovi pokazatelji podešeni, odstupanje od ciljanih vrijednosti u proizvodnji pokazuje da boja nije ujednačena. Mjerenjem se može utvrditi što uzrokuje devijaciju, jer kontrolna polja daju potrebne informacije. Ne preporuča se da tiskare postavljaju vlastite standarde kolor menadžmenta u proizvodnji. Često se, međutim, događa da tiskara mora postići ujednačenost otiska s probnim otiskom koji nije njen proizvod. Također, nije rijetkost da strojar mora podešiti tisak prema otisku napravljenom u drugoj tiskari. U slučaju da se strojar ne drži jednakih standarda i specifikacija, točno pogađanje boje bi bilo nemoguće. Zato industrija radi na postizanju industrijskih specifikacija i kalibracijskih metoda kako bi ih se odjeli za pripremu i tiskare mogli držati. Ako se dva uzorka naprave u dva odvojena odjela za pripremu, oba moraju imati jednake specifikacije kako bi boja probnih otisaka bila jednaka. Najčešće korišten industrijski standard je gustoća obojenja, prema vrijednostima industrijskih organizacija koje su rezultati vrijednosti mjerenja. U međuvremenu se došlo do spoznaje da mjerenje gustoće obojenja ima i svojih nesavršenosti, jer ne daje informaciju o boji koja se koristi. U slučaju da dvije tiskare koriste bojila različitog pigmenta koja imaju različitu nijansu, boja naklada ne bi bila ujednačena, čak i ako obje tiskare postignu propisane vrijednosti gustoća obojenja. ISO je zato standardizirao boje bojila u međunarodnom standardu 2846 “grafička tehnologija - boja i transparentija tiskarskih boja u četverbojnom tisku”, kao i reprodukcije na različitim tiskovnim podlogama u standardu 12647 “grafička tehnologija - procesna kontrola u proizvodnji

rasterskih kolor separacija, probnih uzoraka i otisaka”. Svojim postavljanjem standarda za različite segmente tiskarske industrije, ISO omogućuje postizanje ujednačenosti u bilo kojem dijelu svijeta. No, još uvijek nije u potpunosti definirano kako kalibrirati proces na način da bi probni uzorak i otisak izgledali jednako kroz cijelu nakladu, premda je tradicionalni pristup bio kontrola gustoće obojenja i prirasta rasterskog elementa. U posljednje vrijeme, GRACOL (eng. General Requirements for Applications in Commercial Offset Lithography) je pružio alternativno rješenje problematike. Metoda postiže ISO boju, a zatim radi podešavanja krivulje u pripremi kako bi se dobio sivi balans cijan, magente i žute u tisku jedne preko druge komponente (overprintu). Pretpostavka je da se, u trenutku kad se postigne sivi balans komponenti, dobio optimizirani otisak za određeni set bojila, pa da bi se u tom trenutku dva uzorka morala vizualno podudarati. Dakle, industrija koristi kolorimetriju kako bi postavila ciljane vrijednosti za boju bojila, te kako bi kontrolirala proces mjerenjem razlike boja reproducirane neutralne sive. Iako je ova praksa počela na ofsetnom tisku, brzo se širi i na ostale tiskarske tehnike. Svaki tiskarski proces ima svoju neizbježnu grešku, koliko god ona bila minimalna, pa je očekivanje postizanja točnih ciljanih vrijednosti iz otiska u otisak praktički nemoguće. Cilj svakog procesa je postizanje rezultata unutar raspona gustoća obojenja u cijeloj nakladi. Izazov leži u postizanju kompromisa između onoga što se može postići u procesu tiska i onoga što očekuje klijent. U tom smislu se alati za procesnu kontrolu trebaju koristiti kako bi se kontrolirao i poboljšao proces.<sup>[49]</sup> Najvažniji korak u efikasnom kolor menadžmentu je dogovor između pripreme i tiska o standardu probnog otiska. Kvalitetan rezultat je moguće dobiti samo ako je probni otisak u pripremi jednak otisku. U ovu svrhu koriste se testni klinovi koji se otiskuju kao dodatni element na probnom otisku i nakon toga se mjere spektrofotometrima. Rezultate se uspoređuje u četiri kategorije s parametrima određenim prema tipu tiskovne podloge u standardu ISO 12647. Svaka kategorija ima različite tolerancije odstupanja boja.

#### **2.11.4 Denzitometrija**

Denzitometrija je učinkoviti način praćenja gustoće obojenja punog tona i tonskih vrijednosti u procesu tiska. Postoje dvije vrste denzitometra ovisno o primjeni:

- denzitometri s prolaznim svjetlom koji služe za mjerenje zacrnenja na filmu tj. transparentnim materijalima
- reflektivni denzitometri koji mjere svjetlost reflektiranu od podloge otiska

Reflektivni denzitometar radi na principu obasjavanja površine otiska pomoću izvora svjetlosti. Zraka svjetlosti prodire kroz prozirni sloj boje i slabi. Ostali dio svjetlosti se rasipa na tis-

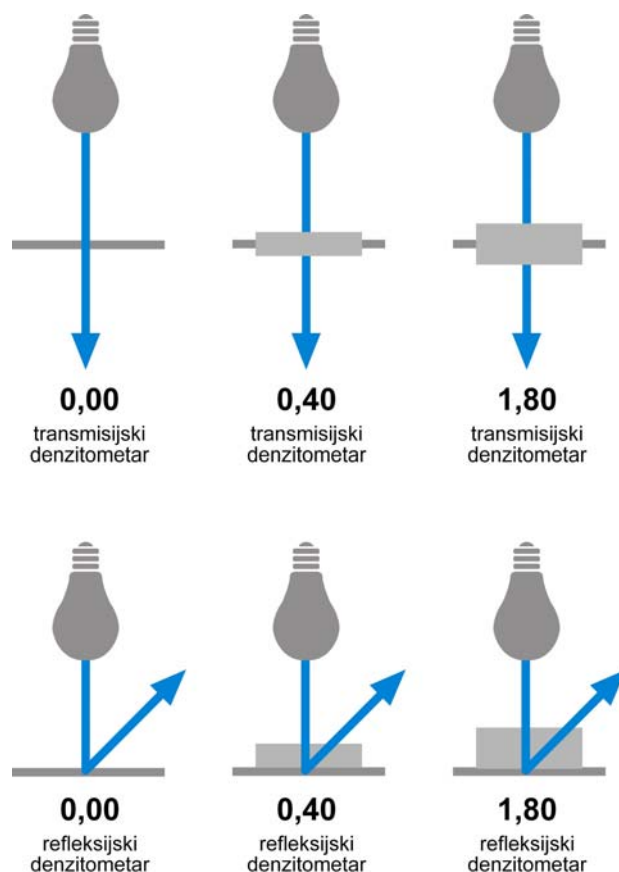
kovnoj površini. Dio rasipanog svjetla putuje dalje kroz sloj boje i dalje slabi. Ostatak svjetlosti stiže do mjernog instrumenta koji zatim konvertira svjetlost u električnu energiju. Rezultat mjerenja denzitometra se izražava u jedinicama gustoće obojenja. Sustavi leća se koriste u mjernom procesu za stvaranje snopa svjetlosti. Polarizacijski filtri suzbijaju sjaj mokre boje, a filtri u boji se kombiniraju kod mjerenja kromatskih boja. Na slici se vidi na koji način radi denzitometar na primjeru otisnute kromatske boje. Bijela svjetlost se u idealnim uvjetima sastoji od jednakih udjela crvene, zelene i plave, a otisnuta boja sadrži pigmente koji apsorbiraju crvenu, a reflektiraju zelenu i plavu, zato se zove "cijan" boja. Denzitometar se koristi za mjerenje raspona apsorpcije određene boje, jer su gustoća obojenja i nanos boje u zavisnim vezama. Iz tog razloga, koristi se crveni filter, koji blokira plavu i zelenu, a samo crvena prolazi. Gustoća obojenja boje ovisi najprije o vrsti pigmenta, njegovoj koncentraciji i debljini sloja boje. Gustoća obojenja je mjera debljine nanosa, bez indikacije tona boje.

Napredak tehnologije učinio je mjerne instrumente pouzdanima i cijenom pristupačnima. Po-teškoće nastaju zbog neujednačenosti mjernih rezultata između različitih instrumenata i zbog varijacija čak i kod mjerenja na istom instrumentu. Proizvođači specificiraju ponovljivost rezultata mjerenja instrumentom, da uređaj mora biti kalibriran prema njihovoj bijeloj točki, te da preciznost može biti potvrđena na uzorku s poznatim gustoćama obojenja ili bojama.

#### **2.11.4.1 Denzitometar**

Denzitometri imaju izvor svjetlosti koji isijava zrake svjetlosti na površinu uzorka pod kutom od 90 stupnjeva. Svjetlost se odbija od površine i prolazi kroz tri filtra prije no što uđe u senzor pod kutovima 0/45 ili 45/0.

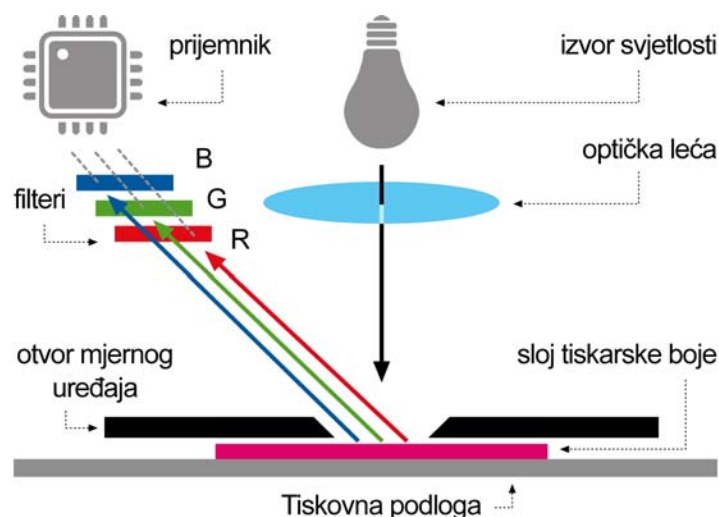
Filtri su crvene, zelene i plave boje, komplementarni s cijan, magentom i žutom. Komplementarni filtri se koriste zato što procesne boje apsorbiraju svjetlost komplementarne boje bez miješanja s ostalim dijelom spektra. Iz tog razloga mjerenje je moguće obaviti tako da se vide najmanje varijacije debljine sloja boje, jer se pojavljuju upravo tamo gdje se pojavljuje apsorpcija za svaku pojedinačnu boju. Denzitometar na taj način blokira neželjene apsorpcije i pretvara reflektiranu svjetlost u tonove sive boje. Na slici se može vidjeti da se neapsorbirana svjetlost reflektira prema senzoru denzitometra, a prolaskom kroz filtre postaje monokromatsko.<sup>[50]</sup>



Slika 28: Gustoće obojenja kod transmisijskog i refleksijskog denzitometra

### Filtri

Kako bi se osigurala mogućnost usporedbe podataka između uređaja, izvori svjetlosti i spektralne krivulje filtra moraju biti standardizirani. Za reflektivnu gustoću obojenja u tisku tiskare u Europi koriste status E, a u americi status T. Jedina razlika je spektralna krivulja plavog filtra koji ima užu valnu duljinu za status E, a to znači da će denzitometri u Americi mjeriti veću vrijednost gustoće obojenja žute boje. Širokovalni filtri mogu obuhvatiti širi raspon reflektiranog svjetla, dozvoljavajući točniji opis boje bojila. Mana ovakvih filtra je slabija osjetljivost za potrebe kontrole procesa gdje se male varijacije debljine sloja boje mogu sakriti zbog veće količine reflektiranog svjetla koja se promatra. Razlog korištenja širokovalnih filtra postojao je u prošlosti kad su se osvjetljavali filmovi kod kojih je bilo važno obuhvatiti što više moguće informacija o boji. Crna boja se mjeri vizualnim filtrom, također širokovlanim, iz razloga što je spektralno selektivna.

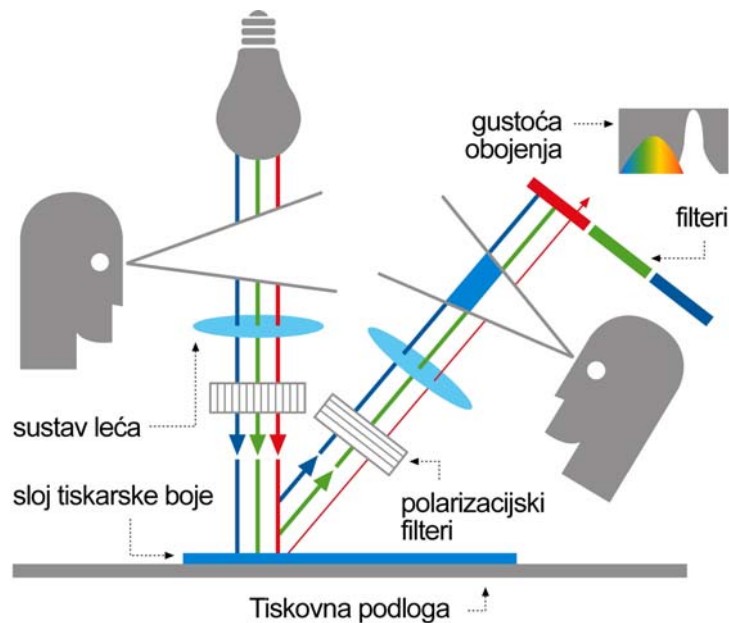


Slika 29: Shema rada denzitometra

Današnji mjerni uređaji sadrže nekoliko filtra koji obuhvaćaju cijeli vidljivi spektar i pružaju podatke za gustoću obojenja obradom zbroja reflektirane svjetlosti u refleksijskim krivuljama crvenog, zelenog i plavog filtra.<sup>[51]</sup> Na ovaj način se gustoća obojenja mjeri kolorimetrijom, koristeći prosjeke vrijednosti za tri boje. Metoda daje različite podatke, što pruža točniji prikaz načina na koji ljudsko oko vidi razlike u debljini sloja boje. Filtri boje na denzitometru su optimizirani za apsorpciju cijan, magenta i žute boje. Spektralna propuštanja i lokacija najvećeg propuštanja se definiraju standardima DIN 16536 i ISO/ANI 5/3. I uskopojasni i širokopojasni filtri su definirani ovim standardima (A i T u slučaju ANSI standarda), ali uskopojasni su poželjniji (DIN NB). Uvijek je potrebno izabrati filtar koji je polaran suprotno od mjerenih boja. Crna boja se procjenjuje filtrom koji je prilagođen osjetljivosti ljudskog oka. Spotne boje se mjere filtrom koji daje najvišu vrijednost. Tri slike pokazuju krivulje refleksije za cijan, magentu i žutu boju pri korištenju odgovarajućih filtra definiranih u standardu DIN 16536.

Ako je potrebno izmjeriti tek otisnute uzorke na kojima je boja još mokra, a površina sjajna koriste se polarizirajući filtri. Za vrijeme sušenja, boja prodire u tiskovnu podlogu i gubi svoj sjaj. Svjetlost reflektirana s površine sastoji se od refleksije s površine sloja boje i od raspršenih zraka ispod površine sloja boje ili unutar tiskovne površine<sup>[52]</sup>. Ova pojava ne samo da mijenja ton boje, već mijenja i gustoću obojenja. Samo u određenoj mjeri je moguće uspoređivati svježije otiske s referentnim vrijednostima za suhi otisak. Kako bi se ovaj problem izbjegao, koriste se dva linearna polarizirajuća filtra postavljena pod punim kutom jedan prema drugome ispred denzitometra. Polarizirajući filtri dozvoljavaju oscilacije svjetlosnih valova samo u jednom smjeru prolaza. Dio svjetlosnih zraka površina boje reflektira, ali smjer osci-

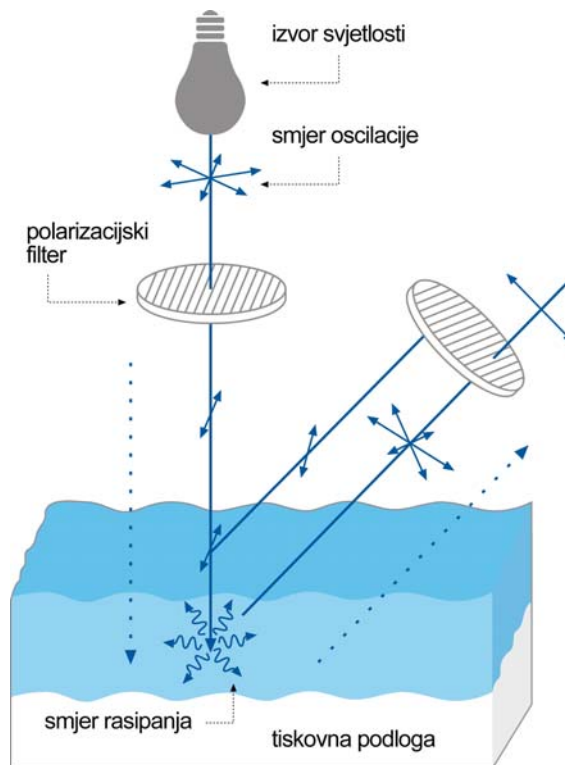
lacije ostaje nepromijenjen. Drugi polarizirajući filter je zarotiran pod 90 stupnjeva u odnosu na prvi i on blokira i ostale reflektirane zrake. Međutim, ako se svjetlo reflektira o tiskovnu površinu nakon što je penetriralo u sloj boje, gubi ujednačeni smjer oscilacije (polarizacija). Zato jedan dio prolazi kroz drugi polarizirajući filter i može se izmjeriti. Filtriranje svjetlosti koju reflektira sjajna površina vlažne boje ima učinak da su denzitometrijska mjerenja vlažne i suhe boje približno jednakih vrijednosti.<sup>[53]</sup>



Slika 30: Djelovanje polarizacijskih filtra

Zato je primjena ove vrste filtra važna za usporedbu tek otisnutog uzorka s već suhim primjerkom. Na ovaj način vizualni dojam i gustoća obojenja slabe. Važan čimbenik kod mjerenja gustoće obojenja je također i da li se oduzima gustoća obojenja tiskovne podloge ili ne. Većina uređaja ima funkciju mjerenja tiskovne podloge prije mjerenja otisnute površine. Tako umanjuju gustoću obojenja i pomažu boljoj procjeni same boje. U slučaju da tiskovna podloga ima gustoću obojenja 0,15 jedinica, relativno mjerenje gustoće obojenja bilo bi 0,15 jedinica manje od apsolutnog mjerenja. Ova činjenica često može zbuniti strojare kod podešavanja gustoće obojenja. I podloga na kojoj uzorke treba mjeriti je također važna, kako se njena boja ne bi miješala s bojom uzorka i utjecala na ukupnu reflektiranu svjetlost. Bijela podloga reflektira više svjetlosti, a crna gotovo ništa. ISO 13656 (grafička tehnologija-primjena reflektivne denzitometrije i kolorimetrije na kontrolu procesa tiska i kontrolu kvalitete) propisuje crnu podlogu za mjerenja gustoće obojenja kako bi se smanjio njen utjecaj na mjerenje. Postoje mnogi faktori koji utječu na mjerenje uzorka - status filtra, je li mjerenje obavljeno kolo-

rimetrijski ili denzitometrijski, koja je podloga korištena kod mjerenja, vrsta samog uređaja, je li boja suha ili mokra i jesu li korišteni polarizacijski filtri, te je li korištena apsolutna ili relativna gustoća obojenja. Iz tog razloga vrlo je važno ustanoviti standarde mjerenje prije usporedbe različitih rezultata.



Slika 31: Svjetlost reflektiranu s površine tek otisnute boje filtriraju polarizacijski filtri

### Ograničenja denzitometrije

Denzitometrija ne može predstaviti na koji način ljudi vide boju. Logaritamska funkcija je ograničen pokušaj oponašanja percepcije svjetline. Ova funkcija je vrlo važna za kontrolu tiskarskog procesa. Gustoća obojenja ne opisuje boju kolorimetrijski, pa je njena primjena za kontrolu kvalitete ograničena. Repromaterijal mora biti sukladan međunarodnim standardima. Gustoća obojenja ne daje vrijednost koja indicira razlike u pigmentaciji boje ili tiskovne podloge. Tendencije razvoja kontrole kvalitete u tiskarskom procesu kazuju da će kolorimetrija u potpunosti zamijeniti denzitometriju. Najveći problem je prilagodba proizvodnih tokova novoj metodi mjerenja.

#### 2.11.4.2 Denzitometrijske vrijednosti

Rezultat mjerenja denzitometrom su denzitometrijske vrijednosti (D) koje se izražavaju loga-



ritamskim omjerom apsorpcije svjetla na referentnom bijelom polju i apsorpcije svjetla na otisnutom polju. Za izračunavanje gustoće obojenja koristi se sljedeća formula:

$$D = \log \frac{1}{\beta} \quad (16)$$

Logaritamski omjer apsorpcije svjetlosti referentnog bijelog polja prema apsorpciji sloja boje.

Refleksija se izračunava na sljedeći način:  $Le_p$  je svjetlost koju reflektira otisnuto polje, a  $Le_w$  svjetlost koju reflektira referentno bijelo polje.<sup>[54]</sup> Refleksija ( $\beta$ ) pokazuje omjer svjetlosti koju reflektira otisnuti uzorak u odnosu na standardnu bijelu referentnu vrijednost.  $\beta$  vrijednost daje sljedeću gustoću obojenja:

$$D = \log \frac{1}{\beta} = \log \frac{1}{0,5} = \log 2 = 0,30 \quad (17)$$

Grafikon pokazuje debljinu nanosa boje i gustoću obojenja za četiri procesne boje u ofsetnom tisku. Isertana vertikalna linija pokazuje uobičajenu debljinu sloja boje korištenu kod ofsetnog tiska koja iznosi približno jedan mikrometar. Grafikon pokazuje da se krivulje gustoće obojenja izravnavaju pri vrlo visokim vrijednostima. Iznad tih debljina sloja, nema povećanja gustoće obojenja, bez obzira na potrošnju boje. Postoji uska povezanost između debljine sloja boje i gustoće obojenja. Grafikon pokazuje da se refleksija smanjuje, a gustoća obojenja povećava kako sloj boje postaje deblji.

### **Kalibracija prema bjelini papira**

Prije svakog mjerenja, denzitometri se kalibriraju prema bjelini tiskarske podloge kako bi se eliminirao utjecaj boje podloge na procjenu debljine sloja boje. Gustoća obojenja bjeline tiskarske podloge se mjeri relativno u odnosu na apsolutnu bijelu, a njena vrijednost se postavlja na nulu ( $D=0,00$ ).

Refleksija koja se još naziva i beta vrijednost se izračunava pomoću formula:

$$\beta = \frac{Le_p}{Le_w} \quad (18)$$

$$\beta = \frac{Le_p}{Le_w} = \frac{50\%}{100\%} = 0,5$$

$Le_p$  je svjetlost koju reflektira mjereni sloj boje

$L_{e_w}$  je svjetlost koju reflektira referentno bijelo polje

Refleksija pokazuje omjer svjetlosti reflektirane od uzorka i standardne bijele referentne vrijednosti.<sup>[55]</sup>

### **Procjena**

Vrijednosti izmjerene za pune tonove i rasterska polja mogu se iskoristiti za računanje tonske vrijednosti, prirasta rasterskog elementa ili kontrasta, ako je denzitometar kalibriran prema bjelini papira.

### **Tonska vrijednost**

Tonska vrijednost na otisku može se izračunati iz gustoća obojenja punog i rasterskog polja ( $D_V$  i  $D_R$ ) koristeći Murray-Daviesovu formulu.<sup>[56]</sup>

$$F_D (\%) = \frac{1 - 10^{-D_R}}{1 - 10^{-D_V}} \times 100 \quad (19)$$

### **Prirast rasterskog elementa**

Prirast rasterskog elementa je razlika između izmjerene tonske vrijednosti na otisku i poznate tonske vrijednosti na filmu ili u pripremi.

Prirast rasterskog elementa ( $D_G$ ) je razlika izmjerene tonske vrijednosti ( $F_D$ ) i poznate tonske vrijednosti na filmu ili u pripremi.

$$D_G (\%) = F_D - F_F \quad (20)$$

### **Relativni tiskovni kontrast**

Relativni tiskovni kontrast se također izračunava iz izmjerene gustoće obojenja punog polja ( $D_V$ ) i gustoće obojenja rasterskog polja ( $D_R$ ). Gustoća obojenja rasterskog polja najlakše se prati na tonskim vrijednostima 75%. Izračunava se pomoću izmjerene gustoće obojenja punog polja ( $D_V$ ) i rasterskog polja ( $D_R$ ).

$$K_{rel} (\%) = \frac{D_V - D_R}{D_V} \times 100 \quad (21)$$

### **Preklapanje boja (eng. ink trapping)**

Preklapanje boja izračunava se iz gustoća obojenja izmjerenih na jednom punom polju, drugom polju na kojem su dvije boje otisnute jedna preko druge, te trećem na kojemu su tri boje otisnute jedna preko druge. Pri tome potrebno je uzeti u obzir i redosljed boja. Preklapanje

boja izračunava se koristeći sljedeće formule koje kazuju koji postotak boje je otisnut preko druge boje. Vrijednost se uspoređuje s prvom za čiju vrijednost preklapanja se pretpostavlja da je 100%.

### **Preklapanje dvaju boja**

Zbrajaju se obje vrijednosti dvaju preklopljenih boja. Vrijednosti se moraju mjeriti koristeći filter koji je dijametralno suprotan drugoj boji.

$D_{1+2}$  - gustoća obojenja dvije prekrivene boje;  $D_1$  - gustoća obojenja prve nanosene boje;  $D_2$  - gustoća obojenja druge nanosene boje

Sve vrijednosti gustoće obojenja moraju se mjeriti koristeći filter boja koje su dijametralno suprotne drugoj boji.<sup>[57]</sup>

$$F_2(\%) = \frac{D_{1+2} - D_1}{D_2} \times 100 \quad (22)$$

### **Preklapanje triju boja**

Kod ove vrste tiska gustoća obojenja se uzima za sve tri preklopljene boje  $D_{1+2+3}$  ( $D_3$  je zadnja otisnuta boja). Sve vrijednosti gustoće obojenja moraju se mjeriti koristeći filter koji je dijametralno suprotan posljednjoj boji. Što je vrijednost  $F_A$  veća, bolje je preklapanje boja.

$D_{1+2}$  - gustoća obojenja triju prekrivenih boja;  $D_3$  - gustoća obojenja zadnje nanosene boje

$$F_3(\%) = \frac{D_{1+2+3} - D_{1+2}}{D_3} \times 100 \quad (23)$$

#### **2.11.4.3 Ograničenja denzitometrijskih mjerenja**

Denzitometri rade na sličan način kako nastaju separacije boja, podešavajući filtre prema četiri procesne boje. Daju relativnu mjeru debljine sloja boje, no ne otkrivaju kako ljudsko oko percipira boju, pa je njihova primjena ograničena.

Najvažniji nedostatak denzitometrije je u tome što iste gustoće obojenja ne daju nužno isti vizualni dojam. Ovo je slučaj uvijek kad se iste boje uspoređuju, a izgledaju drugačije. To je razlog zašto probni otisci na različitim papirima ili otisnuti različitim bojama izgledaju drugačije nego primjerci otisnuti u ofsetnom tisku. Otisci načinjeni različitim vrstama tiska ili istom

vrstom, ali različitim repromaterijalom uvijek se razlikuju. Ograničenje na samo tri boje filtra - crvenu, zelenu i plavu također ima utjecaja. U slučaju da se koriste četiri procesne boje u tisku, pojavljuju se problemi kod mjerenja dodatnih boja. Ne postoje filtri koji su definirani za takve boje, pa su zato rezultati vrijednosti gustoće obojenja i prirasta rasterskog elementa nedovoljno točni. Korištenje denzitometara također nije odgovarajuće za podešavanje obojenja od više komponenata npr. sivih polja. Mjerenje sivih polja pomoću tri filtra daje drugačije gustoće obojenja od onih koje se dobivaju mjerenjem svakog pojedinačnog elementa. Svaka od tri boje više ili manje doprinosi svim gustoćama obojenja zato što procesne boje nisu čiste primarne boje koje svaka predstavljaju dvije trećine spektra, pa apsorbiraju svjetlost i u drugim valnim duljinama.<sup>[58]</sup> Denzitometri su odgovarajući za praćenje kvalitete u tisku pri četveroboju tisku, ali su ograničeno korisni za druge primjene.

#### **2.11.4.4 Denzitometrija kao statistička procesna kontrola**

Denzitometri i spektrofotometri su najčešće korišteni uređaji za mjerenje u tisku. Većina ih je u stanju mjeriti gustoću obojenja i boju s jednim mjerenjem, obuhvaćajući valne duljine na fiksnim intervalima (5 nm, 10 nm ili 20 nm) vidljivog dijela spektra, prikupljajući spektralne podatke koji se zatim pretvaraju u gustoće obojenja ili druge kolorimetrijske vrijednosti. Mjerne instrumente treba redovito kontrolirati zbog točnosti i ispravnosti. Svaki uređaj ima svoju grešku mjerenja čak i kad očitava jednu te istu točku. Iako se pogreška može očekivati, stupanj varijacije specificira proizvođač uređaja. Iz tog razloga uređaj se mora povremeno kalibrirati, a podudaranje sa specifikacijama proizvođača za gustoću obojenja i boju mora se provjeravati. U tiskarama koje imaju više od jednog uređaja istog proizvođača ili uređaje više proizvođača, osiguravanje ispravnog funkcioniranja uređaja kao i ugađanje mjerenja različitih uređaja je kompliciranije. Ovisno o optici, očitavanja se mogu razlikovati od uređaja do uređaja, što znači da isti proces može biti prema standardu kad se mjeri jednim uređajem, ali van standarda kad se mjeri drugim uređajem za istu namjenu. Kako bi se ugodili uređaji više uređaja, uobičajena praksa je korištenje standardiziranih polja koja je potrebno mjeriti sa svakim uređajem i uspoređivanje rezultata. U slučaju da se rezultati ne podudaraju, razlika između uređaja mora se utvrditi. U slučaju da proizvođač nudi kalibraciju prema očitanjima drugog uređaja, moguće je na taj način ugoditi rezultate. Svaki uređaj mora imati jednake specifikacije u smislu gustoće obojenja, izvora svjetlosti i standardnog promatrača. Važno je imati i ciljana mjerna polja. U dnevnoj novinskoj proizvodnji nije vjerojatno da će svaki proizvod imati kontrolna polja koja se mogu koristiti u svrhu kontrole kvalitete. Uobičajeno je da postoje standardni elementi na stranici koji mogu služiti za mjerenja. Ova polja uključuju pune tonove,

rasterska polja, tisak boja jedne preko druge (overprint) i sivi balans, a preporuča se njihovo postavljanje uvijek na istom mjestu u nakladi. Na ovaj način, varijacija zbog prostornih razlika može se eliminirati. Osim ciljanih polja koje se tiču boje i gustoće obojenja, postoje polja koja služe za mjerenja ostalih karakteristika proizvoda kao što je mazanje (eng. slurring) i dupliranje (eng. doubling) koja su jednako važna za detekciju mehaničkog problema u procesu tiska. Mogućnosti procesa mogu se odrediti preko denzitometrije ili kolorimetrije, metoda od kojih svaka ima svoje prednosti. Gustoća obojenja daje jednodimenzionalni podatak mjerenja koji odgovara bilo kojoj statističkoj analizi, ali ne daje odnose s ljudskim vidom, pa zato ne može dati podatke o podudaranju s vizualnim standardima. Kolorimetrijska mjerenja daju podatke u trodimenzionalnom prostoru, a i razlike u bojama daju iskrivljene podatke, pa zato nisu praktična za razumijevanje procesa bez određenih pretpostavki.

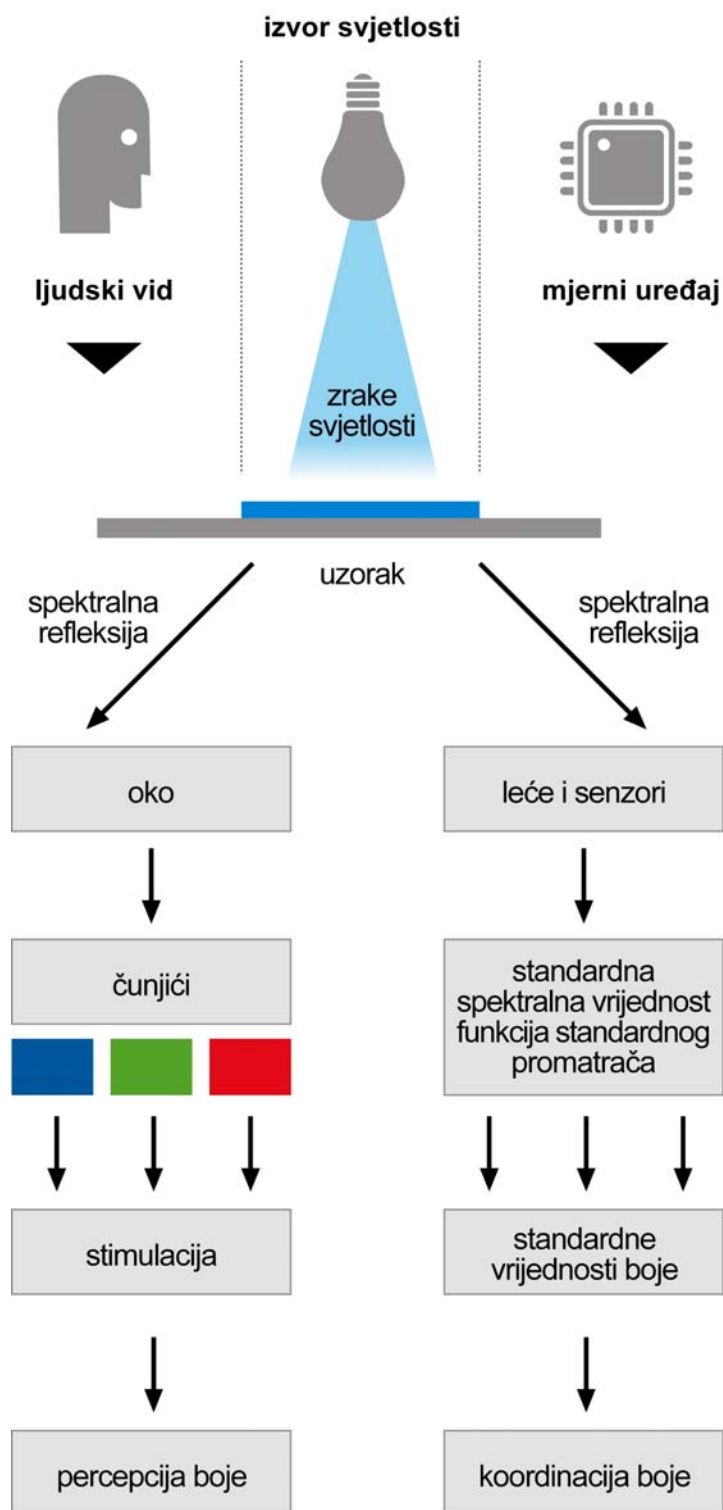
#### **2.11.4.5 Standardizirane vrijednosti boja**

Prije nego što se boje mogu početi mjeriti, važno je odrediti standardne vrijednosti boja zasnovane na izmjerenoj refleksiji pod standardiziranim uvjetima. Tri faktora su promjenjiva kod mjerenja boje i korisnik ih mora odrediti - referentna bijela boja, izvor svjetlosti i promatrač. Uobičajeno je da se kolorimetrijske vrijednosti baziraju na "apsolutnoj bijeloj". Kalibrirane su prema bijelom standardu mjernog uređaja (obično keramička površina), koji se kalibrira prema apsolutno bijeloj boji.

#### **2.11.4.6 Standardni izvori svjetlosti**

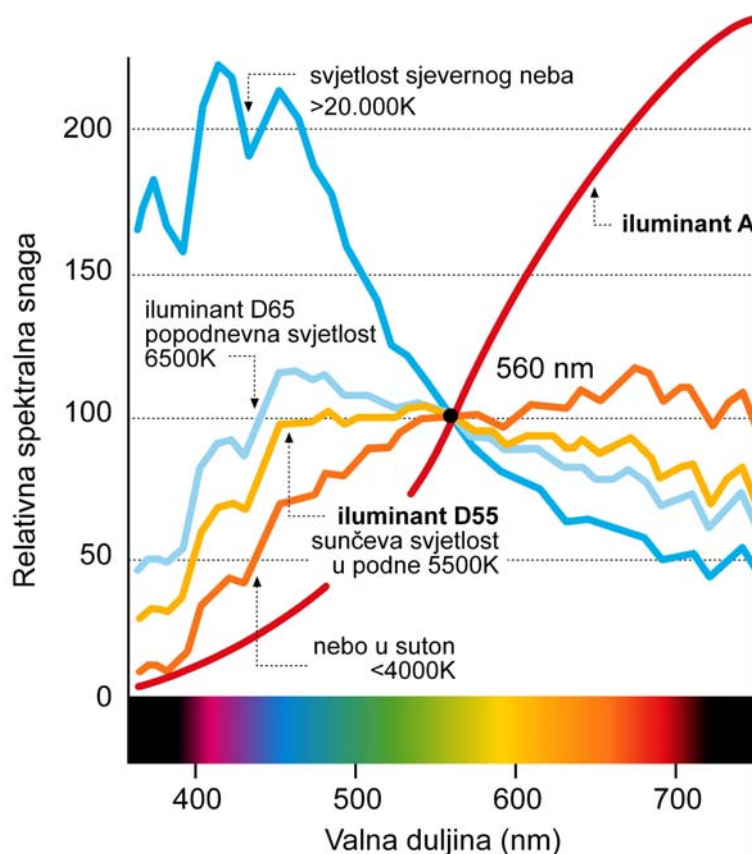
Standardni izvor svjetlosti je teorijski izvor vidljive svjetlosti s specifičnom spektralnom distribucijom. Standardni izvor svjetlosti daje mogućnost usporedbe slika ili boja promatranih pod različitim vrstama svjetla.

Bez svjetlosti nema niti boje. Iz tog razloga vrsta svjetlosti je od izuzetne važnosti kako se percipira boja. Boja svjetlosti je definirana spektralnim sastavom. Spektralni sastav dnevne svjetlosti pod utjecajem je vremena, sezone i dijela dana. Spektralni sastav umjetne svjetlosti također varira.



Slika 32: Usporedba rada spektrofotometra i ljudskog vida

Uvjeti rasvjete utječu na spektralnu refleksiju i percepciju boje. Standardne vrijednosti boja moraju biti zasnovane na standardiziranoj svjetlosti. Spektralna distribucija (intenzitet) različitih izvora svjetlosti definirana je valnim duljinama od 380 do 780 nanometara. Na slici se može vidjeti spektralna distribucija standardnih izvora svjetlosti A, C, D50 i D65.



Slika 33: Spektralna distribucija snage različitih izvora svjetlosti

Svjetlost je energija tj. dio elektromagnetskog zračenja koji stimulira vidno osjetilo kod čovjeka. Samo taj dio spektra je vidljiv čovjeku, a zračenje obuhvaća i x-zrake, gama zrake, ultraljubičastu svjetlost, radio valove i infracrveno zračenje. Svjetlost ima svojstva valova, pa se opisuje valnom duljinom (nm) koja je udaljenost između brjegova svakog vala - što je udaljenost između vrhova manja, veća je snaga zračenja svjetlosti.

Izvor svjetlosti se opisuje relativnom snagom (energijom u sekundi) koja se emitira u svakoj valnoj duljini i distribuira spektralnu snagu izvora. Na slici 33. prikazana je distribucija spektralne snage svjetlosti neba, sunčeve svjetlosti i dnevne svjetlosti (kombinacija sunčeve i dnevne svjetlosti). Svjetlost kod zalaska sunca ima crvenkastu boju iz razloga što sunčeva svjetlost prolazi kroz gušću atmosfersku koncentraciju, pa se manje valne duljine raspršuju. Na slici 2 krivulja spektralne distribucije svjetlosti kod zalaska sunca vršna vrijednost je u crvenom dijelu spektra. Izvor svjetlosti D65 ima plavkastiji prikaz od D55 koji ima vršnu vrijednost kod većih valnih duljina. Boja objekta pod ovim izvorima bila bi plavkasta kod D65 izvora svjetlosti i crvenkasta kod D55 izvora svjetlosti.

Kako bi se izbjegle nejasnoće kod prikaza boja, CIE (međunarodna komisija za osvjetljenje)

standardizirala je određene izvore svjetlosti. Primjerice, izvor svjetlosti D65 označava uobičajenu dnevnu svjetlost pri temperaturi boje od 6500K. Najčešće se taj izvor svjetlosti koristi kao standard za boje, tekstil, plastiku, dok je izvor svjetlosti D50 je standardiziran za grafičku struku i računala.

#### 2.11.4.7 CIE izvori svjetlosti

CIE (Francuska) je odgovorno tijelo za standardizaciju izvora svjetlosti. Svaki postojeći standardizirani izvor ima svoju oznaku slovom ili kombinaciju slova i brojke. Izvori A, B i C predstavljani su 1931. godine s ciljem opisivanja prosječne svjetlosti električne žarulje, izravne sunčeve svjetlosti i dnevne svjetlosti. Izvor svjetlosti D predstavlja različite faze dnevne svjetlosti, a izvor svjetlosti E ima jednaku energiju, dok izvor svjetlosti F opisuje fluorescentne lampe različitog sastava. Standardi propisuju na koji način se mogu eksperimentalno proizvesti izvori svjetlosti koji bi odgovarali određenim izvorima svjetlosti. Pružaju mjeru, nazvanu metamerički indeks, koji omogućuje procjenu kvalitete umjetnih izvora dnevne svjetlosti. Test metameričkog indeksa pokazuje koliko odudaraju izgledi pet setova uzoraka pod testnim i referentnim izvorom svjetlosti.

#### Standardni izvor svjetlosti A

CIE definira izvor svjetlosti A kao karakterističnu, domaću, žarulju s volfram užarenom niti. Relativna spektralna distribucija izvora je ona Planckovog izvora zračenja pri temperaturi 2856 K. CIE standardni izvor svjetlosti A predviđen je za korištenje kod svih kolorimetrijskih primjena pri osvjetljenju žarulje s volfram niti.

Spektralno zračenje crnog tijela ponaša se prema Planckovom zakonu:

$$M_{e,\lambda}(\lambda, T) = \frac{c_1 \lambda^{-5}}{\exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1} \quad (24)$$

U vrijeme standardizacije izvora svjetlosti A,  $c_1 = 2\pi \cdot h \cdot c^2$  (koji ne utječe na relativnu spektralnu distribuciju) i  $c_2 = h \cdot c / k$  bili su drugačiji. 1968. godine procijenjena vrijednost  $c_2$  modificirana je iz 0,01438 m•K u 0,014388 m•K, a prije te godine iznosila je i 0,01435 m•K. Promjena je pomaknula Planckovu lokaciju, mijenjajući temperaturu boje izvora svjetlosti s nominalne vrijednosti 2848 K na 2856 K:



$$T_{novi} = T_{stari} \times \frac{1,4388}{1,435} = 2848K \times 1,002648 = 2855,54K \quad (25)$$

Kako bi se izbjegle daljnje promjene temperature boje, CIE sad određuje spektralnu distribuciju izravno, prema originalnoj vrijednosti  $c_2$  iz 1932. godine:

$$S_A(\lambda) = 100 \left( \frac{560}{\lambda} \right)^5 \frac{\exp \frac{1,435 \times 10^7}{2848 \times 560} - 1}{\exp \frac{1,435 \times 10^7}{2848\lambda} - 1} \quad (26)$$

Koeficijenti su određeni kako bi postigli vršne vrijednosti spektralne distribucije na 100 i 560 nm. Vrijednosti tri stimulusa X, Y, Z=109,85; 100,00; 35,58, a kromatske koordinate koje koriste standardiziranog promatrača su  $x, y=0,44758; 0,40745$ .

### **Bijela točka**

Spektar standardnog izvora svjetlosti može se konvertirati u vrijednosti tri stimulusa X, Y i Z, pa se onda takav set naziva bijela točka.<sup>[14]</sup> Ako je profil normaliziran, bijela točka može biti izražena i kao par kromatskih koordinata. Ako je slika spremljena s koordinatama X, Y, Z ili sličnim vrijednostima, bijela točka izvora svjetlosti daje maksimalnu vrijednost triju koordinata koja se može izmjeriti na bilo kojoj točki slike, bez fluorescencije. Proces izračuna bijele točke odbacuje veliki dio profila izvora svjetlosti, pa iako se bijela točka može izračunati za svaku sliku, ona ne govori puno o izvoru svjetlosti koji je korišten prilikom snimanja.

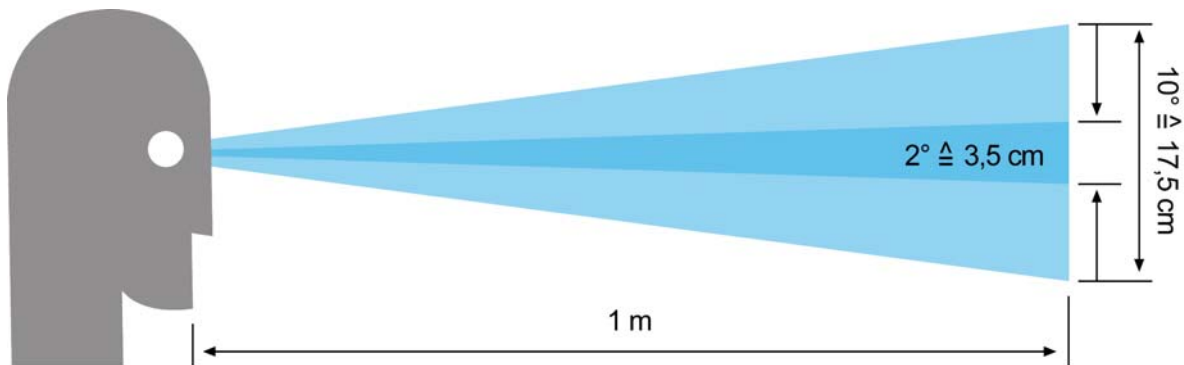
### **Bijele točke standardnih izvora svjetlosti**

Popis standardnih izvora svjetlosti, CIE kromatske koordinate  $x, y$  savršeno-reflektirajućeg difuzora i njihove temperature boje (eng. correlated color temperatures CCT) naveden je u tablici. Vidljive su kromatske koordinate vidnog polja od 2 stupnja iz 1931. i 10 stupnjeva iz 1964. godine. Uzorci boja predstavljaju nijansu bijele točke pri svjetlini  $Y=0,54$  za standardnog promatrača.

#### **2.11.4.8 Standardni promatrač / Funkcije spektralnih vrijednosti**

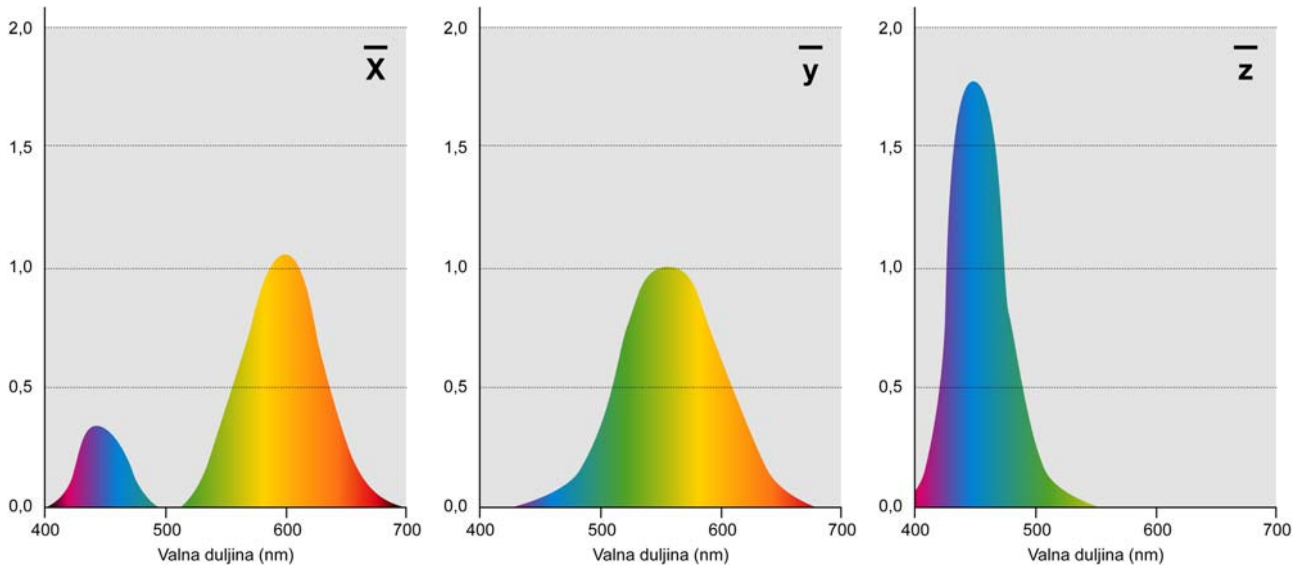
Mrežnica čovjekovog oka sadrži tri vrste čunjića s različitim spektralnom osjetljivošću. Za ljude normalnog vida, percepcija boja koja je rezultat specifične osjetljivosti čunjića je približno ista. Boje se zato vide različito samo u izuzetnim slučajevima. Za potrebe kolorimetrije,

zato je od presudne važnosti definirati osobu s prosječnom percepcijom boja tj. “standardnog promatrača” kako bi se izbalansirale razlike u percepciji boja. Rezultati eksperimenata iz 1931. godine iskorišteni su u svrhu dobivanja funkcija standardnih spektralnih vrijednosti  $x$ ,  $y$  i  $z$  prema specifikacijama CIE koji su načinjeni prema međunarodnim standardima DIN 5033 i ISO 12647.



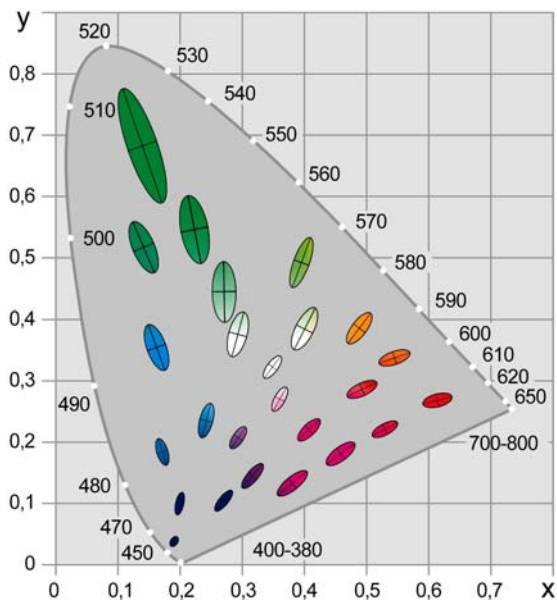
Slika 34: Shema položaja standardnog promatrača

Standardne vrijednosti boja se izračunavaju na bazi spektra  $S(\lambda)$  izvora svjetlosti, izmjerene spektralne refleksije boje  $\beta(\lambda)$  i funkcija standardiziranih spektralnih vrijednosti  $x(\lambda)$ ,  $y(\lambda)$  i  $z(\lambda)$  za standardiziranog promatrača.<sup>[5]</sup> Simbol lambda unutar zagrada indicira da izračun ovisi o valnim duljinama  $\lambda$  svjetlosti. Prvi korak je množenje funkcija zračenja uobičajenog izvora svjetlosti  $S(\lambda)$  i svake valne duljine  $\lambda$  (za svaku spektralnu boju izvora) pomoću vrijednosti refleksije  $\beta(\lambda)$  koje su izmjerene za boju. Na ovaj način dobivamo novu krivulju tzv. funkciju stimulusa boje  $\psi(\lambda)$ . Drugi korak je množenje vrijednosti funkcije stimulusa boja i funkcija standardnih spektralnih vrijednosti  $x(\lambda)$ ,  $y(\lambda)$  and  $z(\lambda)$ , što daje tri nove krivulje. Na posljertku se primjenjuje integralni izračun kako bi se odredile površine ispod krivulja, koje se zatim množe standardnim faktorom kako bi se dobile standardne vrijednosti boja  $X$ ,  $Y$  i  $Z$ , koje precizno opisuju izmjerenu boju.



Slika 35: Funkcije standardnih spektralnih vrijednosti

Ovaj sustav boja ima veliku manu zato što se jednake udaljenosti u kromatskom dijagramu ne percipiraju kao jednake za različite tonove boja. Amerikanac MacAdam ispitaio je ovaj fenomen. Na slici se može vidjeti tzv. MacAdamove elipse. Kako je CIE kromatski dijagram trodimenzionalan, elipse su zapravo elipsoidi. Veličina elipsoida predstavlja mjeru primjetnosti promjena boje kako se može vidjeti iz središnje točke elipsoida i tona boje u pitanju.

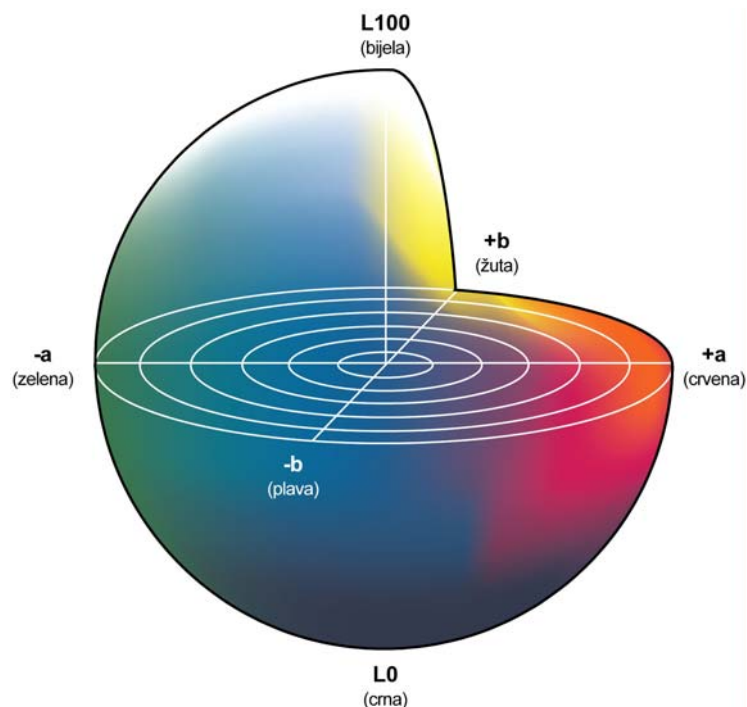


Slika 36: MacAdamove elipse

Kao rezultat ovaj sustav se ne može koristiti za procjenu udaljenosti boja, a njegovo korištenje znači prihvaćanje različitih tolerancija za svaki ton boje. Kako bi se pouzdano izračunale udaljenosti boja, potreban je prostor boja u kojemu udaljenost između boja doista odgovara

onome što se može vidjeti. Dva takva sustava su CIEL\*a\*b\* i CIELUV, koji su matematički stvoreni iz CIE kromatskog dijagrama. Pomoću ove transformacije MacAdamovi elipsoidi različitih veličina, postali su sfere istih veličina, a brojčane udaljenosti između boja odgovaraju vidljivim udaljenostima.<sup>[59]</sup>

Problem nedovoljno realističnog prikaza boja riješila je organizacija CIE 1976. godine razvojem L\*a\*b\* kolor modela - trodimenzionalnog prostora boja u kojemu razlike boja izgledaju jednako velike i imaju jednake mjerljive udaljenosti među sobom, što znači da svaka boja može biti točno opisana specifičnim a i b vrijednostima, te svjetlinom L. Važnost ovog prostora boja je njegova neovisnost i objektivnost. CIEL\*a\*b\* prostor boja se prikazuje u obliku sfere s 3 osi:



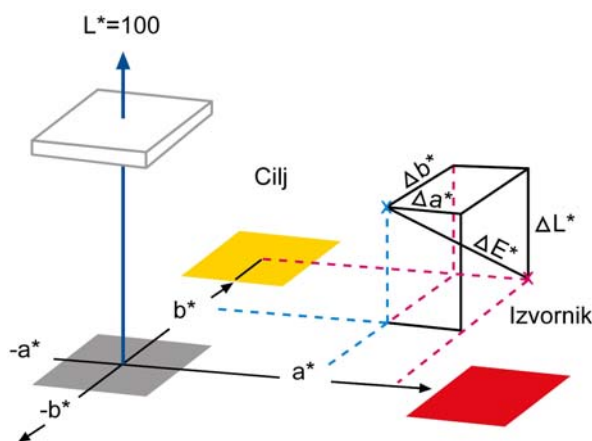
Slika 37: CIEL\*a\*b\* prostor boja

L=os svjetline; a=crveno-zelena os; b=plavo-žuta os

L leži između 0 (apsolutna crna) i 100 (apsolutna bijela). Vrijednosti a+b su 0 u središtu osi tj. u području potpuno neutralne boje. Što su vrijednosti a i b udaljenije od 0, boje su zasićenije. Kako bi percepcija boja mogla biti nedvosmislena tj. jednaka kod različitih ljudi, definirani su standardni promatrač i izvor svjetlosti D50 (5000 K). Standardni promatrač gleda uzorak pod kutom od 10° ili 2°. Samo promatrač pod kutom 2° definiran je za tiskarsku industriju. L\*a\*b\* daje vrijednosti boja prema standardnom promatraču. Kolorimetrijski opis boja pomoću CIEL\*a\*b\* vrijednosti postao je standard.

Razlika dvaju boja se izražava pomoću  $\Delta E$  vrijednosti u  $L^*a^*b^*$  prostoru boja.  $\Delta E^*$  je najmanja razlika boje koju ljudsko oko može prepoznati. Sljedeća formula koristi se za izračun udaljenosti boja  $\Delta E^*$ :

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (27)$$



Slika 38: Shema izračuna udaljenosti boja

$\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  and  $\Delta b^*$  su razlike između referentne i stvarne vrijednosti. Odgovaraju udaljenostima projekcija boja na tri osi.

Formula za izračun razlika boja proširena je i poboljšana 1994. godine, u kojoj se koristi  $L^*C^*h^*$  prostor boja s razlikama u svjetlini, intenzitetu boje i nijansi koji se izračunava iz  $L^*a^*b^*$  koordinata. Kako niti ova formula nije na pravi način riješila percepcijsku ujednačenost, CIE je 2000. godine dodao još pet izmjena: rotacija nijanse ( $R_T$ ) zbog problema s bojama u plavom dijelu spektra; kompenzaciju u neutralnim bojama; kompenzaciju u svjetlini ( $S_L$ ); kompenzaciju u intenzitetu ( $S_C$ ); kompenzaciju u nijansi ( $S_H$ )

$$\Delta E_{00}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H}} \quad (28)$$

### 2.11.5 Rastriranje

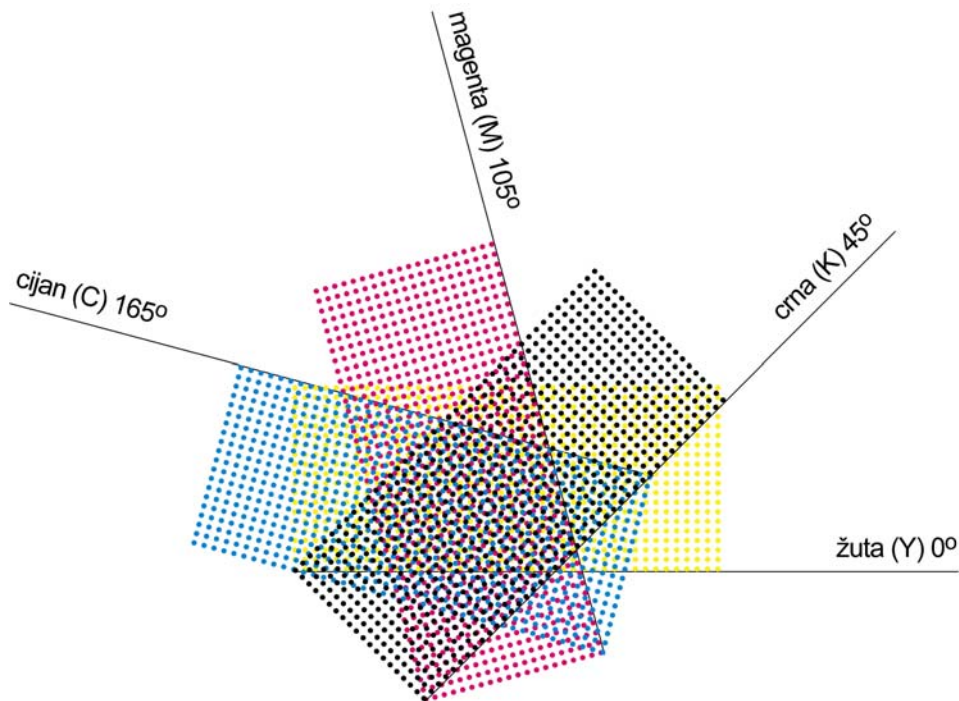
Boje koje se koriste u tisku su polutransparentne kako bi se mogle otiskivati jedna preko druge i na taj način proizvesti druge nijanse. Primjerice, zelena boja je rezultat otiska žute i cijan boje, jedne preko druge. Međutim, tiskarski stroj ne može podešavati količinu boje koja se nanosi na tiskovnu površinu, osim kroz proces rastriranja koji sve tonove koji nisu puni, prikazuje kao sitne rasterske elemente (točkice...). Analogija ovog procesa može biti miješanje bijele boje u tamniju boju kako bi se posvijetlila, no bijelu boju u procesu rastriranja daje papir. U procesu tiska, rastrirana slika svake boje tiska se jedan iza drugoga. Mreža rastera se postavlja pod različitim kutovima, pa elementi stvaraju rozete, koje zbog optičke iluzije stvaraju ujednačeni ton slike. Rastriranje se može jednostavno vidjeti analizom otiska pomoću povećala. Tradicionalno, rasteri su stvarani obojanim linijama na dvije staklene ploče koje su bile zalijepljene jedna za drugu pod pravim kutom, pa je film za svaku separaciju osvijetljen kroz te dvije ploče. Rezultat je bila slika visokog kontrasta koja je bila od točkica različitih promjera ovisno o količini svjetla koje je područje primilo, a to je ovisilo o separaciji sivih tonova na filmu. Staklene ploče su zamijenjene filmovima, kroz koje su rasterski elementi stvarani na separacijama, a zatim se razvio proces stvaranja rastera elektronskim putem izravno na filmu laserom. Vrlo nedavno pojavila se CtP tehnologija koja je omogućila tiskarama da u potpunosti izbace korištenje filma iz proizvodnje. CtP stvara rasterske elemente izravno na tiskovnoj formi uz uštedu novca i vremena.<sup>[60]</sup>

Rasteri linijature 60 do 120 lpi koriste se za reprodukciju fotografija u boji u novinama. Što je grublji raster tj. što mu je linijatura manja, manja je i kvaliteta otiska. Novinski tisak zahtjeva nižu linijaturu zbog nedostataka jeftinog novinskog papira, dok su linijature za revijalni tisak i tisak iz arka više zbog kvalitetnijeg premazanog papira i koriste se od 133 do 200 lpi ili više.

Mjera za širenje rasterskog elementa na papiru tj. povećanje promjera, zove se prirast rasterskog elementa (eng. dot gain). Ovu pojavu treba uzeti u obzir kod pripreme rasterskih slika.<sup>[61]</sup> Prirast je veći na upojnijim, nepremazanim papirima kao što se koristi za novinski tisak.

Osnova rasterske tehnologije je u tome da se uvjeri ljudski mozak da je na otiskanoj slici prisutna postepena tonska promjena. Sve vrste rastera imaju svoje prednosti i mane, pa u razvoju postoje velike razlike i inovacije.<sup>[62]</sup> Razvojni timovi poboljšavaju vrste rastera, rasterske kutove, linijature i oblike rasterskog elementa još od početka upotrebe digitalne tehnologije. Osnovna razlika leži u načinu na koji se rade izračuni rasterizirane slike pomoću specijalizira-

nih rasterskih softvera, unutar RIP-a kako bi se podaci pripremili za osvjetljivanje filma ili tiskarske ploče. Primjena hibridne tehnologije je drugačiji pristup provjerenim metodama izračuna. Kao i kod AM i FM rastera, postoje različiti pristupi stvaranju algoritama koji daju hibridni raster. Kod nekih proizvođača može se ustvrditi da je hibridni raster zapravo kombinacija AM i FM tehnologije, dok se kod drugih mora primijetiti da je ova tehnologija zapravo rezultat evolucije AM rastera visoke linijature uz neka poboljšanja prema uzoru na FM, a kod trećih je osnova FM s ponekim karakteristikama AM rastera.<sup>[63]</sup>



Slika 39: Prikaz kutova rastera u novinskom tisku

### 2.11.5.1 Razvoj rasterskog elementa

Raster je reprografska tehnika simuliranja punog tona preko korištenja „točkica“ tj. rasterskih elemenata, varirajući im veličinu, oblik ili udaljenost. Tamo gdje slika punih tonova sadrži raspon boja i tonova, rasterski proces smanjuje vizualnu reprodukciju na binarnu sliku koja se tiska samo s jednom bojom. Ova binarna reprodukcija zasniva se na optičkoj iluziji na način da ljudsko oko vidi sitne rasterske elemente kao ujednačene tonove. Na mikroskopskoj razini, razvijeni crno-bijeli fotografski film također se sastoji od samo dvije boje, a ne velikog raspona punih tonova. Kako je fotografija u boji evoluirala dodatkom filtra u slojeva filma, tako je tisak u boji omogućen ponavljanjem rasterskog postupka za svaku suptraktivnu boju - ono što se inače naziva CMYK sustav boja. Poluprozirna karakteristika boje omogućuje rasterskim elementima različitih boja postizanje drugog optičkog efekta - reprodukciju u boji.



Za ideju rastera svijet može zahvaliti William Fox Talbotu, koji je ranih 1850.-ih predložio upotrebu fotografskih rastera ili tkanina kod razvoja fotografskog intaglio postupka (tiskarska tehnika u kojoj je slika urezana u površinu bakrene ili cink ploče, a koja se naziva matrica - u urezane površine nanosi se boja). Nekoliko vrsta rastera korišteno je tokom stoljeća. Jednu od prvih, poznatijih vrsta, napravio je Stephen H. Horgan dok je radio za tvrtku New York Daily Graphic. Prva otisnuta fotografija, bila je Steinway Halla na otoku Manhattanu, 2. prosinca 1873. godine. Prva reprodukcija fotografije s punim tonskim rasponom u novinama otisnuta je 4. ožujka 1880. godine pod nazivom „A Scene in Shantytowna“ s grubim rasterom.

Prvu uistinu komercijalnu metodu patentirao je Frederick Ives iz Philadelphije 1881. godine, no iako je pronašao učinkoviti način podjele slike u rasterske elemente promjenjivih veličina, ipak nije iskoristio svoj izum. 1882. Nijemac Georg Meisenbach patentirao je raster u Engleskoj, a svoj izum temeljio je na idejama Berchtolda i Swana. Koristio je raster jednostrukih linija koji su se okretali za vrijeme ekspozicije kako bi se dobio efekt prekrivenih linija. Na taj način je prvi put komercijalno uspio plasirati rastersku tehnologiju. Nedugo nakon, Ives je u suradnji s Louis i Max Levy poboljšao proces izumom komercijalne proizvodnje kvalitetnog prekrivenog rastera.



Slika 40: Prva fotografija otisnuta rasterskom tehnikom, Stephen H. Horgan, 1873.



Reljefni rasterski proces gotovo odmah je dobro prihvaćen, a njegova je upotreba postala uobičajena u novinama za vrijeme 1890.-ih. Razvoj rastera za litografiju pratio je za to vrijeme svoj put. 1860.-ih A. Hoen naglasak je stavio na postupke kojima su umjetnici mogli upravljati tonovima na ručno izrađenim kamenim pločama.<sup>[64]</sup> Do 1880. Hoen je unaprjeđivao rasterske metode koje su se mogle koristiti za ručno izrađene ili fotolitografske ploče.

Mjera razlučivosti rastera je linija po inču (lpi) ili linija po centimetru (l/cm). Ova mjera označava broj linija elemenata unutar jednog inča ili centimetra, mjereno paralelno s kutom rastera. Što je razlučivost izvorne slike veća, može se reproducirati veći broj detalja. Međutim, da bi se postigla veća detaljnost, potrebno je također povećati linijaturu rastera, jer će u suprotnom slučaju doći do posterizacije otiska. Iz tih razloga razlučivost slike mora biti podešena prema razlučivosti otiska. Kad se kombiniraju različiti rasteri, može doći do nepoželjnih vizualnih pojava - prenaplašenosti rubova ili uzorka moiréa. Problem se može riješiti rotacijom rastera u odnosu jedan na drugi.

Rastriranje se uobičajeno koristi i za tisak slika u boji. Polazi se od iste ideje da se varijacijom gustoće četiri primarne boje - cijan, magenta, žuta i crna, može postići bilo koja kombinacija boja ili ton. U ovom slučaju raster se može koristiti jednako kao i kod tiska sivih slika, no različite boje moraju biti jedna kraj druge kako bi prevarile ljudsko oko i dočarale jednu boju. Iz tog razloga je industrija standardizirala poznate kutove koji kao rezultat daju male krugove rasterskih elemenata ili rozete.

Iako su kružni elementi najčešće korišteni, postoje razne vrste, svaka sa svojim svojstvima. Mogu se koristiti istovremeno kako bi izbjegli efekt moiréa. Općenito, najoptimalniji oblik elementa ovisi o tiskarskoj tehnici i vrsti tiskovne forme:

- 1) kružni elementi se najčešće koriste; pogodni su za svjetlije reprodukcije, posebno za tonove ljudske kože; elementi se počinju doticati pri tonskoj vrijednosti 70%
- 2) eliptični elementi su pogodni za tisak detaljnih slika; počinju se doticati na tonskoj vrijednosti 40% i 60%, pa postoji opasnost nastanka uzorka
- 3) kvadratični elementi su najbolji za detaljne reprodukcije; nisu pogodni za tonove ljudske kože; počinju se doticati na rastertonskoj vrijednosti 50%

Digitalna izrada rastera zamijenilo je fotografsko 1970.-ih godina kad je napravljen prvi „elektronski generator točkica“ za jedinice za snimanje filmova povezanih sa rotacijskim skenerima od tvrtki Crosfield Electronics, Hell i Linotype-Paul. 1980.-ih, rastriranje je postalo

dostupnije preko novih generacija osvjetljivača filma i papira koji su bili razvijeni od ranijih „laserskih slovoslagača - typesetter“. Za razliku od običnih skenera ili typesettera, imagesetteri su mogli osvjetliti sve elemente stranice uključujući slova, fotografije i ostale grafičke objekte. Rani primjer ovakvog uređaja je Linotype Linotronic 300 iz 1984. godine koji je nudio i PostScript RIP 1985. godine.

U fotografskom rastriranju, odlika niske frekvencije je lokalno područje dobivene slike kojemu je dodijeljena rasterska ćelija. Svaka ćelija jednake veličine odgovara sličnom području (veličina i lokacija) punog tona ulazne slike. Unutar svake ćelije, odlika visoke frekvencije je centrirani rasterski element od tinte ili tonera različite veličine. Omjer područja u boji i onih bez boje u izlaznoj ćeliji odgovara svjetlini ulazne ćelije. S dovoljne udaljenosti, ljudsko oko ujednačava razinu sivoće visoke frekvencije uprosječen omjerom unutar ćelije i promjena niske frekvencije u sivoj razini između susjednih jednako udaljenih ćelija i centriranih točkica.<sup>[65]</sup>

Digitalno rastriranje koristi rastersku sliku ili bitmapu unutar koje svaka monokromatski element slike ili piksel može biti prisutan ili ne - s bojom ili bez boje. Posljedično, kako bi emulirali fotografsku rastersku ćeliju, digitalna rasterska ćelija mora sadržavati grupe monokromatskih piksela unutar područja ćelije jednake veličine. Čvrsta lokacija i veličina monokromatskih piksela ugrožava dihtomiju visoke/niske frekvencije fotografske rasterske metode. Okupljene pikselizirane točkice ne mogu rasti postepeno nego u povećanjima po cijeli piksel. Pri tome, položaj piksela je malo pored centra. Kako bi se ovaj kompromis umanjio, digitalni rasterski monokromatski pikseli moraju biti mali, razlučivosti od 600 do 2540 piksela po inču. Digitalna obrada slike omogućila je sofisticiranije algoritme za sjenčanje koji određuju koji će pikseli biti crni ili bijeli, od kojih poneki daju bolje rezultate od digitalnog rastriranja.

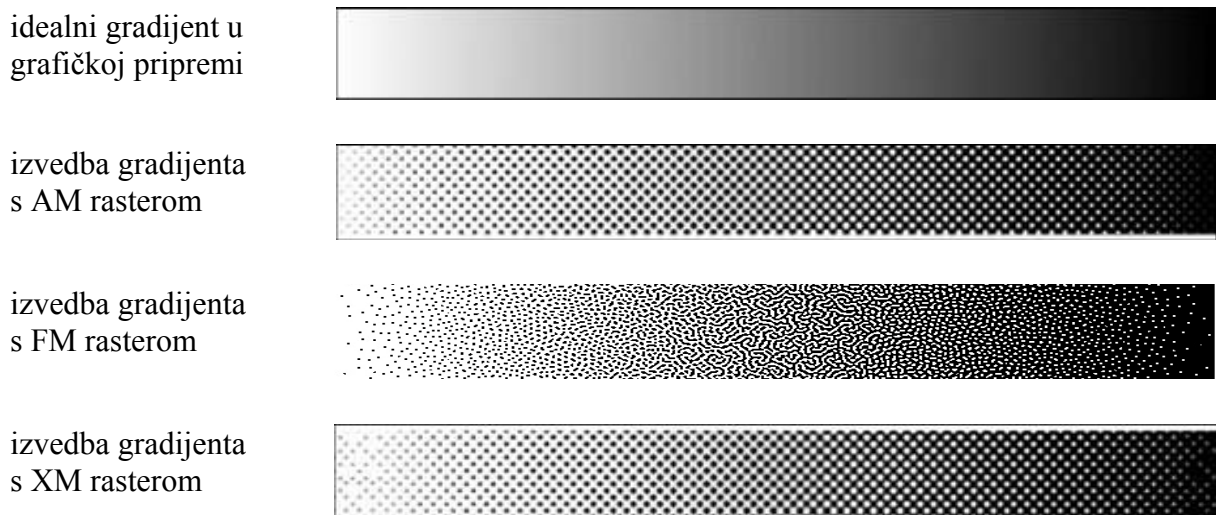
#### **2.11.5.2 Vrste rasterskih elemenata**

U današnje vrijeme tiskarska industrija na raspolaganju ima veliki broj algoritama za rastriranje:

##### **1) Amplitudno modulirani raster AM**

Ostao je neizmijenjen od izuma krajem 19. stoljeća do početka 90-ih godina 20. stoljeća kad je izumljen super-cell AM raster. Agfin Balanced Screening ABS raster jedan je od onih koji su postali standard. 1993. godine izumljen je stohastički frekventno modulirani FM raster, a

na tržištu su se pojavili prvi CtP uređaji kao Gerber, Optronics i Creo (sada Esko-Graphics, ECRM i Eastman Kodak). AM raster mijenja veličinu rasterskog elementa na predviđenoj mreži ili linijaturi kako bi promijenio tonsku vrijednost. Što finija mreža, veća je rezolucija ili broj elemenata, a redovi elemenata su bliži jedan drugome. Različite razine stanja pripremnog procesa i tiskarskih strojeva ograničavaju linijaturu rastera. Zato tiskarski proces određuje izbor linijature AM rastera, a ne željeni izgled proizvoda. Kod klasičnog AM rastera, rasterski elementi se postavljaju na međusobno jednaku udaljenost, ali im veličina varira. Ova vrsta rastera daje ujednačena puna polja, posebno u srednjim tonovima. Kod srednjih linijatura primjerice 150 lpi, AM raster na tiskarskoj ploči je dovoljno otporan na habanje ploče kod većih naklada. Prirast rasterskog elementa je niži nego kod FM rastera, a zadržava predvidljivost koja je važna za rad strojara. Među slabostima AM rastriranja je problem održavanja rastera u najmanjim rastertonskim vrijednostima od 1 do 5% tj. najsvjetlijim područjima na slici. Raster kod svake pojedinačne boje mora biti postavljen pod posebnim stalnim kutnim odmakom prema ostalima zbog izbjegavanja nastanka pojave uzorkovanja (moiré) koja je uobičajena kod AM tehnologije rastriranja. Rotacija rastera za 30 stupnjeva u odnosu jedan na drugoga gotovo da potpuno otklanja nastanak moiréa koji može biti uzrokovan rasterom ili slikom.



Slika 41: Primjeri gradijenata s različitim vrstama izvedbe tj. različitim tehnologijama rastriranja

Najmanji elementi u velikim rastertonskim vrijednostima često se “zatvaraju”. U srednjim linijaturama rastera, npr. 133 lpi, AM raster može imati ograničenja finoće detalja na slici. AM tehnologija rastriranja se stalno razvija kako bi se izbjegli ovi nedostaci pomoću izmjene oblika elemenata i kutova. Oblici elemenata određuju vizualne i tiskovne karakteristike tiska

za koji su namijenjene.<sup>[66]</sup> Većina komercijalnih tiskovina koristi okrugle ili kvadratične elemente, ali je i elipsa česta kod tiska ujednačenih tonova. Drugi oblici se najčešće koriste iz sigurnosnih razloga za zaštitu. Oblik elementa utječe na rasterske kutove, ali većina tiskara izbjegava da im je crni raster preblizu 90 stupnjeva. Ljudsko oko bolje detektira sive tonove, nego boje, pogotovo kod vertikalne osi.

## 2) Stohastički FM raster

Omogućio je prikaz nove razine detalja u tisku. Do njegove pojave na slikama rezolucije veće od 2400 dpi, najfinija linijatura AM rastera od 240 lpi mogla je reproducirati od 1-99% rasterskih vrijednosti. Kako je uobičajena linijatura za magazine bila 133 lpi, mogućnost reprodukcije s rasterom linijature preko 133 do 240 lpi bila je revolucionarna. U odnosu na točkane ploče, prije stohastičkog rasteriziranja jetkanjem i graviranjem, koje je bilo popularno još za vrijeme američke i francuske revolucije, koncept moduliranja tonova podešavanjem frekvencije tj. broja točkica (FM), a ne izmjenom veličine točkica (AM), bio je stvarno revolucionaran. Stohastičko rastriranje u Postscript radnom toku bilo je prva metoda vjerne reprodukcije višetonske skale, visoke rezolucije ekvivalentne linijaturi rastera 300, 350 i 400 lpi.

U današnjim rasterskim algoritmima najvažnije je kontrolirati svjetla područja i sjene u FM stilu, ne koristeći rasterski element manji od onoga što tiskarski proces može reproducirati. Revijalni izdavači su pronašli zadovoljavajući standard u najmanjem rasterskom elementu od 28 mikrona, što je element korišten pri reprodukciji 2% rasterske vrijednosti pri linijaturi 133 lpi. Američki SWOP standardi definirani su za najbolje rezultate revijalnog tiska. Oni propisuju da, ako se želi dobiti raspon tonske vrijednosti od 2 do 98%, najmanji rasterski element bi se morao reproducirati pri 2% na linijaturi 133 lpi i bio bi 28 mikrona. Tiskarski proces koji je ovisio o osvjetljavanju filmova teško je mogao držati ustaljenu kvalitetu pri 28 mikrona, a kamoli pri 14 ili 21 mikrona. Algoritmi za rastriranje zasnovani na Postscript tehnologiji bili su prezahtjevni za mogućnosti klasičnih osvjetljavanja filmova. Iz tog razloga je uvedena još jedna revolucionarna tehnika nazvana CtP (computer to plate). Već u samom početku CtP uređaji zamišljeni su kako bi smanjili broj koraka i varijabli u otiskivanju rasterskih elemenata. Međutim, jednostavno odbacivanje kopirne rame i razvijачa, varijacija ekspozicijske lampe i vremena osvjetljavanja i drugih poboljšanja omogućilo je suživot FM rastriranja i CtP-a. Kad se FM raster počeo koristiti na CtP-u, priprema je mogla početi iskorištavati prednosti obje tehnologije. Osvjetljavanje 1% rasterskog polja pri 240 lpi linijaturi koje je prije bilo nemoguće, bilo je sada potpuno ostvarivo. Osim toga, zbog maksimalne kvalitete

CtP uređaja pri 2400 dpi na 1% polju, veličine 10,6 mikrona, FM rastriranje je takvom tiskarskom procesu prirodno odgovaralo. Bez obzira bila distribucija FM rasterskih elemenata nasumična ili drugog reda kad se elementi različitih veličina koriste kod srednjih tonova, rastriranje FM-om davalo je preznate rezultate naročito baš u srednjim tonovima gdje je rezolucija izazivala gomilanje elemenata, veliki prirast i nemogućnost dobivanja kvalitetnog otiska.

Veličina svih FM rasterskih elemenata je jednaka, ali njihov broj i položaj varira, pa se čini da je raspored nasumičan. Zato se naziva i stohastički raster, jer je položaj elemenata nasumičan i nemoguće ga je predvidjeti. U vrijeme dok je CtP tehnologija tek bila u povojima, tiskare su se mučile s dobivanjem malih elemenata preko filma na tiskarsku ploču. Uvjeti su se dodatno pogoršali dolaskom FM tehnologije. Često se navodi prednost FM rastera da daju glatka svjetla područja, bez iznenadnih pomaka. Kako FM raster postavlja elemente bez stalne linijature, teoretski je nemoguće napraviti moiré, bilo vezano uz raster ili sliku. Iz tog razloga FM rastriranje se često preporuča za tisak višebojnih reprodukcija, kao što je “Pantone Hexachrome” koji koristi šest boja - cijan, magentu, žutu, narančastu, zelenu i crnu ili “FM Six” koji također koristi šest boja - cijan, magentu, žutu, crvenu, zelenu, plavu i crnu, te “Opaltone” koji nudi sedam boja. Nekoliko proizvođača CtP uređaja i RIP sustava nudi svoja vlastita višebojna rješenja, primjerice Agfa Alterno, Esko Inkswitch, Kodak Spotless i Screen Spektacolor. Teorija boja u osnovi preporuča da tiskare nikada ne bi trebale trebati miješati više od tri elementa kod dobivanja boja u višebojnom tisku. U tom slučaju čak i AM raster može dati zadovoljavajući otisak bez moiréa. Uzorak FM rastera vrlo je izgledom sličan zrcima srebro-halida koja se pojavljuju na fotografskom filmu, što u kombinaciji s manjom veličinom FM rastera, rezultira većom finoćom i oštrinom otiska. Na ovaj način, slike visoke razlučivosti mogu pokazati svoju kvalitetu, osobito u usporedbi s uzorcima otisnutim sa srednjim linijaturama AM rastera. No osim prednosti, FM raster ima i svojih mana. Prve inačice FM rastera davale su vrlo zrnati prikaz, osobito u srednjim tonovima i jednolično obojenim površinama.<sup>[67]</sup> Ova zrnatost bila je vrsta moiréa, jer se pojavljivala zbog interferencije između nasumično otisnutih elemenata koji su tvorili uzorke. Još jedna mana bio je i veći optički prirast rasterskog elementa, koji je uobičajen kod većih linijatura rastera s manjim veličinama elemenata. Ova pojava predstavlja veliki problem za strojare i grafičku pripremu. Postavke tiskarskog procesa često su trebale biti prilagođene za FM raster, a manja veličina elementa činila ih je vrlo osjetljivim na habanje u toku tiska naklade. Zato je FM raster bio upitne korisnosti u tiskarskoj industriji, pa je većina strojara ostala pri provjerenom i pouzdanijem AM rasteru. Međutim, nekoliko proizvođača osvjetljivača i CtP uređaja, kao i RIP programera, nastavili su razvoj FM tehno-

logije. U posljednje dvije do tri godine pojavilo se nekoliko FM rastera druge generacije koji kontroliraju raspored rasterskih elemenata kako bi se izbjeglo pojavljivanje zrnatosti.

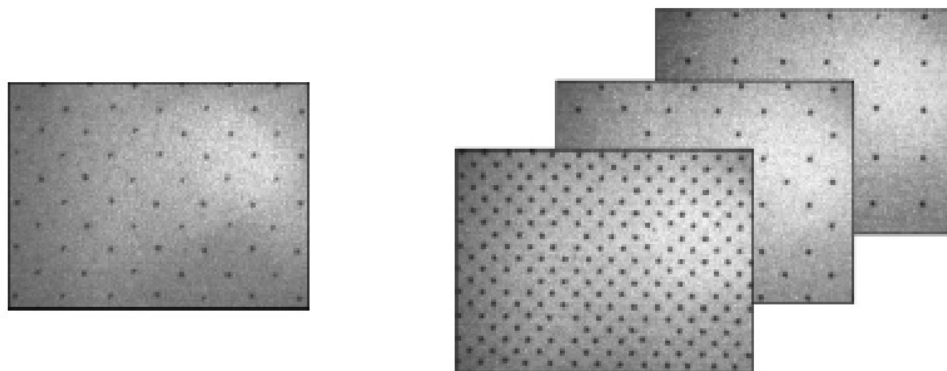
### 3) XM hibridni raster

Hibridna rasterska tehnologija kompenzira nedostatke AM i FM rastriranja.<sup>[68,69]</sup> Primjenjuje AM algoritme i srednje tonove, a FM male i velike rastertonske vrijednosti u najsvjetlijim i najtamnijim područjima. Hibridna XM tehnologija postiže da se prijelaz između AM i FM tehnologiju rastriranja ne može vidjeti prostim okom, bez usporavanja tiskarskog procesa. Pokušavajući dobiti bolju kvalitetu, tiskare su počele koristiti više razlučivosti rastera od 175 lpi (70 l/cm) i 210 lpi (80 l/cm). Neke tiskare su počele koristiti i FM tehnologiju koja se ranije nije pokazala praktičnom zbog teškoća u postizanju malih rasterskih elemenata kod osvjetljavanja ploča kroz filmove. AM rastriranje (amplitudno-modulirano) je najčešće korištena tehnologija rastriranja. AM proces postavlja predodređeni broj rasterskih elemenata na ortogonalnu os koja se mjeri u linijama po inču (lpi). Veličina elementa ili amplituda se mijenja (modulira) prema tonskim vrijednostima slike i to tako da tamniji tonovi daju veće elemente, a svjetliji tonovi manje. Kod dvotonskog ili četverbojnog tiska, raster je postavljen pod kutovima na način da jedna boja ne prelazi preko druge. Kod četverbojnog tiska, kutovi rastera formiraju rozetu. Kod visokih linijatura rastera, AM raster daje najbolju kvalitetu u srednjim tonovima. Međutim, raster gubi detalje u visokim i niskim tonskim vrijednostima - najsvjetliji i najtamniji dijelovi slike, jer su premali da ih stroj može otisnuti. Rezultat je posterizirani efekt tiska. Frekventno modulirani raster (FM), poznat kao i stohastički, nadilazi nedostatke AM rastriranja. FM raster modulira broj ili frekvenciju elemenata umjesto njihove veličine. FM koristi mikroelemente veličine od 10 do 21 mikrona, što je najmanja veličina koju osvjetljavač i tiskarski stroj može podnijeti. Umjesto poredanja elemenata u mrežu, FM okuplja mikroelemente prema gustoći ili tonskoj vrijednosti slike. Iako naizgled stohastički, elementi se smještaju vrlo planski, pa je FM raster u stanju pokazati najfinije detalje u tisku. Zato što nema linijature rastera, tisak više liči fotografiji nego rasterskoj reprodukciji. Nedostaci FM rastera pojavljuju se u srednjim tonovima gdje se rasterski elementi nepredvidljivo grupiraju, pa može doći do pojave preklapanja ili šuma, što je posebno vidljivo na jednoličnim punim poljima.<sup>[70]</sup> FM mikroelementi ne reagiraju dobro na pokušaj podešavanja gustoće obojenja, pa je teško napraviti tonske prilagodbe. Hibridna rasterska tehnologija kombinira AM i FM raster na način da koristi visoku kvalitetu i proizvodnost CtP-a, a pritom daje raster koji može biti visoke linijature i jednostavno ga je dobiti u svim tonskim vrijednostima na tiskarskom stroju. Jedan od načina je podjela slike u dijelove, koristeći FM raster u detaljnijim područji-

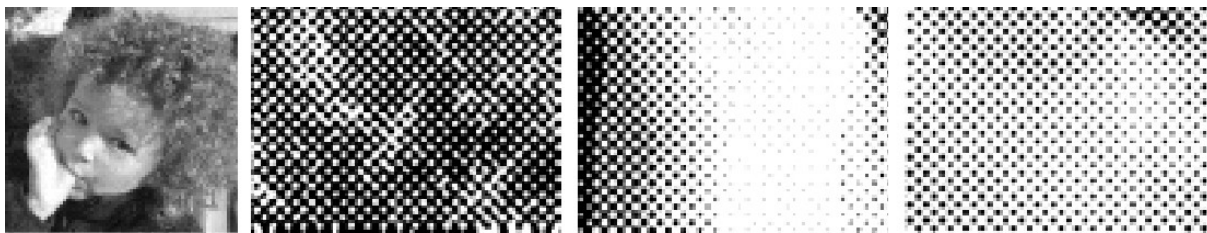
ma, a za puna polja koja su tada bez šuma AM. Ovaj način je vremenski zahtjevniji za računalne resurse, pa usporava proizvodnju, a osim toga daje lošu pojavu vidljivosti prijelaza između AM i FM rastera.

Hibridni raster omogućava stabilnu reprodukciju 2% rasterskog elementa pri 175 lpi (70 l/cm) kombinirajući svojstva AM i FM rasterske tehnologije za različite tonske vrijednosti, dajući visoku produktivnost. Pri tome koristi patentiranu tehnologiju za glatke prijelaze iz jednog rastera u drugi, računajući točku na kojoj reprodukcija više ne koristi prednosti AM rastera. Primjerice, AM elementi smanjuju se kod malih tonskih vrijednosti dok se ne postigne najmanja veličina elementa na tiskarskom stroju, nakon čega se dio elemenata uklanja, pa je moguće dobiti i manju tonsku vrijednost bez dodatnog smanjenja rasterskog elementa. U velikim rastertonskim vrijednostima, raster glatko prelazi iz AM-a u FM, pa sjene na slici mogu izgledati stohastički, iako ovo nije pravi stohastički raster. Iako FM područja koriste manje elemente na FM način, oni su ipak poredani prema AM poretku iz srednjih tonskih vrijednosti. Kao rezultat se dobiva prijelazno modulirana tehnologija rastriranja koja zbog jednakog poretka elemenata ne pokazuje vidljive prijelaze između tehnologija. Puna polja također se reproduciraju isključivo pomoću AM kutova bez obzira na rastertonsku vrijednost.

Hibridna rasterska tehnologija daje visoku produktivnost i kvalitetu otiska. Na najvećoj linijaturi rastera, pri 340 lpi, hibridni raster se osvjetljava na razlučivosti 2400 dpi, a može postići 180 linijski raster na 1270 dpi. Postavke hibridnog rastera zahtijevaju tonsku krivulju za svaku linijaturu rastera, nakon čega se ova tehnologija ponaša kao AM raster - strojar na tiskarskom stroju može upravljati gustoćom obojenja kao da koristi konvencionalni raster.



Slika 42: Lijevi prikaz pokazuje 2% rastertonsku vrijednost (175 lpi - 70 l/cm) koju daje AM raster; desni prikaz pokazuje 1, 2 i 8% rastertonske vrijednosti pri 340 lpi (135 l/cm) koje daje hibridni raster



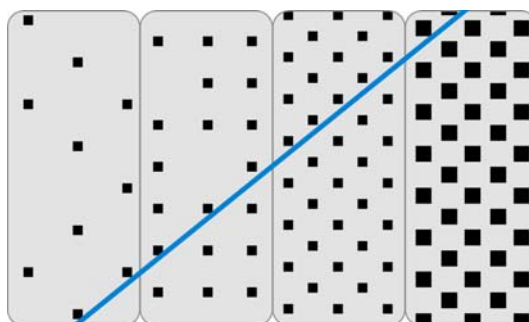
Slika 43: reprodukcija AM rasterskom tehnologijom



Slika 44: reprodukcija FM rasterskom tehnologijom

Najmanji hibridni rasterski element pri 340 lpi nije manji od onoga koji daje AM raster pri 2% rastertonskoj vrijednosti, pa zato daje visoku detaljnost i ujednačenost tiska bez dodatnog napora.

Proizvođač Sublima rastera, prijelazno moduliranog, je tvrtka Agfa. Korisnici Sublime mogu birati između različitih veličina za najmanji rasterski element i linijature do 340 lpi. Agfa preporuča veličinu elementa od 20 mikrona što odgovara veličina rasterskog elementa kod 2% rastertonske vrijednosti pri 175 lpi. Za nepremazne papire preporuča se korištenje 30 mikrona ili čak 40 mikrona, kako bi se dobio stabilan novinski tiskarski proces.



Slika 45: Metoda izbacivanja rasterskih elemenata kod hibridne rasterske tehnologije

Tablica 3. prikazuje usporedbu prednosti i mana AM, FM i hibridnog rastera. Znak “+” označava karakteristiku u kojoj raster pokazuje prednost, a “-“ onu u kojoj pokazuje manu. Iz tablice je vidljivo da FM i hibridni raster mogu postići najmanju veličinu rasterskog elementa. FM može pokazati manu šuma u punim poljima. AM najčešće zakazuje u tisku malih rastertonskih vrijednosti.



Tablica 3: Prednosti i nedostaci rasterskih tehnika

	AM raster	FM raster	Hibridni raster
Prikaz detalja	-	+	+
Čisti puni tonovi	+	-	+
Prirast rasterskog elementa	+	-	+
Moire zbog rastera	-	+	- *
Moire zbog uzorka	-	+	+ *
Višebojni otisak (CMYK+X)	-	+	-
Količina otisaka	+	-	+
Gubitak inf. u svjetlim područjima	-	+	+
Prikaz srednjih tonova	+	-	+
Gubitak inf. u tamnim područjima	-	+	+

\*reducirana pojava, no ne potpuno uklonjena

Prirast rasterskog elementa ne mora značiti samo poteškoće u tisku. Manji prirast može dati dobar kontrast i visoke gustoće obojenja s manje boje. Rasteri FM tehnologije imaju stabilan izgled, unatoč fluktuacijama gustoća obojenja tokom tiskarskog procesa. Problem nastaje u slučaju da strojar treba raditi promjene u toku tiskarskog procesa, jer je vrlo teško podešavati gustoću obojenja s FM rasterom.

FM raster daje reprodukciju s više detalja nego AM zbog manjeg rasterskog elementa i veće frekvencije, a ne zbog nasumične distribucije. Do maksimalne kvalitete koju AM-a pri 240 lpi, tisak ovim rasterom daje ujednačenije pune tonove nego što je to slučaj kod FM-a. osim toga njime je lakše ugoditi sivi balans. Iako je korištenje gustoće obojenja za kontrolu srednjih tonova upitno učinkovito, FM raster zasigurno ne reagira na podešavanje gustoće. Iz tog razloga bilo je potrebno stvoriti rasterski algoritam koji je kombinirao najbolje karakteristike FM (viša rezolucija i bolja detaljnost svijetlih i tamnih područja) i AM rastera (ujednačenija puna polja i bolja kontrola tiskarskog procesa).

Problem hibridnog rastera bio je prijelaz između FM i AM tehnologije koji je morao biti neprimjetan. Rješenje je pronađeno u XM prijelaznoj modulaciji. Agfa Sublima XM prilagođava raster potrebama izdavača umjesto da se izdavač mora prilagoditi rasteru. XM raster uzima u obzir vrstu tiskovne podloge (premazani, nepremazani, reciklirani, novinski papiri itd.), vrstu tiska (tisak iz arka, novinski i revijalni tisak, fleksotisak) i ostale varijable kao što su viskoznost boje i tvrdoća gume. XM rastriranje koristi najmanju optimiziranu veličinu rasterskog

elementa koju tiskarski proces može reproducirati (28 mikrona za revijalni tisak).

Najvažnije pitanje kod odabira linijature je koliko rasterski element u tiskarskom procesu može biti mali. Što je linijatura veća, postoji veći rizik od gubitka detalja u svijetlim područjima. Nakon određivanja najmanjeg elementa koji se može otisnuti, potrebno je postići raspon punog tona. XM raster postiže polja punog tona zahvaljujući AM tehnologiji koju koristi u srednjim tonovima. XM i FM algoritam omogućuju reprodukciju tonova između 1 i 99% rasterskih vrijednosti koristeći manji broj minimalno velikih elemenata koji se mogu reproducirati. Koliko rasterski element može biti mali ovisi o primjeni, pa revijalne tiskare koriste 28 mikronski element koji daje 2% element pri 133 lpi linijaturi. No, pri 175 lpi, 2% raster iznosi 21 mikrona koji može odgovarati i za tisak iz arka, ali je prezahtjevan za revijalni tisak. Zato, XM rasterski algoritmi koriste 28 mikronski raster (2x3 piksela za rezoluciju 2400 dpi, ili 2x2 piksela za rezoluciju 1800 dpi). Prema tome revijalne tiskare na svojim strojevima mogu povećati linijaturu za duplo do 240 ili 250 lpi. Kod novinskog tiska niti kvaliteta osvjetljivača, ploča ili boje za odabir rastera nije važna koliko tiskarska podloga. Rasterski element između 35 i 40 mikrona omogućuje novinskim izdavačima dobivanje maksimalne kvalitete. Standardna linijatura u novinskom tisku napredovala je s 100 na 180 lpi. Tiskarski proces kod tiska iz arka vrlo je standardiziran i pri 2% rastertonskoj vrijednosti i 175 lpi linijaturi daje 21 mikronski rasterski element. Ako je tiskarska podloga od reciklirane sirovine, koristi se 28 mikronski rasterski element. 21 mikronski element koristi se pri linijaturama 210, 240, 280 i 340 lpi.<sup>[68]</sup>

Nameće se pitanje zašto ne koristiti 21 mikronski raster pri najvećoj linijaturi od 340 lpi. Razlog leži u tome da veća linijatura rastera ne može prikazati informaciju koja ne postoji. Osim toga što je XM raster veće linijature, sve se više ponaša kao FM. FM raster daje detaljniji otisak, ali stvara velike poteškoće kod podešavanja gustoće obojenja. Na uobičajenoj udaljenosti promatrač ne može vidjeti razliku između 240 i 340 lpi, no pri 340 lpi dobiva se veći volumen gamuta i širi raspon obojenja. Kod XM rastera pri 240 ili 340 lpi linijaturi, veličina elementa je 21 mikron i u svijetlim i tamnim područjima. Pri 240 lpi tonski raspon od 1 do 4% sačinjen je od elemenata jednake veličine 21 mikrona. Kod 340 lpi tonski raspon od 1 do 8% sačinjen je od tih elemenata iste veličine. No, zbog povećane linijature i osnova AM rasterske tehnologije, elementi pri 340 lpi su manji od onih kod 240 lpi u srednjim rastertonskim vrijednostima. Manji elementi u srednjim tonovima otežavaju kontrolu tiskarskog procesa zbog većeg prirasta rastertonskih vrijednosti. Iz tog razloga, nije potrebno koristiti manji rasterski element od onoga koji se koristi pri 2% i 175 lpi AM rastera.

Današnje tehnologije rastriranja savršeno odgovaraju CtP tehnologiji izrade tiskovnih ploča. XM rasterski algoritmi kombiniraju najbolje karakteristike AM i FM rastera. Preko 250 godina tiskarstva bilo je potrebno kako bi kvaliteta otiska dostigla brzinu otiskivanja.

### **2.11.5.3 Sublima raster**

Sublima je napredno rješenje za rastriranje tvrtke Agfa Graphics zasnovano na prijelazno-moduliranoj (XM) rasterskoj tehnologiji dizajniranoj kako bi poboljšala kvalitetu tiska. Sublima omogućuje tisak rastertonskih vrijednosti od 1 do 99% na visokim linijaturama i na taj način reproducira najfinije detalje i najširi raspon boja.

Glavne prednosti:

- 1) značajno poboljšava kvalitetu tiska
- 2) omogućuje postizanje točne konverziju iz spot boja u procesne CMYK boje
- 3) eliminira moire korištenjem rastera visoke linijature (do 340 lpi)
- 4) optimalan trošak uvođenja, uz nadogradnju, jer ne zahtjeva izmjene tiskarskog procesa
- 5) omogućava povećavanje ili smanjivanje slike bez utjecaja na kvalitetu prikaza detalja

Sublima raster se može koristiti za različite proizvode, uključujući novine. Raspoloživ je u većini Agfa Graphics CtP sustava. Linijatura rastera od 240 lpi postiže se u tisku iz arka i revijalnim rotacijama, 340 lpi na reprodukcijama i 180 lpi na novinskim proizvodima.

Sublima koristi patentiranu tehnologiju poznatu pod imenom XM, prijelazno modulirani raster, kako bi postigla dvostruku linijaturu rastera od one koja se danas uobičajeno koristi. Kombinira prednosti AM (amplitudno moduliranog) rastera, glatki gradijenti i kontrolirani srednji tonovi, s prednostima FM (frekventno moduliranog) rastera, visoka finoća prikaza detalja u sjenama i jako svijetlim područjima. Reda FM elemente po AM putanjama tako da mijenja AM rasterske elemente u trenutku kad AM element više ne bi bio vidljiv na tiskarskom stroju. Rezultat je gladak prijelaz iz jednog u drugi način rastriranja bez vidljive promjene. Prijelazno modulirana rasterska tehnologija je najveći napredak tiskarske industrije od uvođenja CtP tehnologije. Njena najveća prednost je postizanje više kvalitete tiska koje je potrebno zbog sve zahtjevnijeg tržišta. Čak i kod linijature rastera od 340 lpi, sublima rasterski element je veličine 21 mikron. Provjerena Agfina AM (Balanced screening) tehnologija daje točnu reprodukciju srednjih tonova, što je najviše vidljivo na velikim poljima punog tona. Postizanje ugođenog tiskarskog procesa, naročito sivog balansa, je s AM rasterom puno lakše. Točka prijelaza kao postotak linijature rastera povećava se s rezolucijom rastera.

Kod Sublima rastera u trenutku postizanja najmanjeg rasterskog elementa za ciljani tiskarski proces, element se više ne smanjuje, već se pojedini elementi brišu i time simulira manja rasterska tonska vrijednost. Iako se čini da su u poljima male tonske vrijednosti rasterski elementi postavljeni nasumično, elementi se raspoređuju pod kutovima klasičnog rastera. Bez obzira na CtP tehnologiju, bila ona vidljivog svjetla ili termalna, često nastaju ploče s brojem detalja koji je nemoguće reproducirati u ciljanom tiskarskom procesu. U primjeru, 10,6 mikronska linija dobro je osvijetljena na ploči, ali kako bi se postigao njen kvalitetan otisak, gube se detalji u sjenama.

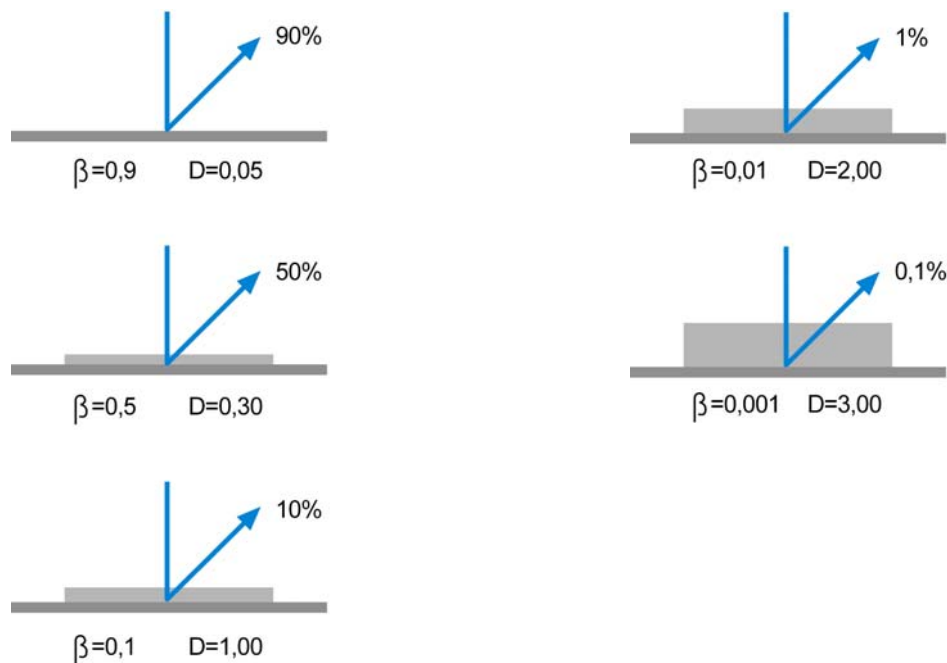
Sublima, hibridni rasterski element kombinira dvije rasterske tehnologije - amplitudnu modulaciju (AM) i frekventnu modulaciju (FM). Desetljećima tiskari su koristili različite rasterske metode kako bi reproducirali višetonske slike. Prosječnom čitatelju su rasterski elementi premali za uočavanje, umjesto čega vidi prosječan ton koji ovisi o ukupnoj površini koju elementi pokrivaju - veći elementi znače tamnije područje slike. Konvencionalno rastriranje amplitudnom modulacijom AM smješta rasterske elemente po stalnom uzorku, varirajući veličinu pojedinačnih elemenata od 10 do 200 mikrona (jeftinije novine zadovoljava i 350 mikrona), simulirajući tonske vrijednosti originala. Rastriranje frekventnom modulacijom FM, koja se ponekad naziva i stohastičko ili nasumično rastriranje, ima jednaki cilj tiska bez vidljivih pogrešaka kao i AM. Koristi manje elemente jednake veličine koje nasumično smješta kako bi reproducirao tonske vrijednosti varirajući broj elemenata na određenom području. Ovi mikroelementi, veličine od 20 do 35 mikrona, su manji od uobičajenih rasterskih elemenata.

Iako je sublima raster lansiran kao Agfino rješenje, danas se može koristiti na različitim CtP sustavima dajući tiskarama mogućnost tiska gotovo fotografskom kvalitetom. Neki od sustava koji podržavaju sublima raster su Agfa Acento, Palladio, Advantage, Polaris, Avalons i Xcalibur, a i Screen, Creo (Kodak)<sup>[71]</sup> i Esko-Graphics. Daje korisnicima Galileo CtP-a mogućnost korištenja raster linijature 255 lpi pri rezoluciji 1800 dpi i 170 lpi raster pri rezoluciji 1200 dpi. Kod klasičnog AM rastera dobra kvaliteta se mogla dobiti tek na 2400 dpi. Veličina sublime je od 28 do 31 mikrona.

#### **2.11.6 Gustoća obojenja**

Debljina nanosa boje je važan faktor za reprodukciju boja u ofsetnom tisku. Strojar podešava kolorit u tisku prema probnom otisku pomoću debljine nanosa boje. Izravno mjerenje debljine sloja boje moguće je isključivo u laboratorijskim uvjetima, no dobar pokazatelj kvalitete je

debljina izmjerena denzitometrom, koja se naziva gustoća obojenja punog polja. Mjeri se tako da se polje boje osvijetli i uspoređuje izvor svjetlosti i reflektirana svjetlost. Što je više svjetla apsorbirao uzorak, gustoća obojenja je veća.<sup>[72]</sup> Deblji slojevi boje nanoseni u tisku daju veću gustoću obojenja. Premazani papiri mogu podnose puno veće gustoće obojenja od nepremazanih. Ofsetni proces tiska koristi mješavinu boje i vode, pa je podložan neizbježnim fluktuacijama koje su rezultat međudjelovanja tiskarske podloge, boje, vode, aditiva, aklimatizacije, tehničke ispravnosti tiskarskog stroja. Fluktuacije se pojavljuju između svakog pokretanja stroja, no i unutar pojedinačne naklade. Bez spektrofotometrijske kontrole, nemoguće je zadržati jednaku kvalitetu u cijeloj nakladi u skladu s probnim otiskom. Strojari utječu na kvalitetu otiska pomoću debljine sloja boje (gustoća obojenja punog polja) za svaku pojedinačnu tiskarsku boju. Iz ovog razloga gustoće obojenja nisu određene tiskarskom podlogom, već vrstom ofsetnog tiska.<sup>[73]</sup>



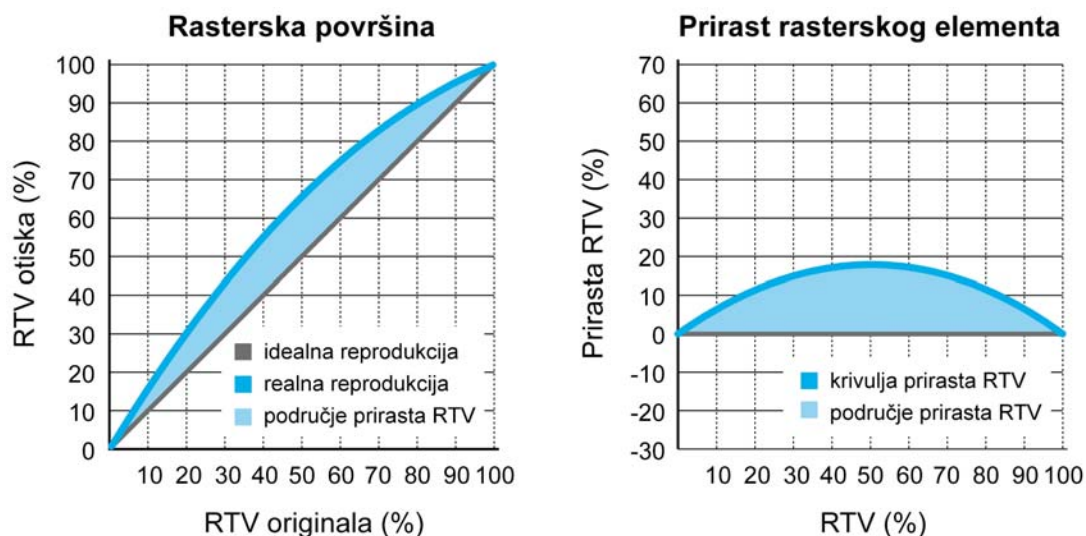
Slika 46: Gustoća obojenja punog polja može se koristiti za mjerenje ujednačenosti sloja boje (pad vrijednosti refleksije znači porast debljine sloja otisnute boje tj. gustoće obojenja)

Gustoća obojenja uvijek je bila alat kojim su tiskare pratile kvalitetu i kontrolirale procese. No, iako je gustoća obojenja dovoljna za većinu primjena, kolorimetrija ima primjenu u područjima gdje njene mogućnosti nisu dovoljne. Poteškoće s praćenjem boje su što se iskazuje u trodimenzionalnom CIEL\*a\*b\* prostoru, dok je gustoća obojenja u jednoj dimenziji, pa ju je jednostavnije pratiti. Međutim, industrija plasira boje na različitim platformama, pa zbog sposobnosti vjernog i nepromijenjenog prikaza boja kolorimetrija ima nezaobilaznu ulogu u raznim primjenama. Tiskare klijentima prodaju izgled boje, a ne debljinu sloja boje na tiskovnoj

podlozi. Boja nije fizičko svojstvo, već psihofizičko - kombinacija izvora svjetla, objekta i promatrača. To je fundamentalni koncept koji kazuje da ako se bilo koja od tri varijable promjeni, mijenja se i percepcija boje. Za industrijsku primjenu, oslanjanje na procjenu boje jednog promatrača bilo bi pristrano, pa je zato potreban razvoj znanosti kolorimetrije i instrumenata za kvantifikaciju boje, opis i objektivni prijenos promatraču.

### 2.11.7 Prirast rasterskog elementa

Osim gustoće obojenja, prirast rasterskog elementa je drugi najvažniji faktor koji utječe na reprodukciju boja u tisku. Prirast rasterskog elementa još se naziva i porast tonske vrijednosti, a prikazuje koliko je pokrivenost površine na tiskarskoj podlozi u odnosu na izvornu pripremu. 40% raster pokriva, primjerice, 40% površine s rasterskim elementima, a 60% ostavlja slobodnom, dok je u slučaju 16% rastera, 56% površine pokriveno elementima, a 44% slobodno. U slučaju da se o prirastu rasterskog elementa govori samo jednom vrijednošću, izražava se vrijednost pri 50% tonskoj vrijednosti. U zemljama njemačkog govornog područja češće se izražavaju vrijednosti pri 40% i 80% tonskim vrijednostima.<sup>[74]</sup>

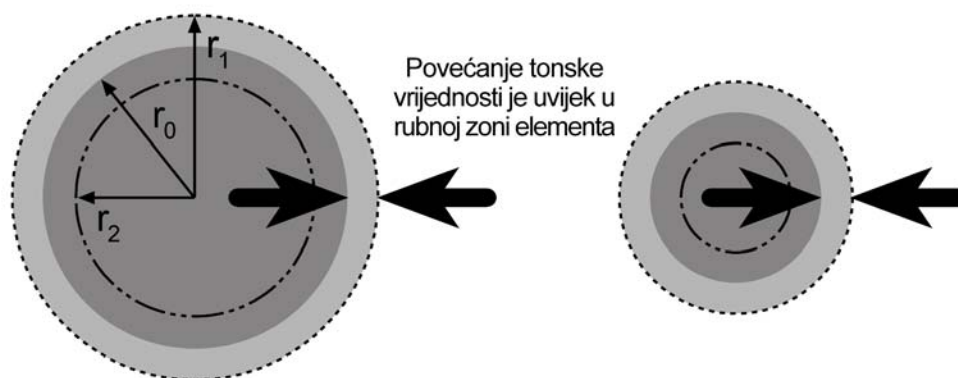


Slika 47: Rasterska površina i prirast rasterskog elementa

U realnom tisku prirast rasterskog elementa ne ovisi samo o tiskarskoj podlozi, već o boji koja se koristi, načinu proizvodnje tiskarskih ploča i ostalim tehničkim parametrima. Iz ovog razloga prirast rasterskog elementa ne ovisi samo o tiskarskom stroju, već o cijelom tiskarskom procesu. Uloga strojara je kontrolirati tiskarski proces i osigurati da prirast rasterskog elementa ostane unutar tolerancija propisanih standardom ISO 12647. Mjerenje prirasta obavlja se pomoću denzitometra na način da se najprije uređaj kalibrira na bjelinu papira, pa zatim na

puno polje, pa se tek onda može mjeriti prirast. Tolerancije propisane standardom ISO 12647-2 su  $\pm 4\%$  u srednjim tonovima. Prirast rasterskog elementa za CMY trebao bi biti jednak, a za crnu boju 3% veći.<sup>[42]</sup> Kako bi strojari mogli kontrolirati prirast za vrijeme tiska potrebno je otisnuti i testni klin uz svaku stranicu, što nije moguće učiniti ako se otisci naknadno ne obrezuju u slučaju novinskog ofset tiska.

Za potrebe kalibracije važnija je tonska vrijednost ili ukupna površina rasterskog elementa od prirasta. Od presudne važnosti nije koliki je prirast rasterskog elementa već jesu li postignute ciljane tonske vrijednosti na svakom rasterskom polju. Ton u tisku pokazuje gradaciju od prazne tiskovne površine do punog polja boje za svaku korištenu tonsku vrijednost u tisku pojedinačno.



Slika 48: Prirast rasterskog elementa

Izrada kompenzacijskih krivulja za prirast rasterskog elementa na tiskovnim formama uvijek počinje postavljanjem razine kvalitete koja se zahtjeva od tiskarskog stroja tj. postavljanjem ciljane krivulje - tonske reprodukcije koju se želi postići. Mjeri se uzorak i u unosi tonska vrijednost za postignute boje na ciljanom grafikonu. Ako je cilj novinski tisak pri linijaturi 150 lpi koristeći AM/XM raster, krivulja će predstavljati trenutna svojstva tiska - promjenom vrste rastera, primjerice prelaskom na FM raster, više vrijednosti gustoće obojenja ili veće linijature AM/XM rastera rezultat tiska biti će povećani prirast rasterskog elementa. Cilj korištenja krivulja prirasta je reproduciranje originala otiskom.

Izrada kompenzacijskih krivulja počinje usporedbom trenutačne tonske krivulje s tonskom krivuljom novog otiska. Tiskovna podloga, raster i gustoće obojenja jednake su, a samo se vrsta rastera mijenja.

Pojednostavljeno, ciljane tonska vrijednost pripreme mora dati jednaku tonsku vrijednost

otiska. Rastertonska vrijednost 30% kod novog otiska daje jednaku vrijednost kao 50% raster- tonska vrijednost kod starog otiska. Usporedba ciljane krivulje i trenutačne radi se u razma- cima od 10%. Ove vrijednosti se bilježe kako bi tonska vrijednost u originalnoj datoteci bila izmijenjena u novu vrijednost kako bi dala isti krajnji ton kao što je ista tonska vrijednost da- vala kod prijašnjeg otiska.



Slika 49: Utjecaj prirasta rasterskog elementa na kvalitetu reprodukcije

### Odnos gustoće obojenja i prirasta rasterskog elementa

Gustoća obojenja je oduvijek bila glavno sredstvo kontrole tiskarskog procesa. Osobito je važna povezanost količine bojila na papiru i gustoće obojenja, koja se jednostavno može kori- stiti u proizvodnom okruženju, jer daje jednodimenzionalnu varijablu po kojoj strojari na tis- karskom stroju mogu odrediti je li previše ili premalo bojila naneseo na tiskovnu podlogu. Gustoća obojenja, tj. reflektivna gustoća obojenja, je mjera za postotak reflektiranih svjetlos- nih zraka od tiskovne podloge ili otisnutih površina<sup>[12]</sup>. Sljedeća formula prikazuje odnos:

$$\text{Gustoća obojenja} = \log_{10} 1 / \text{faktor refleksije} \quad (29)$$

Refleksija se izračunava funkcijom:  $R = I_r / I_o$ , gdje je  $I_r$  intenzitet reflektirane svjetlosti a  $I_o$  intenzitet izvora svjetlosti. Za potrebe reflektivne denzitometrije, koristi se faktor refleksije - količina reflektirane svjetlosti s uzorka u odnosu na reflektiranu svjetlost s površine koja od- bija 100% svjetlosti. Gustoća obojenja je logaritamska funkcija inverzne refleksije, što znači da što je niža refleksija svjetlosti, tj. viša apsorpcija, viša je vrijednost gustoće obojenja. Lo-

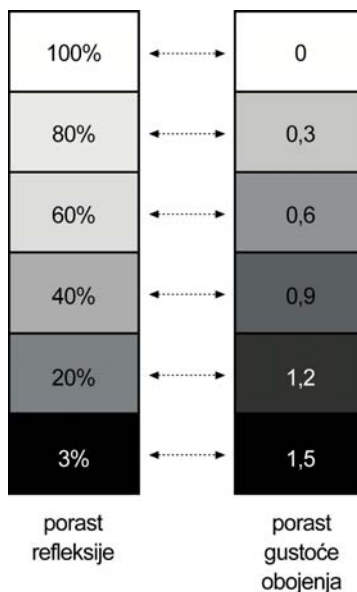


garitamska funkcija znači da povećanja gustoće obojenja ne odgovaraju smanjenjima refleksije u jednakoj mjeri. Što je faktor refleksije niži, gustoća obojenja se povećava u sve manjoj mjeri dok se ne promatraju razlike između povećanja gustoća obojenja. Primjerice, strojar može povećavati crnu boju u tisku bez postizanja jednakog povećanja zacrnjenosti. Uobičajeni domet reflektivne gustoće obojenja za primjenu u tisku je između 0,00 i 3,00 jedinica gustoće obojenja.<sup>[72]</sup>



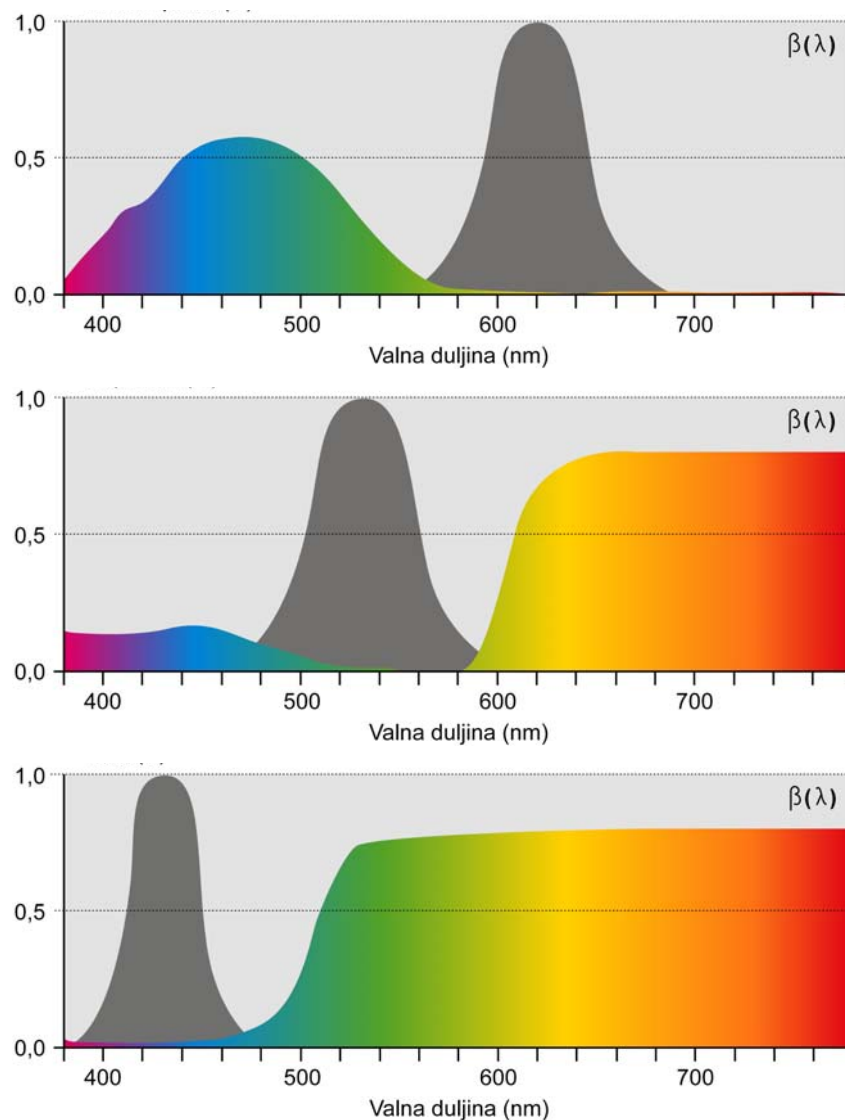
Slika 50: Odnos gustoće obojenja i faktora refleksije

U teoriji, povećanje sloja boje za duplo, umanjuje refleksiju za pola, a gustoću obojenja povećava za 0,3 točke zbog primjene logaritamske funkcije s osnovom 10.



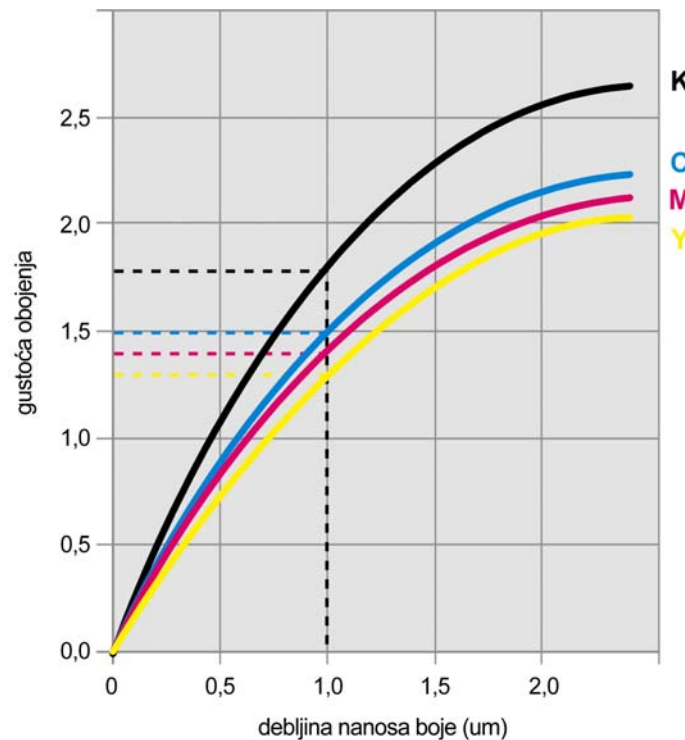
Slika 51: Povećanje refleksije recipročno gustoći obojenja

Ova pojava utječe na tisk na način da dok boja reflektira 0,9% svjetlosti, a upija 99,1%, značajan sloj boje mora biti dupliciran kako bi se postigao i najmanji porast apsorpcije svjetlosti, koji ne bi bio primjetan golim okom. U praksi, gustoća obojenja dostiže točku zasićenja kad se dođe do vrijednosti 1,8 ili više. Pokušaj nanošenja veće količine boje na tiskovnu podlogu, rezultirao bi nepravilnim odnosom boje i vode, povećanjem prirasta rasterskog elementa, nekontroliranim tiskarskim procesom, prekomjernom potrošnjom boje. Gustoća obojenja je važnija od refleksije, jer jednaka povećanja gustoće obojenja bolje odgovaraju ljudskom vidu (slika). Reflektirana svjetlost s objekta raširena je po cijeloj širini spektra koji se izražava valnim duljinama u rasponu 400 do 700 nanometara. Ako se svjetlost reflektira u cijeloj širini spektra, promatrač će vidjeti bijelu svjetlost. U slučaju da svjetlost nije reflektirana, promatrač će vidjeti crnu boju.



Slika 52: Refleksija boja (od gore prema dolje) - cijan, magenta, žuta

Manje valne duljine, ispod 480 nanometara su intenzivnije i daju promatraču dojam plave boje. Veće valne duljine, iznad 680 nanometara, daju promatraču dojam crvene boje. Na sličan način promatrač percipira i ostale boje s karakterističnim krivuljama spektralne refleksije. Zelena je između 480 i 560 nm, žuta između 560 i 590 nm, narančasta između 590 i 630 nm, a ljubičasta nastaje miješanjem crvene i plave svjetlosti u rubnom području vidljivog spektra.<sup>[75]</sup> U tiskarskom procesu, boje i pigmenti selektivno apsorbiraju valne duljine bijele svjetlosti, pa se miješanje boja naziva suptraktivnim. Žuta boja apsorbirala bi plave valne duljine spektra, a ostatak svjetlosti bi se reflektirao. Količina apsorpcije definirala bi dojam žutosti promatrane boje. Dakle, boja cijan apsorbirala bi crveni dio spektra i reflektirala zelenu i plavu, a boja magenta bi apsorbirala zeleni dio, a reflektirala plavu i crvenu. Valna duljina pri kojoj boja daje najveću refleksiju naziva se vršna refleksija i to je odlučujući faktor za percepciju boje. Kao što se može vidjeti iz slike 55. cijan, magenta i žuta boja ne samo da najveći dio svjetlosti apsorbiraju na određenim valnim duljinama, već apsorbiraju manji dio svjetlosti na drugom dijelu vidljivog spektra, što znači da imaju neželjene apsorpcije. Cijan apsorbira svjetlost na 620 nanometara, no zbog nečistoće pigmenta nesavršeno oduzima svjetlost na ostalim dijelovima vidljivog spektra, dozvoljavajući refleksiju određenih valnih duljina koje utječu na dojam boje. Ova pojava je ista i kod drugih boja, osim kod žute koja je manje nečista zbog svog pigmenta. Iz tog razloga je važno uzeti u obzir neželjene apsorpcije bojila u proizvodnji procesnih boja, jer svako bojilo utječe na druga dva.<sup>[76]</sup> Važan učinak ove prirodne nesavršenosti je da boje proizvedene s različitim pigmentima imaju varijacije promatrane boje i moraju se drugačije miješati. Također, s varijacijom debljine sloja, intenzitet boje se proporcionalno pomiče. Takav odnos naziva se Beerov zakon, koji kaže da povećanje količine apsorpcijskog materijala uzrokuje jednako povećanje apsorpcije. Zakon je točan, osim za magentu koja reflektira svjetlost u dva područja spektra, no nejednoliko. Percepcija boje ovisi ne samo o najvećoj refleksiji pri oko 570 nanometara, već ovisi i o rasponu kratkih valnih duljina u spektru. U slučaju da se udvostručuje debljina sloja magente, povećavala bi se snaga dva dijela njenog spektra. No, kako dulje valne duljine imaju veće vrijednosti refleksije od kratkih, refleksija crvenkastih valnih duljina biti će snažnija. Zato se nijansa boje mijenja s debljinom sloja boje. Magenta postaje plavkasta kako se smanjuje debljina sloja boje. Ova pojava se naziva dikroizam. Nije ju moguće izmjeriti pomoću denzitometra, jer se uređaj usredotočuje na raspon maksimalne apsorpcije, pružajući ograničene informacije o pravoj boji bojila. Reflektivna denzitometrija je iz tog razloga ograničena na mjerenje količine svjetlosti s tiskovne površine.<sup>[77]</sup>



Slika 53: Gustoća obojenja u odnosu na debljinu nanosa boje

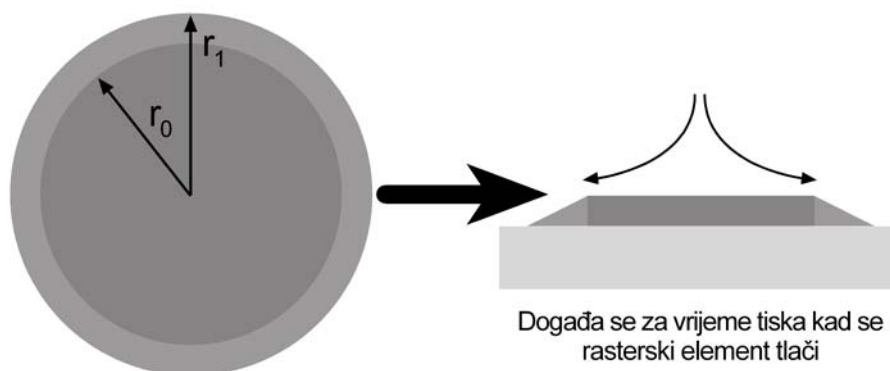
Na osnovu denzitometrijske teorije, postoje brojne procesne karakteristike koje se mogu promatrati. Najvažnija je raster tonska vrijednost ili tzv. prirast rasterskog elementa. Kako bi pojam prirasta bio razumljiv, potrebno je objasniti princip rastriranja koji je fundamentalan za sve tiskarske procese. Reprodukcijski procesi boja se zasniva na različitim količinama cijan, žute i crne boje. Crvena boja, primjerice, može se reproducirati koristeći žutu i magentu, narančasta s više žute, a manje magente, a smeđa ili siva kombinacijom tri osnovne boje. Međutim, medij koji prenosi boju na tiskovnu podlogu nema mogućnost selektivnog nanošenja drugačijih slojeva boje na različita područja ili posebnog miješanja boja prije samog tiska.<sup>[78]</sup> Rješenje problema leži u ograničenju ljudskog oka, koje ne može razlikovati male prostorne razlučivosti i zato slaže različite signale u jednu percepciju boje. To čini na način da se svaka slika razbija na rasterske elemente, različitih veličina ispod praga kontrasta koji ljudsko oko može detektirati s određene udaljenosti, pa je moguća reprodukcija različitih kombinacija boja. Slika je razbijena na mrežu zamišljenih ćelija ispunjenih rasterskim elementima koji pokrivaju određeni postotak površine kvadratića. Veličina ćelije definirana je rasterskom razlučivosti slike i naziva se - rasterska ćelija. Postupak se obavlja za sve procesne boje koje se potom postavljaju prema određenom redosljedju i različitim kutovima jedna povrhu druge. Zatim se boja selektivno nanosi na rasterske elemente, izravnim kontaktom prenosi na podlogu i nastaje slika. Boja u svom tekućem stanju širi se u kontaktu s tiskovnom podlogom i pok-

riva veći postotak površine rasterske ćelije. Dodatna površina se naziva prirast rasterskog elementa ili raster tonska vrijednost.



Slika 54: Optički prirast rasterskog elementa

Prirast rasterskog elementa može biti geometrijski i optički. Mehanički prirast nastaje fizičkim nanosom boje i pod utjecajem je emulgiranja boje, viskoznosti i ljepljivosti, pritiska kod prijenosa i svojstava tiskovne podloge. Temperatura okoliša i brzina tiska utječu na prirast rasterskog elementa preko reoloških karakteristika boje. Boja manje viskoznosti bi se više širila strukturom papira, pa bi i prirast bio veći. Debljina sloja boje je drugi važan čimbenik, jer povećanje debljine sloja boje znači da više boje pokriva tiskovnu površinu koja se pod utjecajem pritiska u tiskarskom stroju više širi. Apsorpcija tiskovne podloge utječe na prirast rasterskog elementa tako da tiskovna podloga s većom apsorpcijom ima veći prirast, jer se boja jače širi kroz pore podloge. Optički prirast rasterskog elementa opisuje interakciju svjetla s otiskom na podlozi, pa ga je teže procijeniti. Nastaje tako da svjetlost ulazi u sloj boje i stiže do tiskovne podloge, a određeni dio se raspršuje.<sup>[79]</sup> Raspršena svjetlost može izaći iz ruba boje na način da reflektira dio svjetlosti van fizičkih dimenzija rasterskog elementa ili ostaje zarobljena pod elementom. Element se zato čini većim, iako fizički to nije, pa se posljedično rubovi rasterskog elementa vide sa sjenom.



Slika 55: Geometrijski prirast rasterskog elementa

Prvo mjerenje prirasta rasterskog elementa obavio je Murray 1930.-ih, na način da je uključio tri veličine - pokrivenost površine (eng. dot area) “A”, gustoću obojenja rasterskog polja (eng. density of the tint) “Dt” i gustoću obojenja punog polja (eng. density of the tint) “Ds” u Murray-Daviesovu formulu:

$$A=(1-10-Dt)/(1-10-Ds) \quad (30)$$

Ukupna pokrivenost označena je slovom A, no prirast rasterskog elementa je zapravo oduzimanje površine rasterskih elemenata u pripremi od ukupne pokrivenost površine “A”. Primjerice, ako se mjeri pokrivenost površine od 80% na površini rasterskog elementa u pripremi 50%, prirast rasterskog elementa bio bi 30%. Preduvjet ovakvog zaključka je da denzitometar mora biti kalibriran prema području bez rasterskih elemenata, da je gustoća obojenja rasterskog elementa ujednačena i ima jednaki nanos boje kao i puno polje, te da izmjerena pokrivenost površine obuhvaća i mehanički i optički prirast rasterskog elementa.

Prvi preduvjet znači da je najprije potrebno izmjeriti gustoću obojenja tiskovne podloge, što je zapravo relativna gustoća obojenja. Drugi preduvjet znači da je potrebno izmjeriti puno i rastersko polje na mjestima gdje oba primaju jednaku količinu boje. Treći preduvjet znači da se mjeri vidljiva tonska vrijednost, a ne fizička veličina rasterskog elementa. Koristeći Murray-Daviesovu formulu, moguće je izračunati prirast za sve rastertonske vrijednosti. U proizvodnji mjeri se 50% ili 40% rastersko polje, jer ta vrijednost pokazuje cijeli raspon reprodukcije. Međutim rasterska polja od 25% i 75% su također važna, jer pružaju uvid u omjer boje i otopine za vlaženje. Pretjerana vrijednost prirasta rasterskog elementa na polju od 25% koja bi bila uobičajena na 50% polju, značila bi da je boja prerijetka tj. da mješavina sadrži previše otopine za vlaženje.<sup>[80]</sup> Ovu spoznaju je najjednostavnije dobiti na rasterskom polju od 25% iz razloga što se boja može lakše raširiti na mjerenom području. 75% rastersko polje pruža informaciju o ponašanju rasterskih elemenata pod pritiskom valjaka, a to je iz razloga što se boja manje može raširiti zbog viška otopine za vlaženje nego zbog nepravilnog prijenosa na tiskovnu površinu. Učinak prirasta rasterskog elementa zaslužan je za Yule-Nielsenovu formulu<sup>[81]</sup> koja uvodi empirijski faktor “n”:

$$A=(1-10-Dt/n)/(1-10-Ds/n) \quad (31)$$

Faktor “n” ima standardnu vrijednost 1 (bez učinka) i može se upotrijebiti za razlike različitih tiskovnih površina. Međutim, faktor ostaje empirijski, jer odnosi između tiskovnih površina nisu ustanovljeni, pa nije utvrđena niti konstanta. Cilj tiska je dati točnu reprodukciju, a učinci

optičkog i mehaničkog prirasta rasterskog elementa su obuhvaćeni izmjerenom vrijednošću, Murray-Daviesova jednadžba smatra se zadovoljavajućom. Za potrebe kontrole procesa, varijacija prirasta rasterskog elementa ne treba razdvajati optički od mehaničkog prirasta.

Kvaliteta tiskovne površine ima veliki utjecaj na priraste rasterskog elementa. Tablica 2 pokazuje odnose površine i prirasta. Jednaka količina cijana nanosena je na premazani i nepremazani papir, nakon čega su izmjerena polja rastertonske vrijednosti od 40 i 80%. Iz mjerenja se može zaključiti da boju bolje apsorbira nepremazani papir, pa vrijednost gustoće obojenja punog polja opada. No, zbog širenja boje po porama papira, povećava se prirast rasterskog elementa. Prirast rasterskog elementa zasniva se na mjerenju gustoće obojenja rasterskog i punog polja, a izražava se u postotku. Razlika u gustoći obojenja na dvije tiskovne podloge je manja na 40% i 80% rasterskim nego na punim poljima, gdje je razlika neproporcionalno veća. Gustoća obojenja na rasterskim poljima je veća za premazane papire nego za nepremazane pri 80% i manje na 40%, no vrijednosti prirasta su uvijek veće na nepremazanom papiru. Uzrok ove pojave leži u tome što premazani papir između 40% i 80% pokrivenosti površine doseže granicu apsorpcije, pa se višak nanosene boje taloži na površini podloge.

Prirast rasterskog elementa može se izračunati i pomoću kolorimetrijske metode, a taj način je najbolji za kalibracijsku tehnologiju. Izračun koristi pretvaranje CIEL\*a\*b\* prostora boja u XYZ, pa tek tada izračun prirasta. Dobivene vrijednosti u jednom i drugom sustavu su različite i ne bi ih se trebalo miješati. Kako je kolorimetrijska metoda bliža prirodnom ljudskom vidu, za očekivati je da će u budućnosti prevladati denzitometrijsku.

### **2.11.8 Cirkularnost čestica**

Cirkularnost je samo jedna od svojstava definiranih prema standardu ISO 13660 daje mogućnost procjene svojstava otisaka<sup>[82,83]</sup>, kao što su kvaliteta otisnute površine i linija. Nerazdvojni standard je ISO 19751 koji daje metodologiju pomoću koje se objašnjava procjena kvalitete napravljena prema ISO 13660. Linije i rasterski elementi su osnovni građevni elementi slike. Tiskarski proces i način na koji se reproduciraju elementi znatno utječe na kvalitetu reprodukcije. ISO 13660 koncentrira se na detalje slike, kvantificira ih i daje brojčani opis svojstava. ISO 19751 definira nekoliko grešaka na slici koje uzrokuje 14 svojstava slike definiranih prema ISO 13660. ISO 13660 definira sliku prema postavljenim idealnim kvantitativnim vrijednostima svojstava slike.<sup>[84]</sup> Ljudsko oko definira kvalitetu tiska nerazdvojivo od tiskovne podloge tj. kako elementi otiska izgledaju nakon što su otisnuti. Drugim riječima

može se reći da standard ISO19751 definira kvalitetu otiska uspoređujući uzorak s kalibriranim otiskom preko važnosti vizualnih razlika. Kalibrirani otisak naziva se i “ravnalo”.

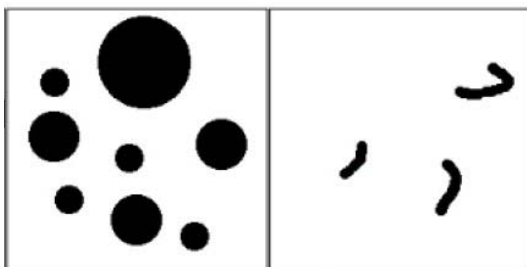
Deformacija rasterskog elementa u većini je slučajeva pozitivna, osim kada se na rasterski element djeluje i stvara se negativna deformacija koja će kasnije, za vrijeme proizvodnje, postati pozitivna.

Prema standardu ISO 13660<sup>[85]</sup> deformacija rasterskog elementa definirana je na osnovi stupnja cirkularnosti prema jednadžbi:

$$C = \frac{4\pi A}{p^2} \quad (32)$$

gdje je  $p$  dužina oboda i  $A$  površina rasterskog elementa.

Idealna cirkularnost rasterskog elementa je definirana s brojkom 1, a za vrijednosti veće od 1 rasterski element sadrži drugačiji oblik. Kada je cirkularnost manja od 1 tada su točkice vrlo male i vrijednost cirkularnosti može biti netočna.



Slika 56: Cirkularnost čestica 0,8-1,0 definirani kružni oblici, 0-0,6 krhotine

### 2.11.9 Punoća čestica (eng. *Solidity*)

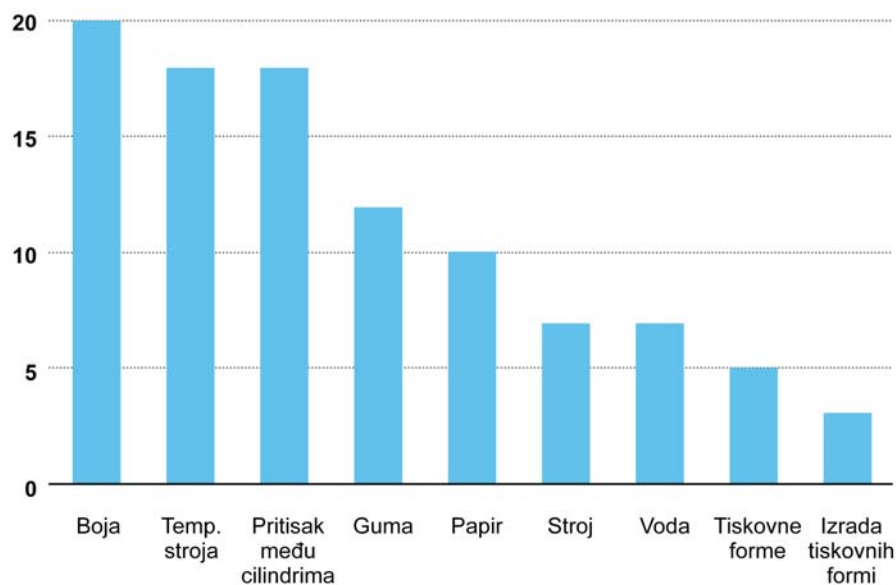
Punoća čestica može se definirati kao udio piksela unutar konveksne ovojnice objekta. Može se izračunati kao odnos između površine objekta i površine odgovarajuće konveksne ovojnice. Ispunjeni objekti imaju punoću bližu 1, a objekti koji punoću imaju manju od 1, nepravilnog su oblika ili sadrže praznine.<sup>[86]</sup>

### 2.11.10 Uzroci deformacije rasterskog elementa

- 1) boja - ima najveći utjecaj u kontroli prirasta rasterskog elementa. Viskoznost i ljepljivost su najčešći uzroci poteškoća s prirastom



- 2) temperatura - mjerenjem infracrvenim senzorom može se ustanoviti temperatura svake strane prijenosnih valjaka koja bi trebala biti oko 27 °C
- 3) pritisak između valjaka - guma na gumu, ploča na gumu ili prijenosnog valjka na ploču ima veliki utjecaj na prirast rasterskog elementa
- 4) gumene navlake - ako su gume prestare, prirast će biti vidljiviji
- 5) papir - ovisno o tiskovnoj podlozi prirast rasterskog elementa će se razlikovati
- 6) tiskarski stroj - stanje stroja i svih njegovih dijelova čini veliku razliku u kvaliteti otiska
- 7) odnos boje i otopine za vlaženje u praksi ne bi trebao imati veliki utjecaj na prirast rasterskog elementa, ako je u okvirima preporučenim standardom
- 8) tiskovne forme - trošenje ploča može prouzročiti prirast
- 9) izrada tiskovnih formi - vrsta rasterskog elementa može utjecati na prirast, pa primjerice eliptični element znači povećanje prirasta od 2%



Slika 57: Faktori utjecaja na prirast rasterskog elementa

## 2.12 Computer to Plate tehnologija

### 2.12.1 Povijesni razvoj CtP tehnologije

U posljednjih 27 godina proizvodnja tiskarskih ploča evoluirala je od složenog procesa koji je zahtijevao upotrebu papira, kamere i filma, preko CtF “Computer to film” tehnologije izrade ploča, do procesa stvaranja slike izravno na ploči. Za razvoj CtP-a nužan je bio razvoj laserske tehnologije - vrsta lasera, snaga, dizajn, trajnost, troškovi održavanja i osjetljivost ploča.

CtF se uglavnom zasnivao na dizajnu s unutarnjim bubnjem, gdje se medij nalazi vakumiran na unutarnju površinu bubnja i osvjetljava laserskom zrakom koja se odbija od ogledala pričvršćena na elektromotor brze rotacije. Konstrukcija s unutarnjim bubnjem koja koristi jednu lasersku diodu, bila je tehnologija 1990.-ih godina kad se pojavio CtP. Prvi proizvođači, kao Agfa i Creo, koristili su YAG zeleni laser valne duljine 532 nm, dok su Barco i ECRM odabrali plavi plinski laser od 488 nm. Odabir plavog lasera pokazao se pogrešnim zbog učestalosti kvarova, često i unutar 1000 radnih sati. Neki proizvođači su koristili i crveni laser, jer se koristio još od CtF tehnologije. Od ovih prvih vrsta lasera razvijena je ljubičasta laserska tehnologija, koja se u današnje vrijeme koristi kod gotovo svih CtP uređaja s unutarnjim bubnjem. Iako je većina CtP uređaja na početku bila s unutarnjim bubnjem, nekoliko proizvođača, kao Creo i Scitex, prepoznali su ograničenja ovog dizajna, pa su razvili tehnologiju vanjskog bubnja s 830 nm infracrvenim laserom. Kod ovog dizajna se medij pričvršćuje na vanjsku površinu bubnja, što omogućuje približavanje lasera na samo nekoliko centimetara od površine bubnja. Velika snaga više laserskih dioda i blizina lasera ploči omogućila je korištenje tzv. termalnih ploča. Korištenje ove vrste ploča omogućilo je rukovanje osvijetljenim pločama pod sigurnosnim svjetlom, a prednost je bila i njihova trajnost, posebice kad je ploča bila termalno obrađena. Tvrtka Creo predstavila je termalni osvjetljivač s vanjskim bubnjem na sajmu Graph Expo u listopadu 1995. godine. Njihov partner, tvrtka Screen najprije je razvijala ravnu tehnologiju CtP uređaja, kao i tvrtka Scitex, koja se još zadržala na jeftinijoj tehnologiji unutarnjeg bubnja s modelom Doplata 800 iz 1996. godine. Heidelberg je kasnije razvio svoje vlastite uređaje s vanjskim bubnjem, kao i tvrtka Agfa, koja je predstavila termalne uređaje s vanjskim bubnjem pod imenom Xcalibur/Avalon. 2008. godine Agfa je odustala od ove tehnologije i nastavila razvoj ravnih PT-R osvjetljivača.

### **2.12.2 Vrste CtP uređaja**

CtP, tehnologija stvaranja slike u modernom tiskarskom procesu, prema kojoj se slika stvara u DTP aplikaciji i ispisuje izravno na tiskovnu formu, usporediva je s starom tehnologijom CtF, iz računala do filma, gdje se računalna datoteka ispisivala na fotografski film. Film je tada bio korišten za izradu tiskovne forme, na način sličan kontaktnom uzorku u fotografiji tamne komore. CtP tehnike se razlikuju ovisno o vrsti osvjetljivača i izvora svjetla koji služi za ekspoziciju površine tiskovne forme. Po konstrukciji CtP uređaji se mogu podijeliti na:

- 1) uređaje s unutarnjim bubnjem
- 2) uređaje s vanjskim bubnjem

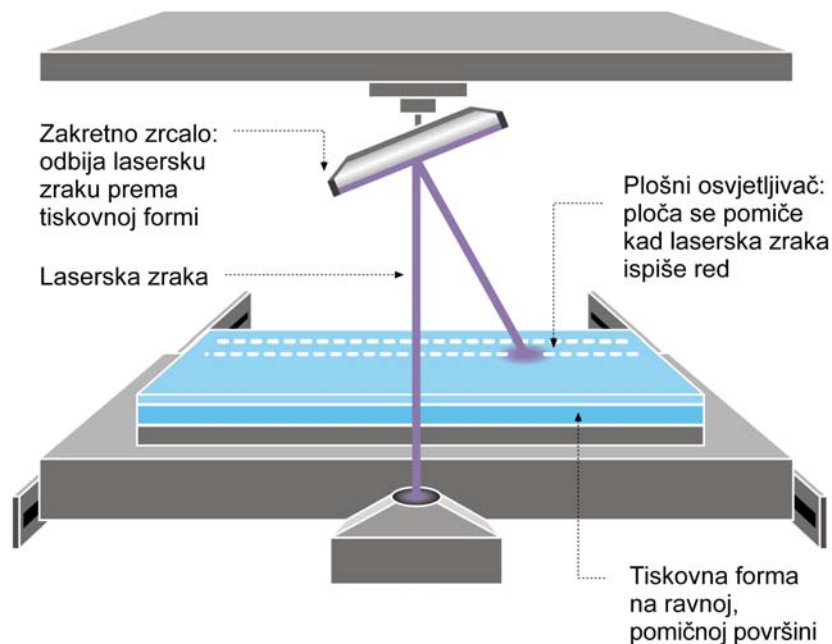
### 3) ravne osvjetljiivače

#### CtP uređaji s unutarnjim bubnjem

U uređajima s unutarnjim bubnjem ploča se umeće u cilindar, dok se pisača glava kreće uzduž osi cilindra i osvjetljava ploču. Rotirajuće ogledalo na kraju glave osvjetljiivača okreće se oko svoje osi kako bi odbilo lasersku zraku na željeni dio učvršćene ploče. Ova konstrukcija otežava korištenje nekoliko laserskih pisača istovremeno, no zato daje ujednačenost snage zrake na cijeloj površini ploče.

#### CtP uređaji s vanjskim bubnjem

Ploča se omotava oko cilindra koji se okreće oko svoje osi, dok se pisača glava miče uzduž osi kako bi izoštrila lasersku zraku na površinu ploče i time osvjetlila sliku. Ova jednostavna konstrukcija omogućava upotrebu više pisačkih glava i njihovo istovremeno korištenje, što znatno skraćuje vrijeme osvjetljivanja cijele tiskovne forme.



Slika 58: Princip rada ravnog CtP uređaja

#### Ravni CtP uređaji

Slika se reproducira liniju po liniju na učvršćenoj ravnoj tiskovnoj formi pomoću laserske zrake koja se odbija o rotirajuće poligono ogledalo na tiskovnu formu. Zbog konstrukcije uređaja, laserska zraka gubi točnost na krajevima tiskovne forme, pa se ova vrsta koristi uglavnom za ploče manjeg formata ili proizvodnju nešto niže kvalitete.

### 2.12.3 Postupci kopiranja

Prvi postupci izrade tiskovne forme za reprodukciju bili su isključivo ručni. Crtež se izrađivao ručno, graviranjem direktno na ploču. Danas su u upotrebi fotomehanički postupci kopiranja, kod kojih se koriste svojstva nekih materijala da pod utjecajem svjetla mijenjaju topivost. Sustav funkcionira na način da se dijelovi buduće tiskovne forme pod utjecajem određene valne dužine svjetlosti stvrđnu, a neosvijetljeni se ispiru vodom ili nekom drugom prikladnom kemikalijom za razvijanje (razvijač).<sup>[87]</sup>

U upotrebi su sljedeći kopirni postupci:

- 1) Koloidni kopirni postupak
- 2) Kopirni postupci na osnovi diazo-spojeva
- 3) Fotopolimerni kopirni postupci
- 4) Elektrofotografski kopirni postupci
- 5) Elektrogravurni postupci (skenerski postupci)

Svi navedeni postupci mogu biti pozitivski i negativski što znači da se prilikom kopiranja na ploču koriste negativske ili pozitivske montaže, filmovi. Za postupak kopiranja montaža na ploču, tiskovnu formu, predoslojenu kopirnim slojem postoje dvije metode: kopiranja na ploču koriste negativske ili pozitivske montaže, filmovi.



Slika 59: Razvijanje pozitivske i negativske tiskovne ploče

## 2.13 *Post Script*

PostScript je tehnologija za rad u grafičkim programima. Razvijen je kao komandni jezik koji je pokretao crno-bijele pisače i osvjetljiivače (imagesetter). Ako je grafički softver u stanju stvoriti podatke pomoću PostScript komandi, onda te iste komande mogu pokretati i PostScript pisač. Prije uvođenja PostScripta, svaki je grafički program koristio svoj komandni jezik za pisač i osvjetljiivač, što je kompliciralo razvoj takvih sustava i povećavalo njihovu cijenu. Najvažnije komponente PostScripta su drajver PostScript pisača, PostScript RIP i EPS datoteka. Drajver PostScript pisača pretvara dokument iz grafičkog programa u datoteku za ispis koja se sastoji od PostScript komandi. PostScript RIP prevodi ove komande i izračunava položaj, oblik i veličinu svakog slikovnog elementa na tiskovnoj podlozi, filmu ili tiskovnoj formi. EPS datoteka sadrži PostScript komande za konverziju slika, grafika i teksta. Kad se EPS datoteka unese u grafički program, samo se njegova privremena verzija (preview) prikazuje na računalnom zaslonu. PostScript dio EPS datoteke se koristi za izradu datoteke za ispis. U PostScript RIP-u pisača radi se samo s ovim dijelom EPS datoteke, a privremeni prikaz se odbacuje.

### 3 Eksperimentalni dio

Novinski, ofset tisak sve je konkurentniji za sve vrste tiskanih medija, zbog svoje ekonomičnosti i brzine isporuke. Vremenom se postavljaju sve viši kriteriji kvalitete reprodukcije. Novinski tisak se koristi za tisak onih izdanja koja su tradicionalno pripadala tisku iz arka ili revijalnom tisku. Postignut je značajan napredak u kvaliteti reprodukcije rasterskog elementa. No, novinska ofsetna tehnika slabo se analizirala u realnoj grafičkoj proizvodnji, jer je namijenjena za proizvodnju izdanja koja gube svoju važnost nakon kratkog vremenskog razdoblja. Iz tog razloga uzorci za istraživanje rađeno je u realnoj grafičkoj proizvodnji u svakodnevnim uvjetima.

#### 3.1 *Dosadašnja istraživanja*

Iako novinski tisak nije niti približno dovoljno analiziran, rasterski element koji se koristi za reprodukciju je značajno bolje ispitan.

Tako je u jednoj doktorskoj disertaciji<sup>[72]</sup>, na Linköping sveučilištu u Švedskoj, proučavan prirast rasterskog elementa na reprodukciji u boji. Ponuđen je model prema kojemu je moguće predvidjeti svojstva reprodukcije na različitim sustavima, te utjecati na rezultate u proizvodnji. Primijenjen je napredni model rasterskog elementa na nekoliko uobičajenih rasterskih sustava i pokazano je da rezultati reprodukcije uvelike ovise o utjecaju prirasta rasterskog elementa. U analizi je korišten spektralni model apsorpcije svjetlosti u sloju boje, te rasipanje svjetlosti u tiskovnoj podlozi. Model je zasnovan na prvim fizikalnim principima i dokazano je da je točniji od ranijih empirijskih i poluempirijskih modela za izračun prirasta rasterskog elementa. Pokazalo se da povećani prirast može proširiti raspon boja u reprodukciji tj. gamut boja.

Jedna je tvrtka u svojim istraživanjima<sup>[88]</sup> pokazala na primjeru fotomikrogravure 340 linijskog rastera, da iako u srednjim tonovima ne postoje razlike između rezultata reprodukcije s tradicionalnim AM rasterom i hibridnim Sublima rasterom. No, ispod 8% 21 mikronski rasterski elementi kod hibridne tehnologije ostaju iste veličine, dok se kod AM tehnologije dodatno smanjuju. Hibridni raster ovdje iskazuje svoju prednost, jer veličina AM rasterskog elementa pri 1% RTV pada čak na 10,6 mikrona što je teško reproducirati. Iako CtP sustav može osvijetliti tako male elemente na ploči, svjetla i tamna područja u tisku najčešće će biti izgubljena ili zapunjena. Na tim područjima Sublima koristi patentirani FM algoritam koji osigura-

va tisak najsvjetlijih tonova i detalje u sjenama. Iako se ovi tonovi kontroliraju FM pristupom, poredani su koristeći ABS AM kutove u srednjim tonovima. No, kako raspored Sublima FM-a nije nasumična ili stohastična, ne dolazi do prijelaznog šuma ili tranzicijskih grešaka. Što je veća rezolucija, Sublima generira manje rozete koje su gotovo nevidljive golom oku, ali s ujednačenim izgledom velikih jednobojnih polja i spot boja.

U drugom istraživanju<sup>[89]</sup> pokazalo se da hibridni i FM rasterski elementi imaju zajedničku karakteristiku dobre reprodukcije rasterskih elemenata u velikim i malim rastertonskim vrijednostima zbog čega daju vrlo oštre i detaljne otiske. No, ne eliminiraju sve vrste hibridnih rastera moire jednako dobro, iako se vide poboljšanja povećanjem razlučivosti tiska. Također se pokazalo da prirast rasterskog elementa nema uvijek negativan učinak, jer je moguće postići reprodukciju u tisku s dobrim kontrastom i visokim razlučivostima, a uz manju potrošnju boje. FM rasterski elementi daju ustaljene rezultate unatoč fluktuacija gustoća obojenja u tiskarskom procesu. U slučaju da probni otisci ne odgovaraju rezultatima u realnoj nakladi, strojar neće imati mogućnost podešavanja reprodukcije preko nanosa boje. Hibridni rasterski element omogućuje da se poteškoće uspješno savladaju u tiskarskom procesu.

U istraživanju gustoće obojenja i prirasta rasterskog elementa u novinskom roto-ofset tisku<sup>[90]</sup> uspoređene su krivulje realne reprodukcije iz kojih je vidljivo izvorno stanje tiskarskog procesa s ISO standardom za AM raster koji propisuje 26% prirasta kod 50% pokrivenosti polja i idealnom reprodukcijom. Primijećen je pad vrijednosti prirasta koji se pojavljuje između 0% i 10% RTV. Pojava je pripisana utjecaju hibridnog rasterskog elementa. Krivulja reprodukcije na kojoj se umjetnim putem povećao prirast rasterskog elementa za 9% približila se propisanom ISO standardu.

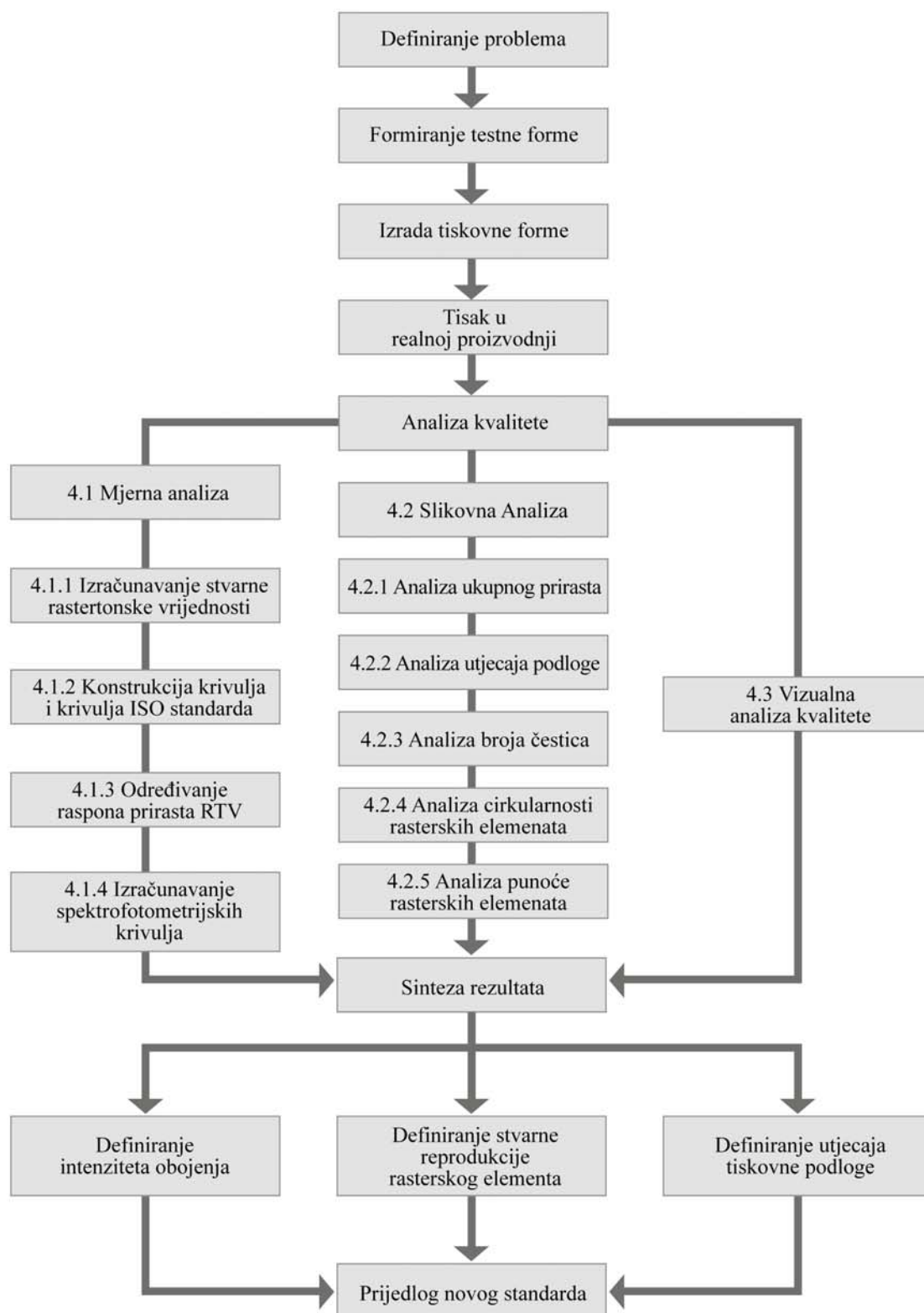
## 3.2 *Planiranje*

Kvaliteta grafičkih proizvoda u novinskom tisku definirana je preporučenim međunarodnim standardima koji daju preporuku za uvjete proizvodnje, mjerenja i kvalitete korištenog repromaterijala. Razvoj tehnologije tiska i proizvodnje repromaterijala, nedvojbeno utječe na rezultate tiskarskog procesa, te kvalitetu grafičkog proizvoda koja je postala standard za svakog čitatelja. Kao što je naznačeno u teoretskom dijelu rada kvaliteta reprodukcije ovisi o nizu predvidljivih i nepredvidljivih faktora.

Posljednjih godina, zahtjevi tržišta za smanjenjem troškova proizvodnje i niskom cijenom repromaterijala, postavili su novi izazov pred proizvođače koji svakako utječe na kvalitetu. Standardizacija tih repromaterijala, zbog prebrzog razvoja, nije do kraja obavljena, tj. nedovoljno brzo se obnavlja, pa krajnji utjecaj na kvalitetu nije do kraja poznat. Iz tih razloga, ispitivanje ukupne kvalitete grafičkog proizvoda definirati će se na osnovu mjernih i vizualnih analiza rezultata tiska s navedenim repromaterijalima. Cilj ovog rada je analizirati i znanstveno objasniti odstupanje ispitivanih kvalitativnih parametara. Istraživanje će se raditi na uzorcima otisnutim u realnoj proizvodnji, a dati će nove smjernice za upravljanje tiskarskim procesom i ustanovljavanje kvalitete rasterske reprodukcije. Analiza će se raditi prema definiranim metodama u grafičkoj tehnologiji.

Shema procesa rada prikazana je na slici 60.





Slika 60: Shema procesa istraživanja

### 3.3 Korišteni materijali

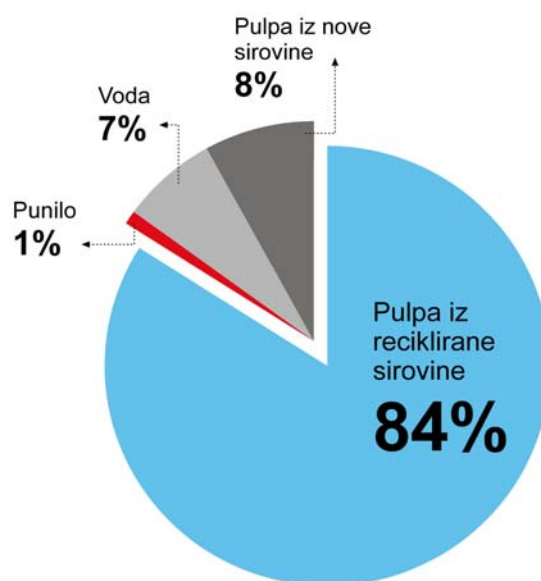
#### 3.3.1 Tiskovna podloga

Ispitivani uzorci biti će otisnuti na tiskovnoj podlozi - novinskom papiru Nornews 42,5 g/m<sup>2</sup> iz tvornice Norske Skog, Bruck a.d. Mur. Karakteristike novinskog papira dane su u tablici 4.

Tablica 4: Kolorimetrijske i površinske karakteristike ispitivanog materijala

	Jedinica	Očitane vrijednosti	Zadane vrijednosti	Tolerancija
Težina ISO 536	g/m <sup>2</sup>	42,5	42,5	±1%
Vlažnost ISO 287	%	7,4	7,5	±0,3
Bjelina ISO 2470, D65	%	58,7	59	±2
Boja a* DIN 6174		-0,16	-0,3	±0,5
Boja b* DIN 6174		2,94	3	±0,5
Stupanj neprozirnosti ISO 2471	%	95,1	94	-2
Pucanje ISO 1924-1	m	4588	5000	-1000
Voluminoznost ISO 534	cm <sup>3</sup> /g	1,45	1,4	±0,1
Istezanje ISO 1924-1	mm	1,12	1,4	±0,3
Grubost OS DIN 53108	ml/min	137	140	±15
Hrapavost US DIN 53108	ml/min	136	140	±15

Ova vrsta papira gotovo se u potpunosti sastoji od reciklirane sirovine, pulpa visoke kvalitete je druga najvažnija komponenta u papirnoj smjesi.<sup>[91]</sup>



Slika 61: Sastav novinskog papira korištenog za tisak uzoraka

### 3.3.2 Tiskovna boja

Uzorci će biti otisnuti bojom za novinski ofset tisak proizvođača Sun Chemical. U osnovi se sastoje od linenog ili sojinog ulja, te teških naftnih destilata kao solvenata u kombinaciji s organskim pigmentima. Pigmenti su načinjeni od soli nitratnih spojeva. Anorganski pigmenti se također koriste kod tiskarskih boja, ali u manjoj mjeri.<sup>[92]</sup> Neki od ovih primjera su krom zelena ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), pruska plava ( $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ ), kadmij žuta (CdS) i molibden narančasta (mješavina olovo-kromata, molibdena i sulfata). Crna boja se dobiva od ugljena, a bijeli pigmenti, kao titan-oksidi, koriste se samostalno ili kako bi se prilagodile karakteristike ostalih boja. Boje također sadrže aditive kao što su voskovi, površinski aktivne tvari, tvari za poboljšavanje sušenja.

### 3.3.3 Pufer

U tiskarskom procesu neophodan je i pufer u otopini za vlaženje. Koristiti će se pufer Schwegosoft 5578, proizvođača Bernd Schwegmann GmbH iz Njemačke. Karakteristike su prikazane u tablici 5.

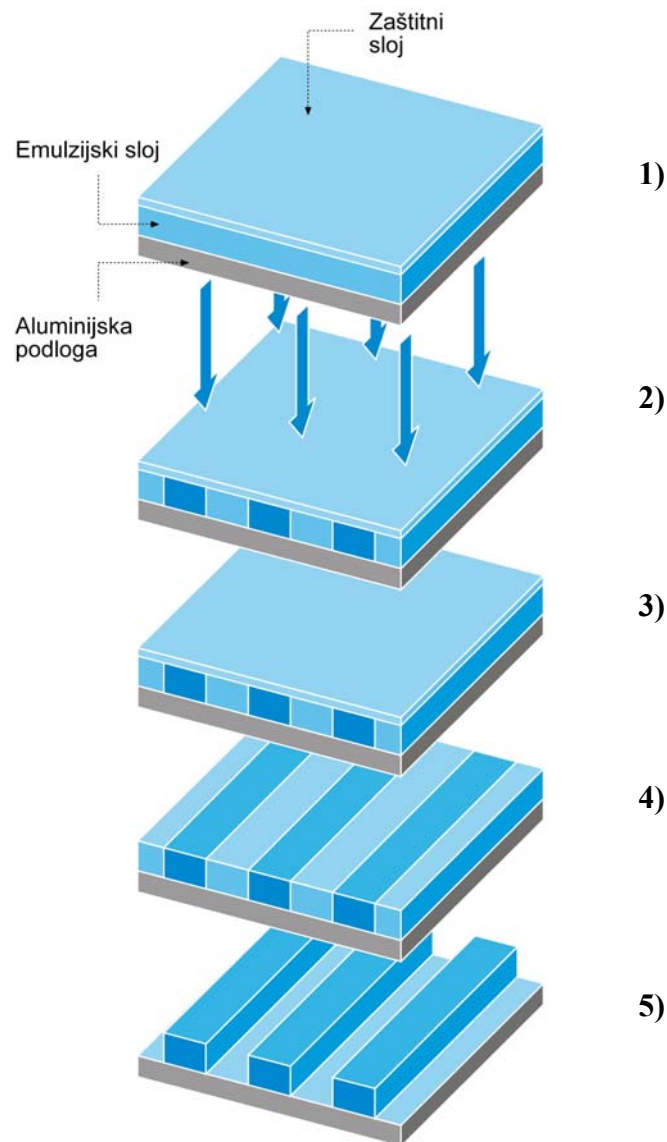
Tablica 5: Karakteristike pufera Schwegosoft 5578:

<b>Agregatno stanje</b>	Tekućina
<b>Boja</b>	svijetlo/srednje obojena
<b>pH vrijednost</b>	5-5,1 (20°C / 20 g/l) DIN 19268
<b>Vrelište</b>	cca. 100°C (1013 hPa)
<b>Plamište</b>	30°C, ISO 1523
<b>Granice eksplozivnosti</b>	od 0,7% do 12%
<b>Tlak pare</b>	<0,12 bar (50°C)
<b>Relativna gustoća</b>	1 g/cm <sup>3</sup> (20°C), DIN EN ISO 2811-1
<b>Viskoznost</b>	<15s (23°C), DIN cup 4 mm

### 3.3.4 Tiskovne forme

U tiskovnom procesu korištene su tiskovne ploče tvrtke Agfa, N91v - negativske, fotopolimerne ploče.<sup>[93]</sup> Ploča N91v je osjetljiva na zrake ljubičastog lasera, valne duljine 405 nm. Otporan zaštitni sloj omogućuje naklade do 250.000 primjeraka nezapečeno i više od 500.000 primjeraka ako se ploče zapeku. Zato su ovi tipovi ploča optimalni za novinski tisak. Karakteristike ljubičastog lasera su dugi vijek trajanja, velike brzine osvjetljavanja, mali troškovi održavanja. Nakon ekspozicije, ploča se obrađuje uobičajenim postupkom - predzagrijavanje praćeno je pranjem površinskog premaza, zatim se slika razvija, a ploča pere i gumira. Osnova ploče je HCl-granulirani aluminijski supstrat, dobiven elektrokemijskim granuliranjem i

anodiziranjem, što je podloga za ujednačena svojstva ploče u tisku i čini ih pogodnima za velike naklade. Fotopolimerni sloj se optimizira kako bi dao široke mogućnosti ekspozicije i obrade. Pločom se može rukovati jednostavno u uvjetima žutog sigurnosnog svjetla. Za vrijeme ekspozicije laser spaja i učvršćuje osvjetljenja područja koja ostaju na ploči za vrijeme obrade kako bi ploča bila dovoljno stabilna i izdržala promjene tokom procesa proizvodnje. Takve ploče imaju dulju stabilnost čak i u najzahtjevnijim područjima, pa su zato i pogodne za velike naklade.



Slika 62: Niz ilustracija prikazuje korake pripreme N91v tiskarskih ploča za tiskarsku proizvodnju: 1) ploča prije ekspozicije, 2) ekspozicija ploče ljubičastom laseru (zračenje označeno strelicama), 3) predgrijavanje ili pojačavanje slike u kojemu vanjski sloj ploče apsorbira toplinsku energiju kako bi slika bila jača i otpornija za velike naklade, 4) zaštitni sloj se ispire i ploča je spremna za razvijanje, 5) na ploči su ostale tiskovne površine i ploča je spremna za

tisak

Tablica 6: Karakteristike korištenih tiskarskih ploča

<b>Tip ploče</b>	Negativska, za laser velike brzine
<b>Premaz</b>	Fotopolimerski
<b>Mjere</b>	0,15; 0,20; 0,30; 0,35; 0,40 mm
<b>Površina</b>	Elektrokemijski granulirana i anodizirana
<b>Veličine</b>	Tisak iz arka, revijalni i novinski tisak
<b>Spektralna osjetljivost</b>	N91v 405nm ljubičasta dioda
<b>Energija ekspozicije N91v</b>	Stouffer 21 step wedge step 3, solid 5 ghost; UGRA wedge step 2 solid 4 ghost
<b>Razlučivost</b>	3% - 97% do 200 lpi (ovisi o opremi i uvjetima)
<b>Radni uvjeti</b>	Radna temperatura 23±2°C, 50%±10% relativna vlažnost
<b>Uvjeti skladištenja</b>	<30°C. Ne skladištiti na temperaturama 50°C i više, na vremenski rok dulji od 24 sata, preporučena relativna vlažnost od 30% do 70%
<b>Veličina naklade</b>	Do 250.000 nezapečene i više od 500.000 zapečene

### 3.3.5 Gume za ofsetni tisak

Kod otiskivanja uzoraka korištene su gume za ofsetni tisak proizvođača Conti-Air, Evolution TR. Troslojne gume zelene boje imaju poseban sloj ujednačeno, kompresibilne gume, zatvorenih mikrostanica ispunjenih pod tlakom koji im daje posebnu tvrdoću i otpornost na habanje. Ova svojstva osiguravaju izvrsni prijenos boje s malim prirastom rastera i ujednačeno obojenim punim tonovima za vrijeme cijelog radnog vijeka gume, koji je vrlo dug čak i uz automatske sustave za pranje. Namijenjena je novinskim ofset rotacijama kod kontakta guma-guma. Značajno umanjuje čupanje papira i nastanak papirne prašine. Debljine su od 1,69/1,95 do 2,18 mm, hrapavosti RZ (DIN 4768) 11 µm, hrapavosti RA (DIN 4768) 1,8 µm, površinske tvrdoće (DIN 53505) 54° shora, kompresibilnosti pri 1350 kPa (ISO 12636) 0,210 mm ± 0,03 mm. Izdužuju se u procesu tiska (DIN 16621, DIN 53354) 0,75% ± 0.15 % pri 500 N/5 cm. Gume se predkompresiraju i kalibriraju za vrijeme proizvodnje kako bi se osigurala ujednačena kvaliteta proizvoda. Koriste se za tisak proizvoda visoke kvalitete.



Slike 63: Ofsetne gume i presjek gume (sastav)

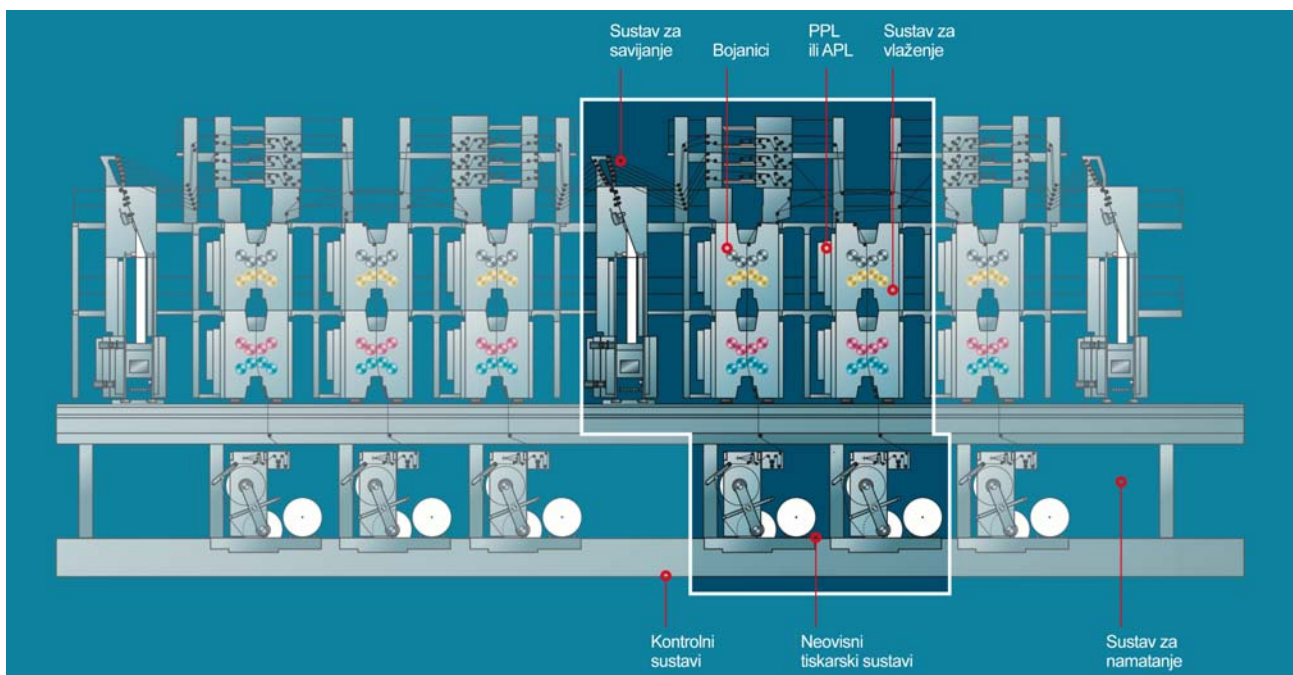
### 3.4 Korišteni strojevi

#### 3.4.1 Tiskarski stroj

Uzorci za istraživanje otisnuti su na novinskom roto-ofset stroju Geoman, njemačkog proizvođača Manroland. U tablici 7 su prikazana osnovne karakteristike stroja.<sup>[94]</sup>

Tablica 7: Karakteristike tiskarskog stroja

Promjer cilindra	900 mm
Maksimalna širina role	1200 mm
Maksimalna proizvodna brzina	38.500 otisaka/okretaja na sat
Dužina rezanja	450 mm
Dimenzija ploče s četiri strane	450x600 mm
Dimenzija ploče s dvije strane	300x450 mm
Dimenzija jedne strane	225x300 mm



Slika 64: Konfiguracija tiskarskog stroja Manroland Geoman<sup>[95]</sup>

### **3.4.2 CtP**

Za proces izrade tiskovnih ploča korišten je uređaj Agfa Polaris. Ovo je uređaj za digitalno osvjetljivanje ofsetnih, tiskovnih formi. Ploča leži na plošnom osvjetljivaču tiskovnih formi dok se osvjetljava, pa odatle dolazi i ime uređaja. Većina plošnih sustava koriste jednostruku lasersku zraku koja se odbija od površine rotirajućeg stakla na površinu ploče. Kod sustava, ploha se lagano pomiče prema dolje, kako laserska zraka osvjetljava ploču red po red. Ogledalo nepomično ostaje centralno iznad ploče, ali se naginje lijevo ili desno kako bi se mogla osvjetliti cijela širina ploče. Ovaj sustav se zove pomični plošni osvjetljivač.

Kako ogledalo za refleksiju zrake na oba sustava ostaje centralno o ne putuje od ruba do ruba, udaljenost između ogledala i ploče mijenja se kako se ogledalo naginje. Udaljenost koju prelazi laserska zraka je najmanja kad je ogledalo izravno iznad ploče, a najveća u krajnjem lijevom i desnom položaju. Kako bi se osiguralo da veličina elementa ostane nepromijenjena po cijeloj širini stranice (zbog promjenjive udaljenosti između ogledala i ploče), laser se usmjerava kroz posebnu leću koja kompenzira udaljenost.

CtP uređaj Polaris XTV omogućuje produktivnost od 200 tiskovnih ploča na sat. Sva četiri pogona su plošni osvjetljivači jedne širine i velike brzine koji koriste kolica za ploče. XTV može u memoriji uređaja čuvati više od 1000 stranica ili 500 duplerica. Iz tog razloga kolica za opskrbu pločama s vrlo važna. XTV koristi ljubičasti laser duge trajnosti, valne duljine 405 nm. XEV koristi 30 mw ljubičasti laser, valne duljine 532 nm. Ove laserske glave imaju znatno duži vijek trajanja od termalnih laserskih glava. Polaris X omogućuje izuzetnu točnost osvjetljavanja uz veliku fleksibilnost i povećanu automatizaciju, a za niže troškove od konkurentnih sustava.

## **3.5 Korišteni alati**

### **3.5.1 Mjerni uređaj X-rite Spectroeye**

SpectroEye je ručni, prijenosni spektrofotometar koji nudi sve kolorimetrijske funkcije mjerenja i kontrole boja kao i denzitometrijske funkcije potrebne za kontrolu tiskarskog procesa uz najvišu razinu točnosti, ergonomski dizajn i jednostavnost korištenja u jednom mjerenju. Detektira i najmanje devijacije boje uz unutarnju visoku spektralnu razlučivost od 3,3 nm i otvor senzora 4,5 mm. Opremljen je s prstenastim osvjetljenjem koje omogućuje postavljanje spektrofotometra u proizvoljan položaj za vrijeme mjerenja, što je od presudne važnosti kod

mjerenja na nepremazanim tiskovnim podlogama. Kako bi se postigla optimalna točnost u svim slučajevima, integrirana je bijela referentna točka koja omogućuje automatsku kalibraciju bez potrebe intervencije korisnika. SpectroEye podržava denzitometrijske funkcije gustoće obojenja, prirasta rasterskog elementa i preklapanja boja (eng. trapping), kao i CIE  $L^*a^*b^*$  funkciju. Idealan je uređaj za kontrolu usklađenosti otiska s ISO standardom, pa tako smanjuje makulaturu i prekide proizvodnje.

Spektrofotometri su najvažniji uređaji za mjerenje boja u kolor menadžmentu. Daju  $L^*a^*b^*$  ili  $L^*C^*H^*$  podatke koji se mogu koristiti za veliki broj zadataka od kojih su najvažniji ugađanje sistema probnih otisaka, provjera pojedinačnih probnih otisaka, ugađanje računalnih zaslona i kontrola boja u tiskarskim procesima. Funkcionalnost spektrofotometara prati uobičajeni postupak osvjetljavanja uzorka pomoću unutarnjeg izvora svjetlosti. Spektar reflektiran od uzorka detektiran je senzorom koji snima intenzitet različitih valnih duljina i pretvara ih u digitalna mjerenja. Iz ovih podataka softver može odrediti  $L^*a^*b^*$  i  $L^*C^*H^*$  vrijednosti. U ovisnosti o spektru unutarnjeg izvora spektrofotometra, različiti spektar se reflektira do senzora uređaja. Kako bi se mjerenja različitih spektrofotometara mogla uspoređivati, postoje “standardni izvori svjetlosti” koji opisuju spektre idealnih izvora svjetlosti. Uobičajeni izvor u kolor menadžmentu je D50 koji se može podesiti u postavkama uređaja kako bi računalo boje odredilo sukladno izvoru.



Slika 65: Spektrofotometar



### 3.5.2 *Mikroskop Dino-lite*

Dino-Lite Pro AM413T ručni je digitalni mikroskop, male mase 100 g, s CMOS senzorom SXGA za kvalitetu slike od 1,3 megapiksela koji omogućuje gledanje i snimanje s velikom detaljnošću. Važna mogućnost je povezivanje s računalom preko DinoCapture aplikacije koja omogućuje mjerenje slike, u GIF, PNG, MNG, TIF, TGA, PCX, JPG formatu, napravljene Dino-Lite mikroskopom, te obavljanje kalibracije i potom veću preciznost. Mikroskop povećava objekte do 200 puta. MicroTouch senzor osjetljiv na dodir daje korisniku mogućnost fotografiranja promatranog uzorka bez intervencija na računalu što umanjuje opasnost od gubitka fokusa.



Slika 66: Digitalni mikroskop

### 3.5.3 *Softver za slikovnu analizu ImageJ*

ImageJ je softver za obradu slike, besplatan za javnu upotrebu, zasnovan na programskom jeziku Java. Razvio ga je američki Nacionalni zdravstveni institut. ImageJ je dizajniran otvorenim kodom koji dozvoljava proširivanje Java dodacima i snimljenim makro naredbama. Moguće je razvijanje prema specifičnim potrebama uz pomoć ImageJ-ovog ugrađenog editora i Java kompajlera. Korisnici mogu sami isprogramirati softverske dodatke koji rješavaju mnoge potrebe obrade i analize slike - od trodimenzionalnog fotografiranja živih stanica, do obrade radioloških slika, usporedbe podataka s nekoliko sustava slika. ImageJ-eva arhitektura dodataka i razvojno okruženje učinili su ga popularnom platformom za učenje obrade slike. ImageJ podržava višestruku analizu slika, pa vremenski zahtjevnije operacije mogu biti odrađene usporedno na više procesorskim hardverima. ImageJ može statistički obračunati područja i vrijednosti piksela, može mjeriti udaljenosti i kutove, stvarati histograme. Podržava uobičajene funkcije obrade slike kao što su logičke i aritmetičke operacije između slika, manipulacije kontrastima, furierove analize, izoštravanje, zaglađivanje, otkrivanje rubova i median filtriranje. Izvodi geometrijske transformacije kao skaliranje, rotacije i preslikavanja.

### 3.6 *Metodologija rada*

Otisci za ispitivanje biti će tiskani u realnoj grafičkoj proizvodnji na novinskoj, ofsetnoj rotaciji u firmi „Tiskara Zagreb“ na jednom tiskarskom agregatu stroja u nekalibriranom, ali lineariziranom tiskarskom procesu na rasponu 10.000 otisaka. Koristiti će se procesna bojila pod postavljenim uvjetima preporučenima prema ISO standardu 12647-3: 2004 kojima su definirani uvjeti proizvodnje u novinskom, ofsetnom tisku. Kontrola kvalitete reprodukcije pratiti će se na osnovi vizualne kontrole i integralne gustoće obojenja ( $D_i$ ). Najmanja vrijednost integralne gustoće obojenja biti će preporučena vrijednost međunarodnih ISO standarda.

Nakon otiska u prvoj fazi ispitivanja odrediti će se kvaliteta raspona gustoće obojenja koja će se obaviti vizualnom metodom na poljima kontrolnog stripa od 2%, 3%, 5%, 7%, 9%, 91%, 93%, 95%, 97% i 99% rastertonske vrijednosti. Na otiscima će biti otisnuta i polja kontrolnog stripa s rasterskim elementima rastertonske vrijednosti 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% i 100%, pa će se mjerenjem integralne gustoće obojenja omogućiti i izračun prirasta rastertonskih vrijednosti, te izradu krivulja prirasta rastertonskih vrijednosti.

Analiza ukupne kvalitete reprodukcije definirati će se uz pomoć mjernih i vizualnih ispitivanja preko elemenata koje će sadržavati tiskovna forma. Mjernim ispitivanjima će se istražiti kvalitativni parametri na otiscima, a na osnovi tih mjerenja moći će se objektivno opisati ukupna kvaliteta naklade.

Osim signalnih i mjernih stripova, na formi će se nalaziti i višebojni motivi s različitim dominantnim tonalitetima kako bi se mogla ustanoviti kvaliteta tiska binokularnim simultanim usuglašavanjem. Ispitivanje će biti obavljeno u uvjetima propisanim međunarodnim standardima ISO 3664 i 12647-2 na uzorku od 75 ispitanika, dobne granice od 20 do 60 godina.

Navedeni motiv zajedno s elementima za kontrolu kvalitete tiska modificirat će se za malu vrijednost od 3% u srednjim tonalitetima i radit će se istraživanje s kojim će se konstruirati krivulja prirasta rastertonskih vrijednosti kada dolazi do modifikacije u obojenju cijan, magenta, žute i crne boje.

Spektrofotometrijskom analizom uzoraka dobiti će se podaci za izradu krivulja refleksije pomoću kojih će se odrediti utjecaj tiskovne podloge na kvalitetu reprodukcije.

Uzorci će se analizirati i digitalnim mikroskopom i softverom za slikovnu analizu koji će dati saznanja o utjecaju tiskovne podloge na ukupni prirast rasterskog elementa kod hibridne teh-

nologije rastriranja.

Nakon obavljenih analiza, preporučiti će se novi standardi kvalitete tiska na korištenim repromaterijalima nove generacije. Analiza rezultata, te diskusija biti će bazirana na usporedbi kvalitativnih parametara kao i na vizualnim analizama kvalitete reprodukcije.

## 4 Rezultati istraživanja

### 4.1 Mjerna analiza

#### 4.1.1 Izračunavanje stvarne rastertonske vrijednosti

Na kontrolnom stripu, pomoću kojega je izvedeno ispitivanje, otisnuta su polja s rastertonskim vrijednostima 2%, 3%, 5%, 7%, 9%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 91%, 93%, 95%, 97%, 99% i 100 % (slika 67).

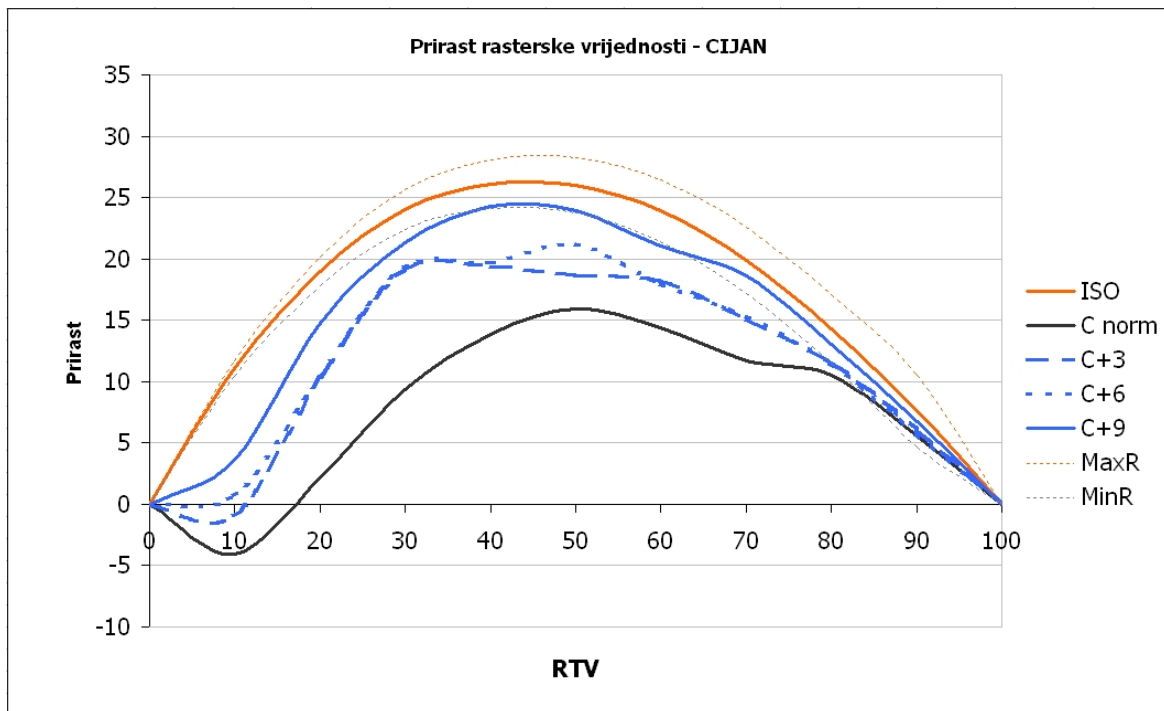


Slika 67: Kontrolni strip na kojemu se radilo mjerenje (dimenzije jednog polja su 5x5 mm)

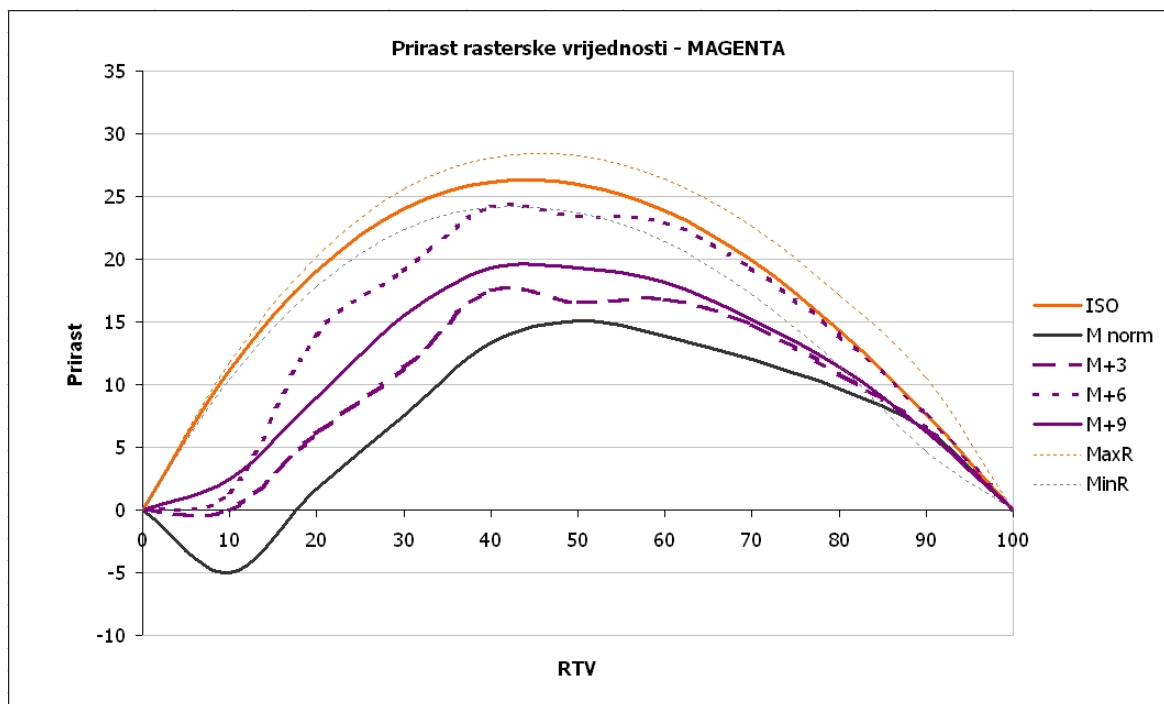
U ispitivanju, na više uzoraka se denzitometrom mjerila gustoća obojenja, kako bi se anulirala mjerna pogreška. Iz aritmetičkih sredina mjerenja, pomoću Murray-Daviesove jednadžbe (formula 12.) izračunata je stvarna rastertonska vrijednost, a potom i prirast rastertonske vrijednosti. U Prilogu 2 nalazi se Tablica 37. s podacima izračuna za cijan, magenta, žutu i crnu komponentu.

#### 4.1.2 Konstrukcija krivulja i krivulja ISO standarda

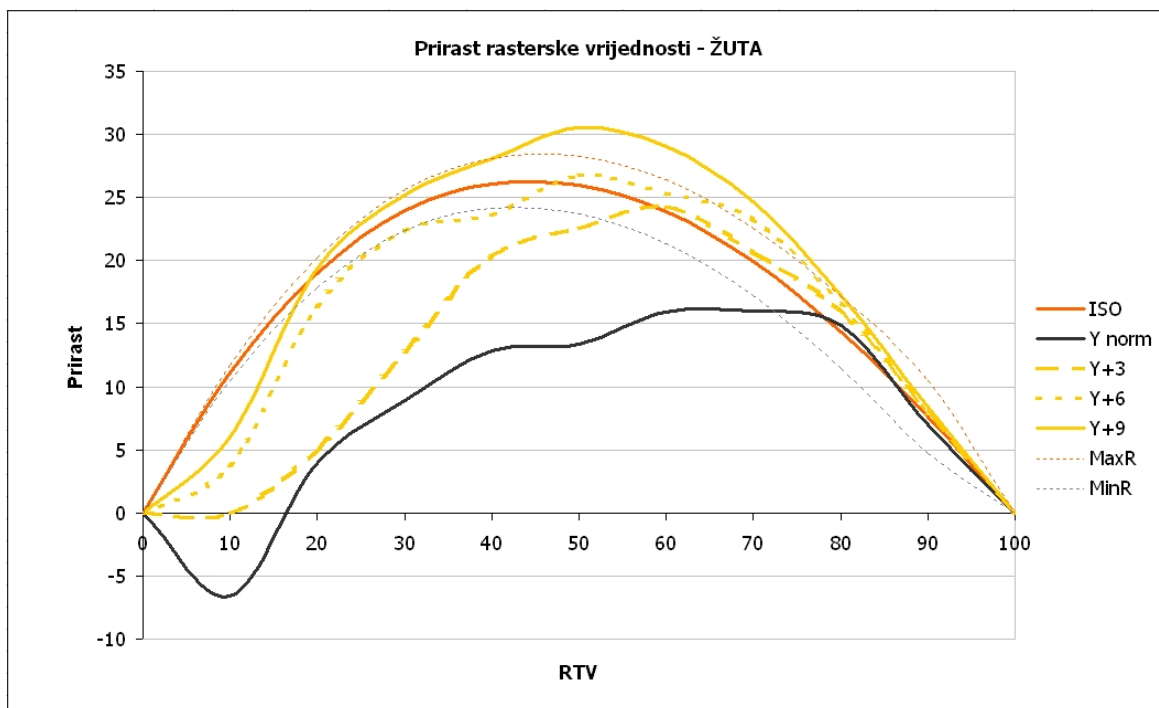
Na osnovu izračuna stvarne rastertonske vrijednosti pomoću Murray-Daviesove jednadžbe, te potom prirasta rastertonskih vrijednosti, izrađene su krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti i krivulje stvarnih rastertonskih vrijednosti (teži se postizanju ISO krivulje). ISO krivulja propisana je ISO 12647-3:2004 standardom kao presjek rezultata koji se optimalno mogu dobiti u relevantnim tiskarskim proizvodnjama na europskom tržištu. ISO krivulja tiče se klasičnog AM rastera, što hibridni raster velikim dijelom i jest, pa je važna i za valorizaciju krivulja rastertonskih vrijednosti i ove tehnologije rastriranja. MaxR (gornja granica odstupanja) i MinR (donja granica odstupanja) krivulje na slikama omeđuju područje +/- 10% u odnosu na ISO krivulju, unutar kojega se odstupanje rezultata smatra zadovoljavajućim zbog nesavršenosti tiskarskog procesa kao i mjernih rezultata.



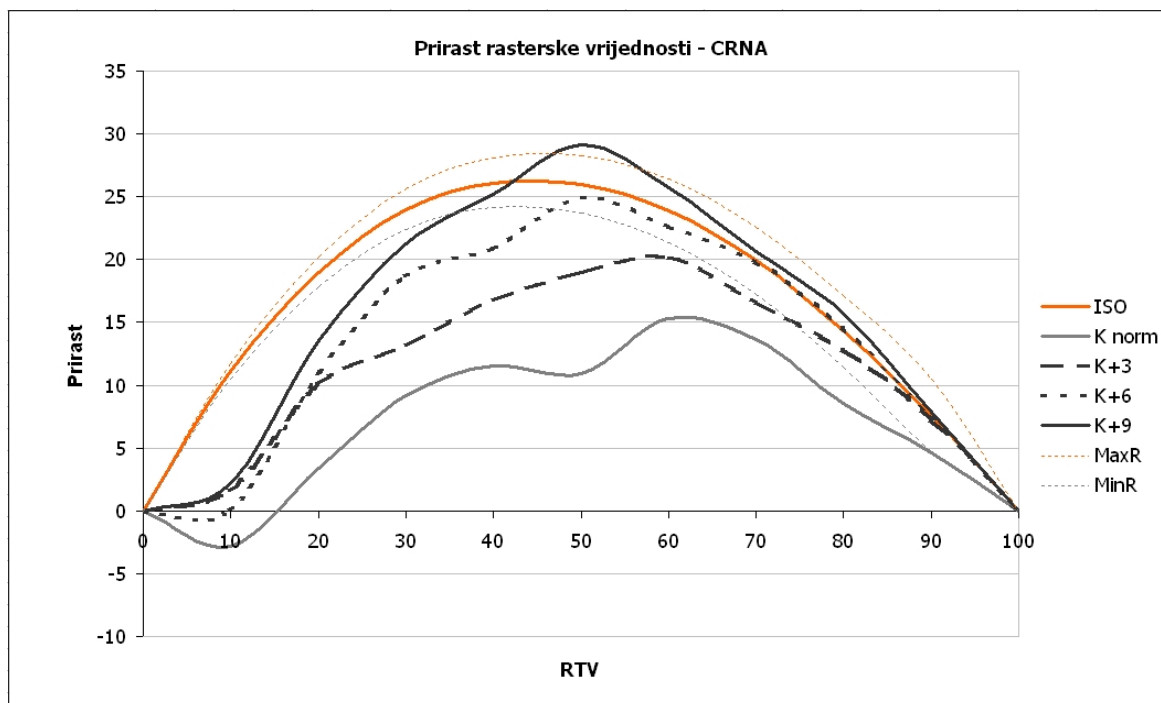
Slika 68: Krivulje prirasta rastertonske vrijednosti na uzorcima s nemodificiranim prirastom cijan (C) komponente i modificiranim +3%, +6% i +9% u odnosu na standard ISO 12647-3:2004.



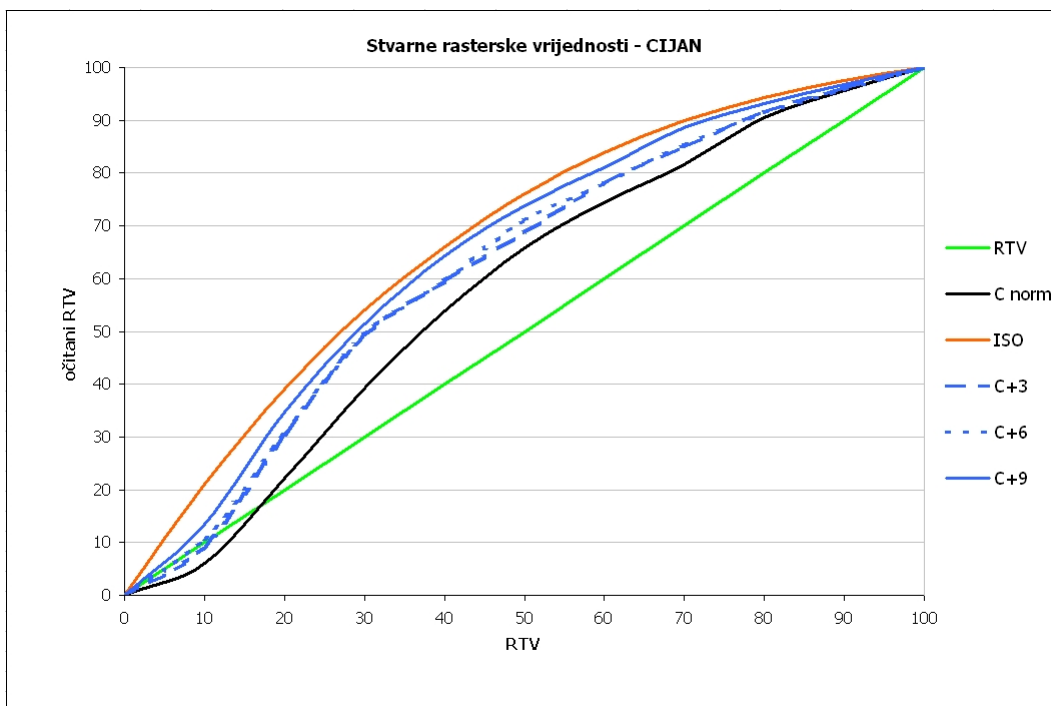
Slika 69: Krivulje prirasta rastertonske vrijednosti na uzorcima s nemodificiranim prirastom magenta (M) komponente i modificiranim +3%, +6% i +9% u odnosu na standard ISO 12647-3:2004.



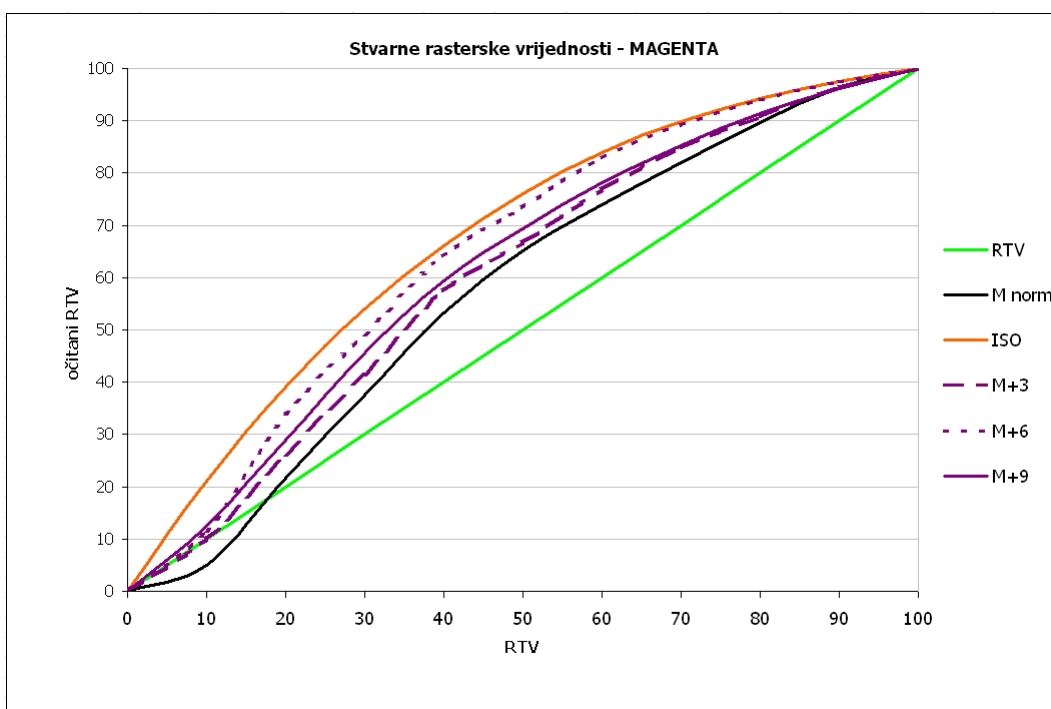
Slika 70: Krivulje prirasta rastertonske vrijednosti na uzorcima s nemodificiranim prirastom žute (Y) komponente i modificiranim +3%, +6% i +9% u odnosu na standard ISO 12647-3:2004.



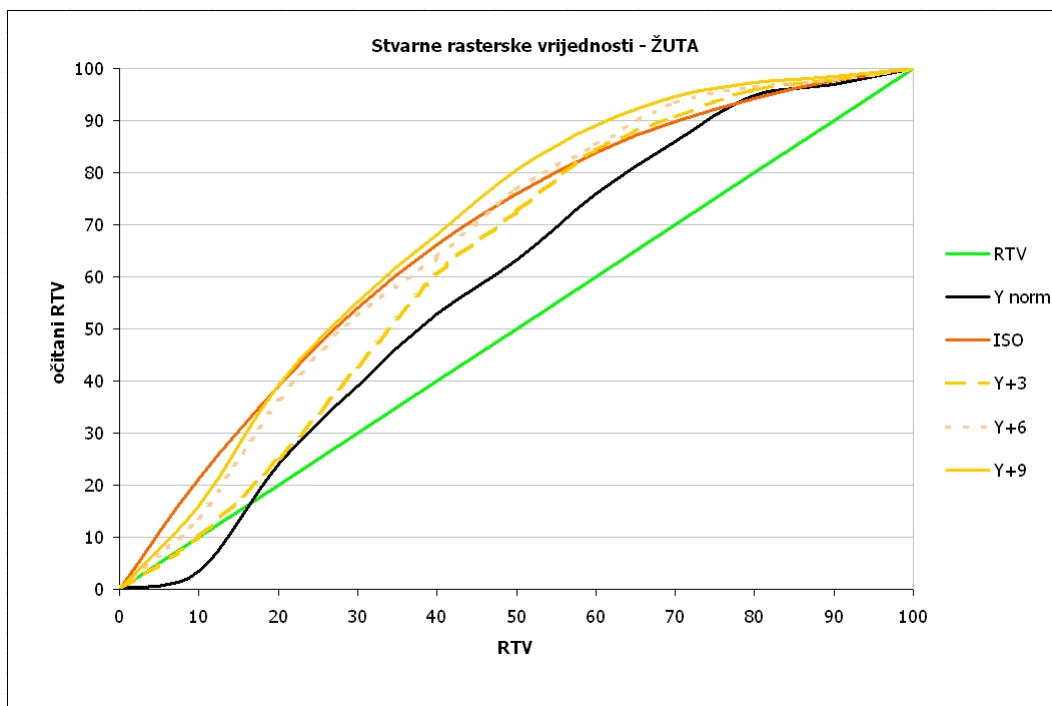
Slika 71: Krivulje prirasta rastertonske vrijednosti na uzorcima s nemodificiranim prirastom crne (K) komponente i modificiranim +3%, +6% i +9% u odnosu na standard ISO 12647-3:2004.



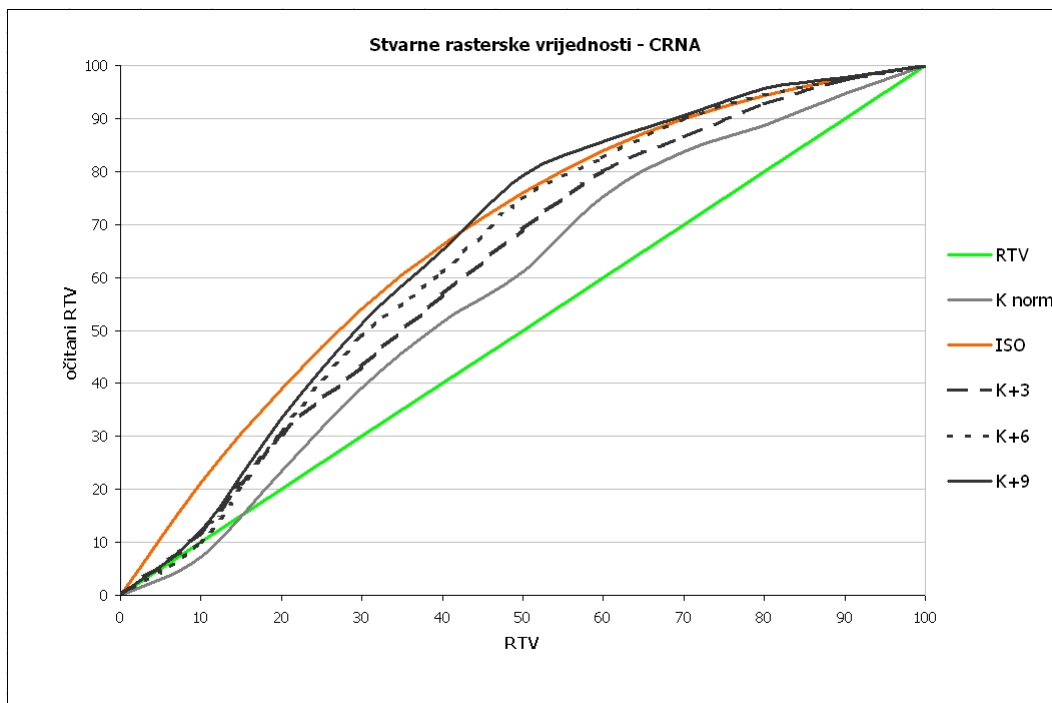
Slika 72: Krivulje stvarne rastertonske vrijednost na uzorcima s nemodificiranim prirastom cijan (C) komponente i modificiranim +3%, +6% i +9% u odnosu na standard ISO 12647-3:2004.



Slika 73: Krivulje stvarne rastertonske vrijednost na uzorcima s nemodificiranim prirastom magenta (M) komponente i modificiranim +3%, +6% i +9% u odnosu na standard ISO 12647-3:2004.



Slika 74: Krivulje stvarne rasterske vrijednosti na uzorcima s nemodificiranim prirastom žute (Y) komponente i modificiranim +3%, +6% i +9% u odnosu na standard ISO 12647-3:2004.

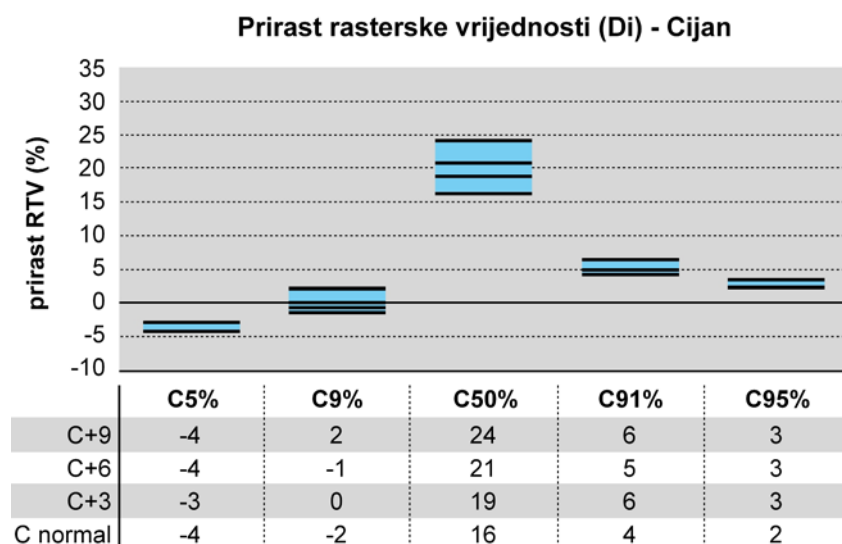


Slika 75: Krivulje stvarne rastertonske vrijednosti na uzorcima s nemodificiranim prirastom crne (K) komponente i modificiranim +3%, +6% i +9% u odnosu na standard ISO 12647-3:2004.

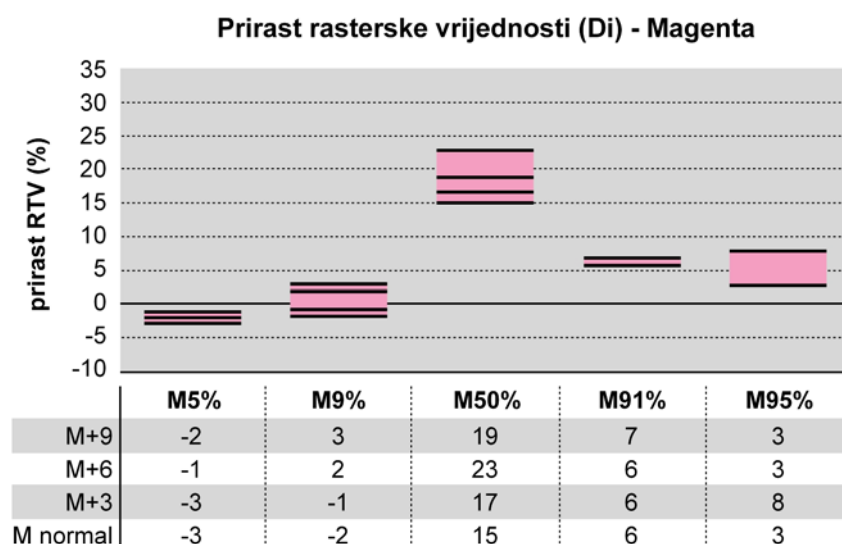


### 4.1.3 Određivanje raspona prirasta rastertonske vrijednosti (Di)

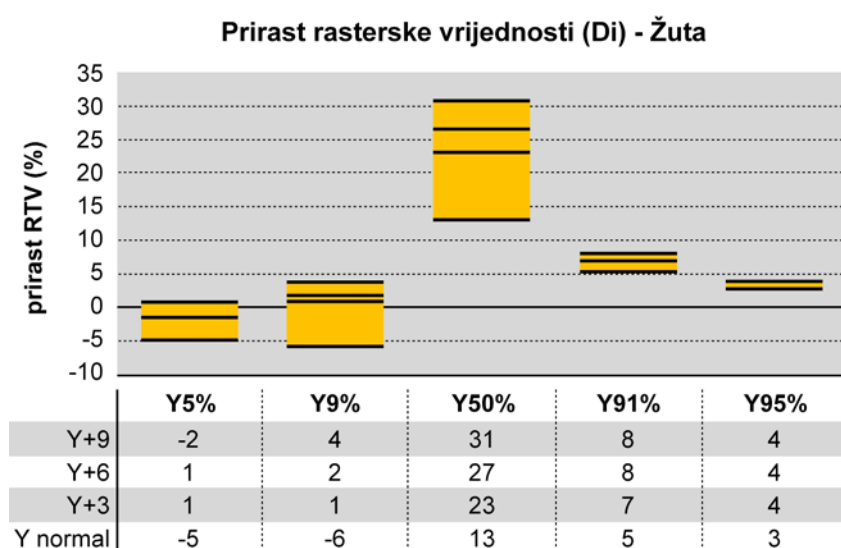
Na osnovu podataka dobivenih mjerenjem prirasta rastertonske vrijednosti na mjernim poljima rastertonske vrijednosti 5%, 9%, 50%, 91% i 95% s nemodificiranim prirastom rastertonske vrijednosti, te s modifikacijom +3%, +6% i +9%, odredio se raspon vrijednosti u kojemu se prirast kreće prema denzitometrijskom mjerenju.



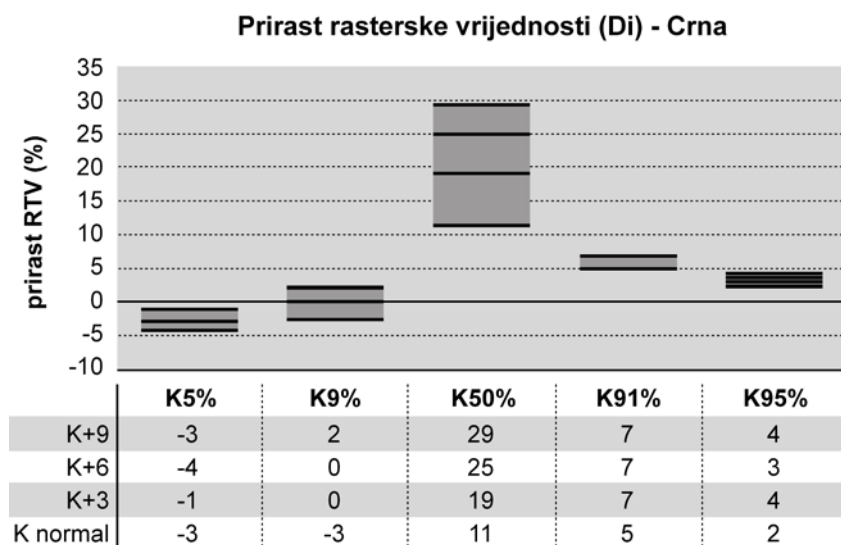
Slika 76: Pokazuje raspon prirasta rastertonske vrijednosti za uzorke s modificiranom i nemodificiranom cijan (C) komponentom na odabranim rastertonskim vrijednostima



Slika 77: Pokazuje raspon prirasta rastertonske vrijednosti za uzorke s modificiranom i nemodificiranom magenta (M) komponentom na odabranim rastertonskim vrijednostima



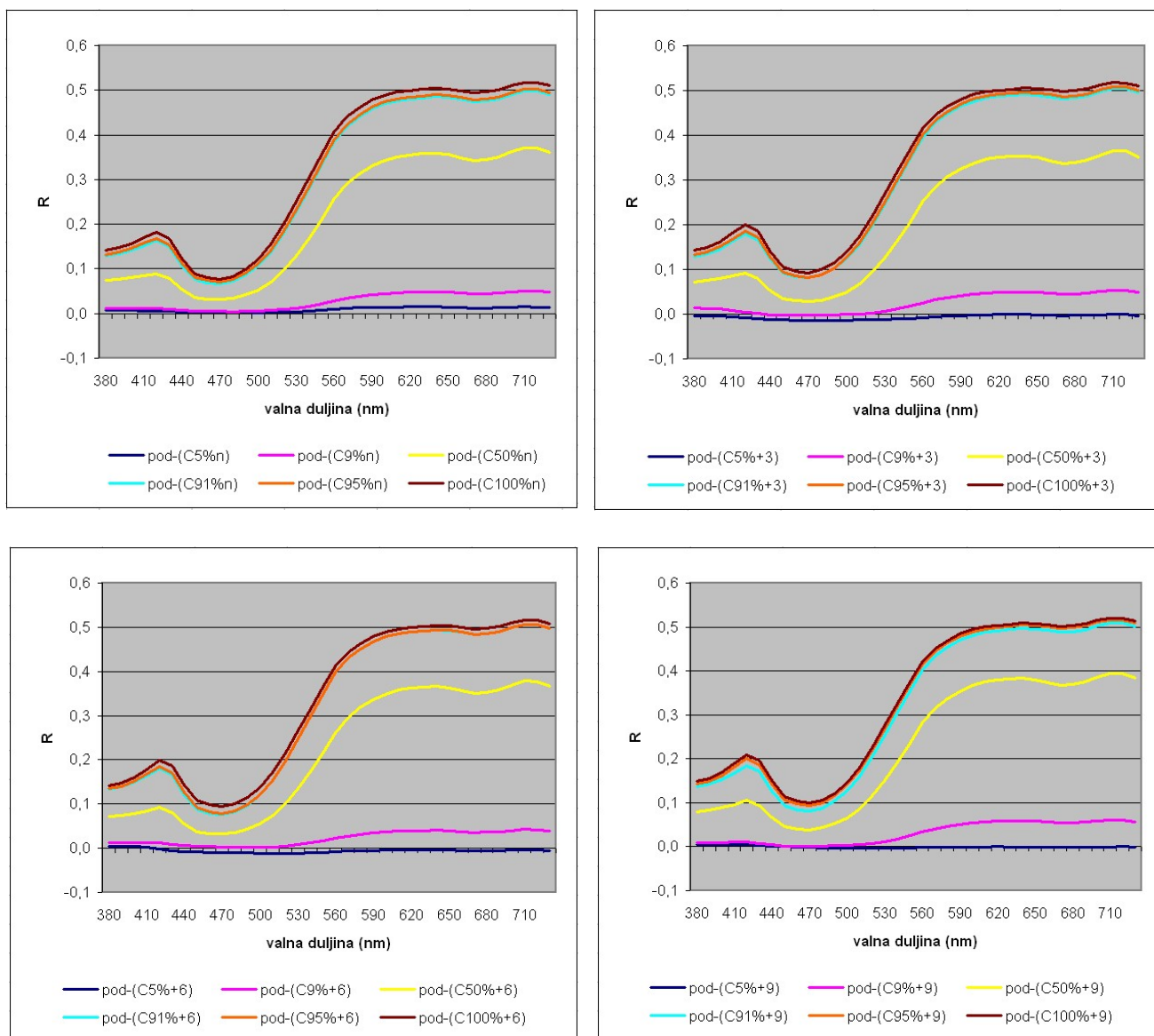
Slika 78: Pokazuje raspon prirasta rastertonske vrijednosti za uzorke s modificiranom i nemo-modificiranom žutom (Y) komponentom na odabranim rastertonskim vrijednostima



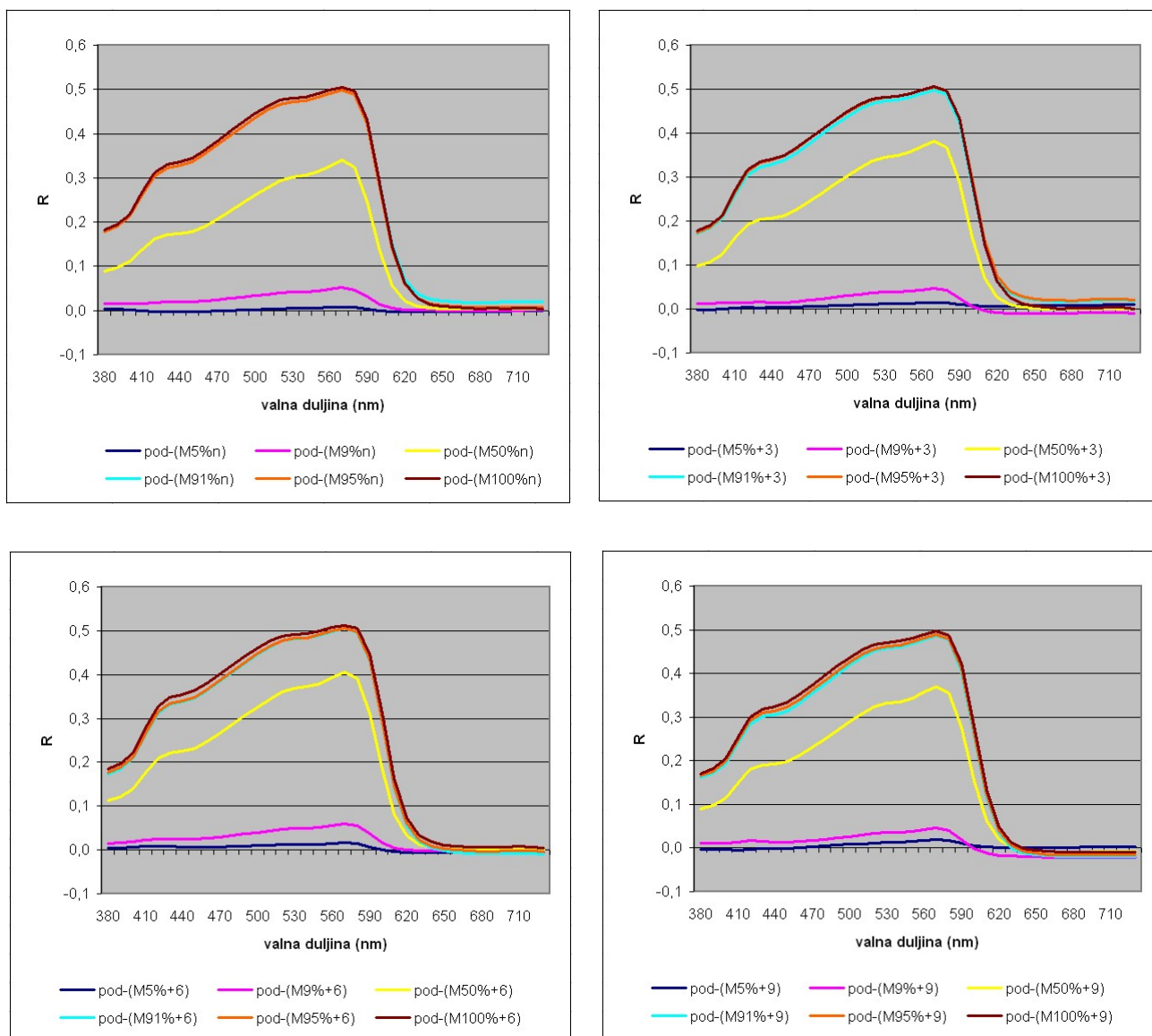
Slika 79: Pokazuje raspon prirasta rastertonske vrijednosti za uzorke s modificiranom i nemo-modificiranom crnom (K) komponentom na odabranim rastertonskim vrijednostima

#### 4.1.4 Vrijednosti spektralne refleksije (spektrofotometrijske krivulje)

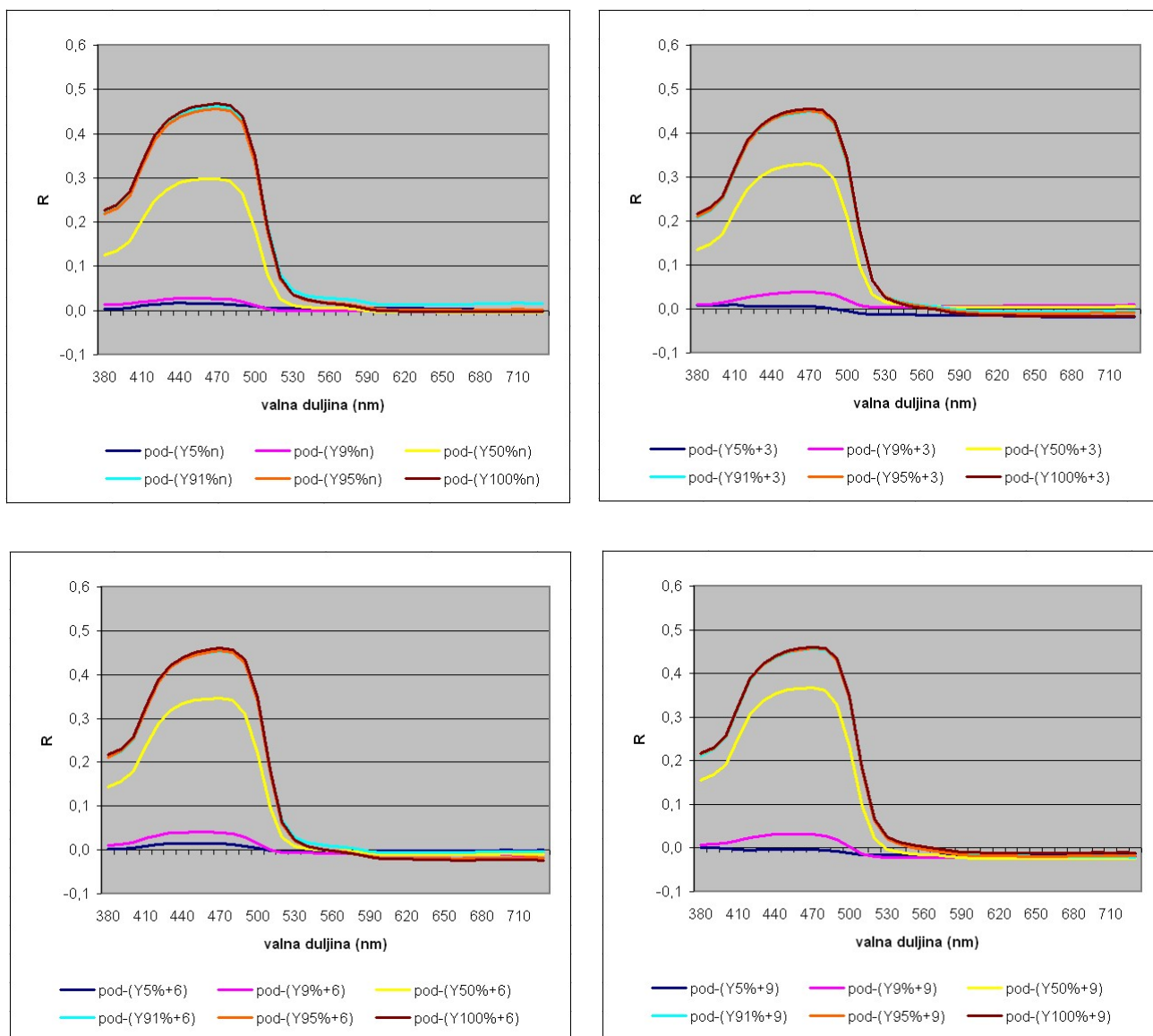
Spektrofotometrom su izmjerene spektralne vrijednosti na promatranim poljima rastertonske vrijednosti 5%, 9%, 50%, 91% i 95%, kao i polja s nemodificiranim, te modificiranim priras-tom rastertonske vrijednosti +3%, +6% i +9%. Izmjerene su i spektralne vrijednosti refleksije tiskovne podloge, kao i punog polja. Potom je neutraliziran utjecaj refleksije tiskovne podlo-ge.



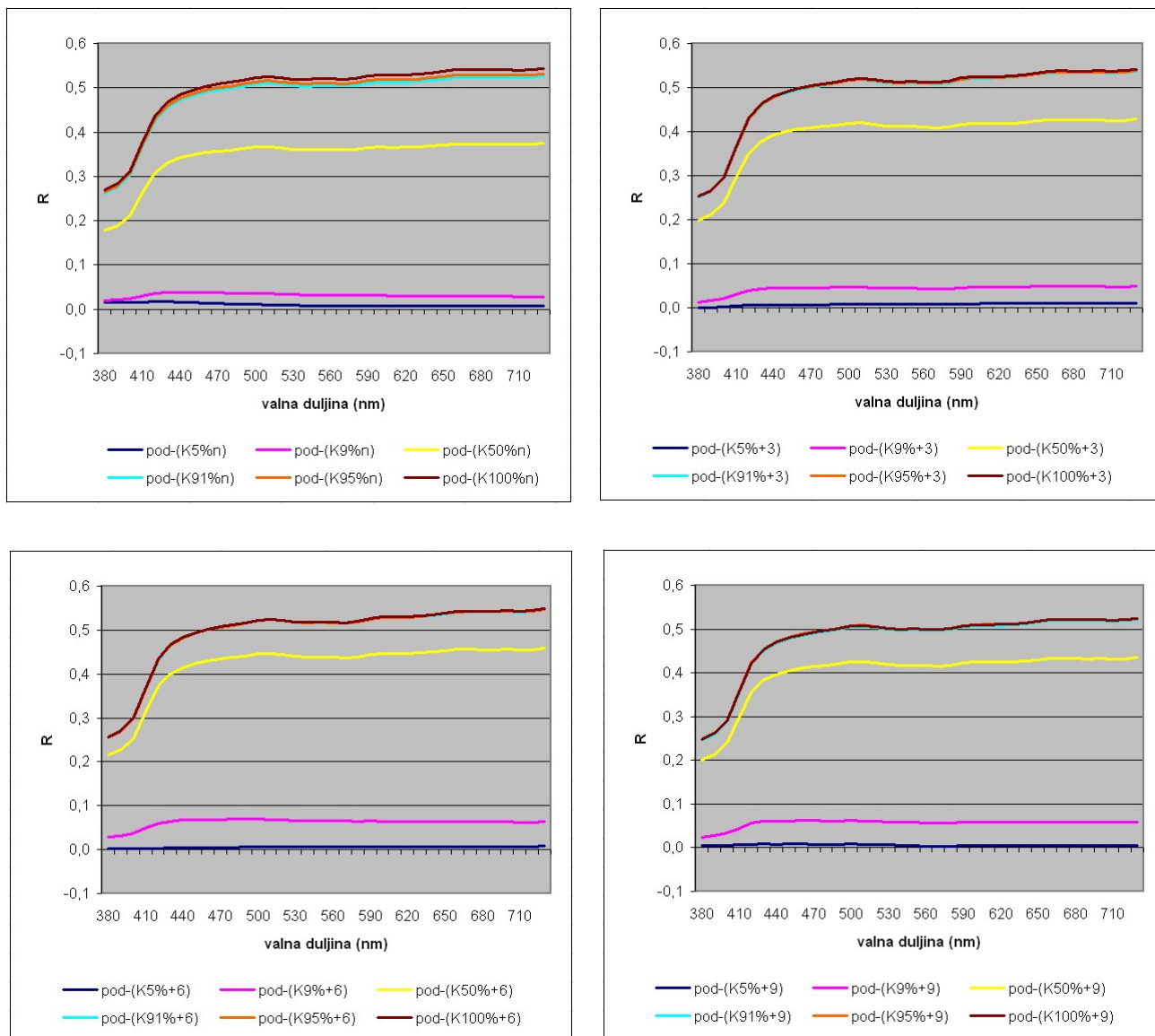
Slika 80: Usporedba spektralne refleksije na promatranim poljima RTV 5%, 9%, 50%, 91% i 95% s nemodificiranom i modificiranom cijan (C) komponentom. Utjecaj refleksije tiskovne podloge je neutraliziran.



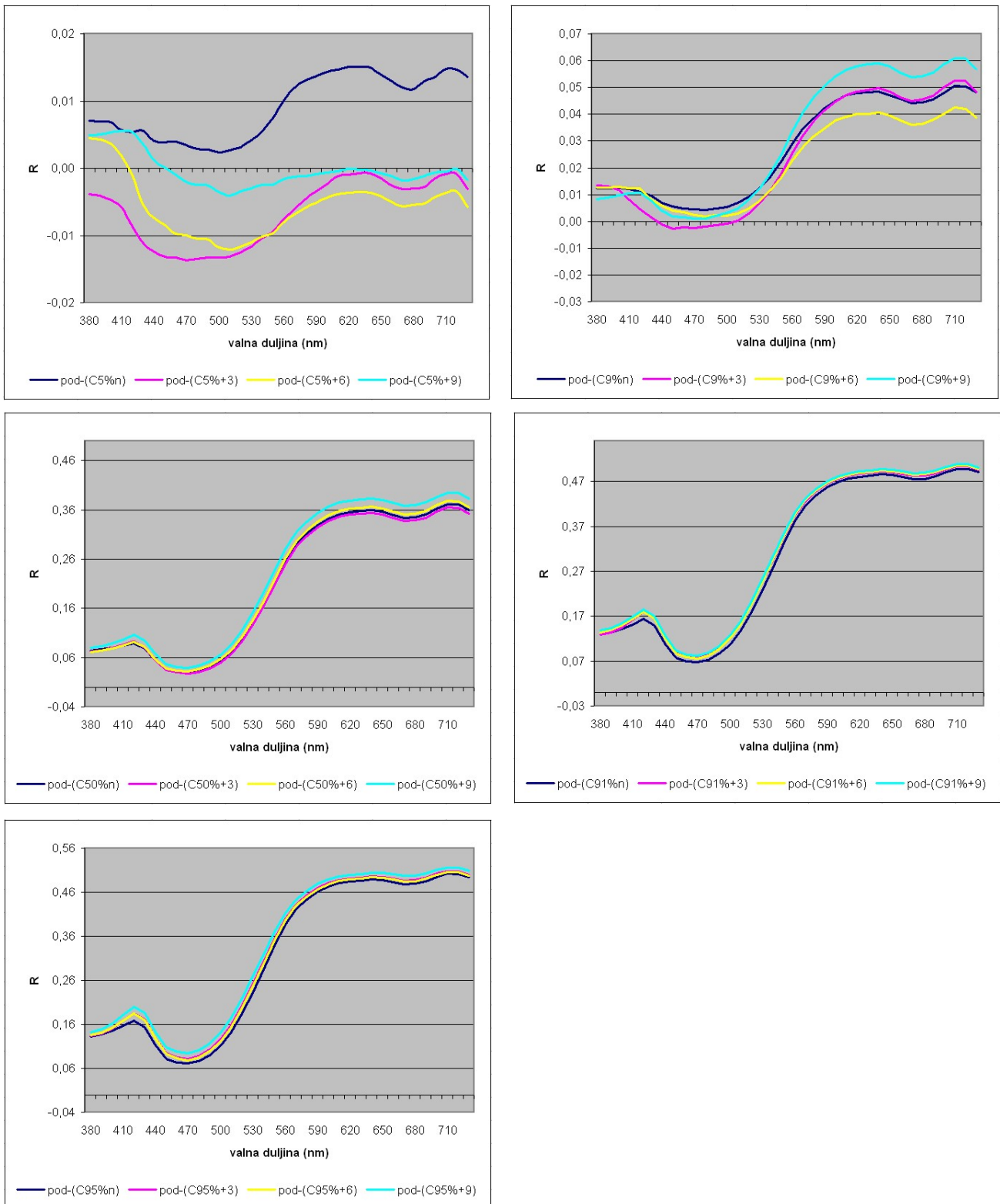
Slika 81: Usporedba spektralne refleksije na promatranim poljima RTV 5%, 9%, 50%, 91% i 95% s nemodificiranom i modificiranom magenta (M) komponentom. Utjecaj refleksije tiskovne podloge je neutraliziran.



Slika 82: Usporedba spektralne refleksije na promatranim poljima RTV 5%, 9%, 50%, 91% i 95% s nemodificiranom i modificiranom žutom (Y) komponentom. Utjecaj refleksije tiskovne podloge je neutraliziran.

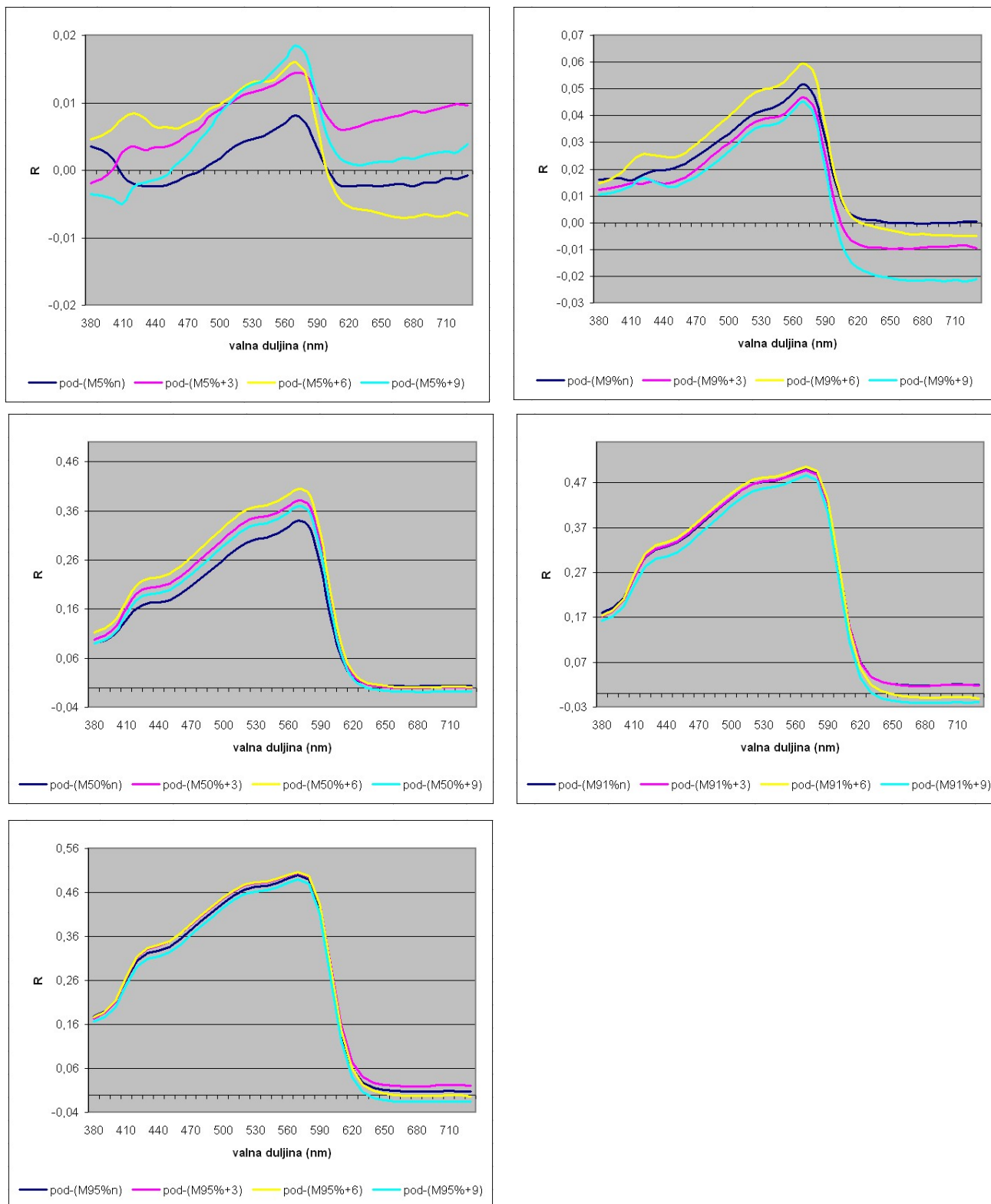


Slika 83: Usporedba spektralne refleksije na promatranim poljima RTV 5%, 9%, 50%, 91% i 95% s nemodificiranom i modificiranom crnom (K) komponentom. Utjecaj refleksije tiskovne podloge je neutraliziran.



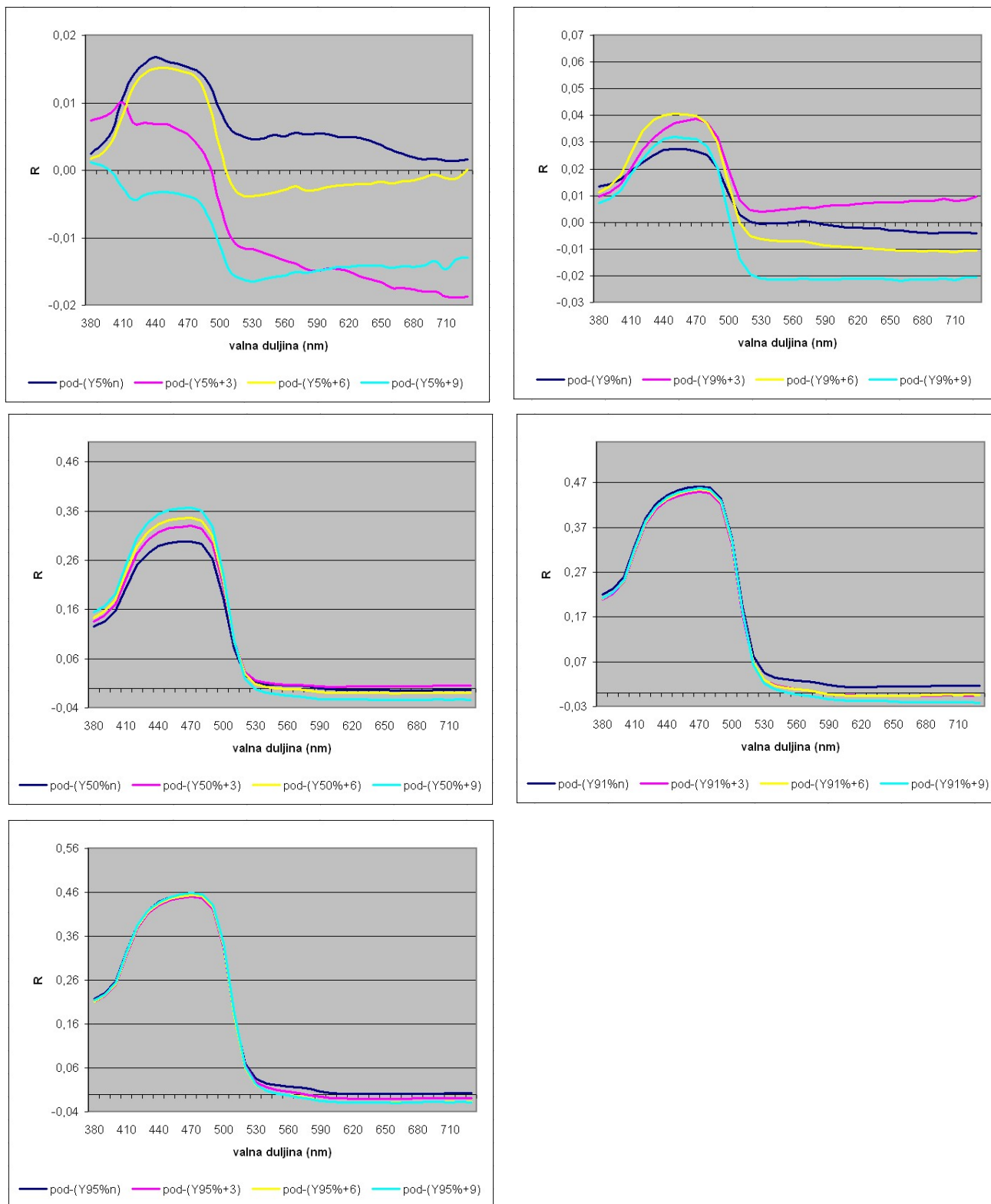
Slika 84: Usporedba spektralne refleksije na promatranim poljima RTV 5%, 9%, 50%, 91% i 95% najprije s nemodificiranom, a potom i modificiranom cijan (C) komponentom za +3%, +6%, +9% prirasta rastertonske vrijednosti. Utjecaj refleksije tiskovne podloge je neutraliziran.



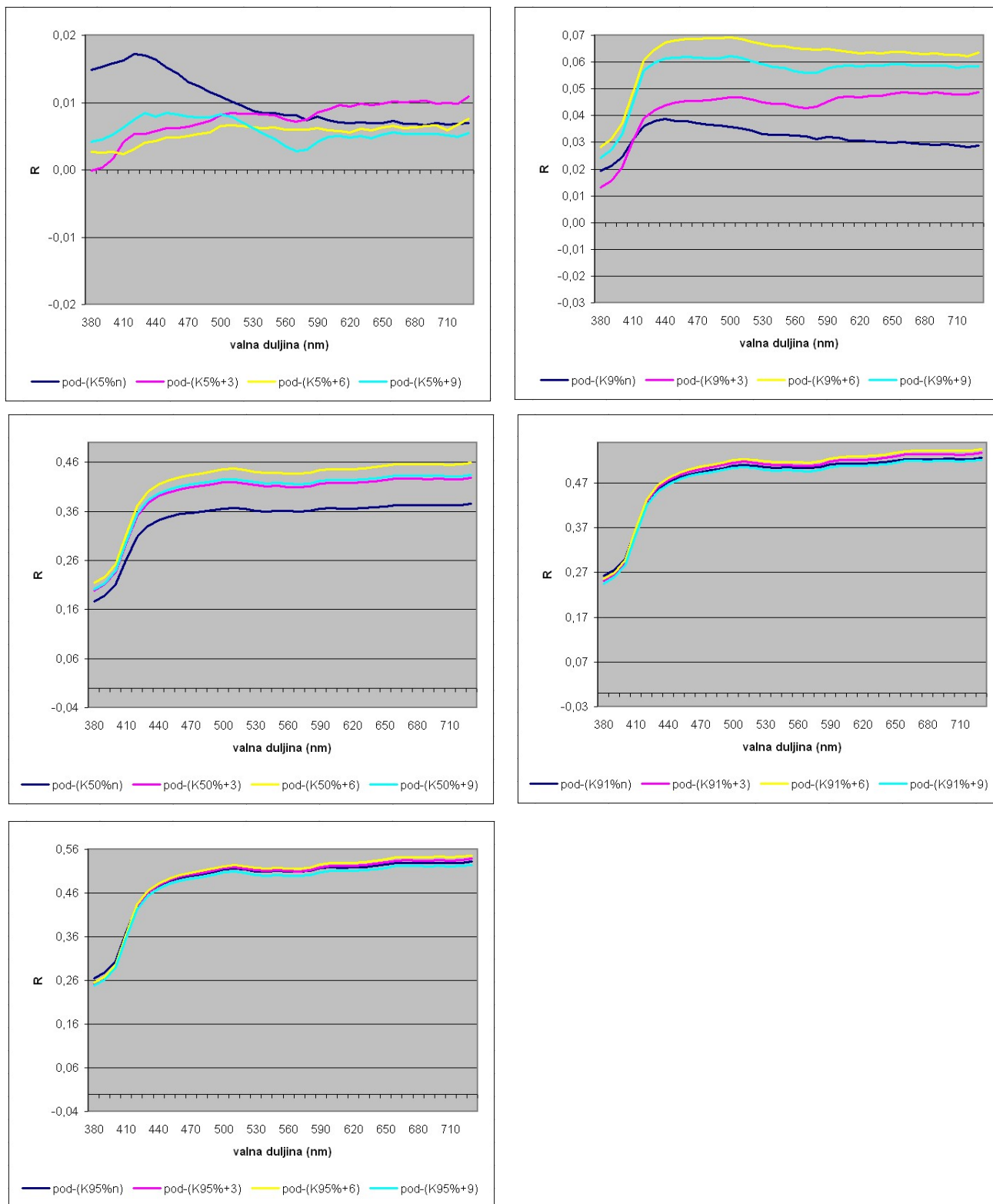


Slika 85: Usporedba spektralne refleksije na promatranim poljima RTV 5%, 9%, 50%, 91% i 95% najprije s nemodificiranom, a potom i modificiranom magenta (M) komponentom za +3%, +6%, +9% prirasta rastertonske vrijednosti. Utjecaj refleksije tiskovne podloge je neutraliziran.





Slika 86: Usporedba spektralne refleksije na promatranim poljima RTV 5%, 9%, 50%, 91% i 95% najprije s nemodificiranom, a potom i modificiranom žutom (Y) komponentom za +3%, +6%, +9% prirasta rastertonske vrijednosti. Utjecaj refleksije tiskovne podloge je neutraliziran.



Slika 87: Usporedba spektralne refleksije na promatranim poljima RTV 5%, 9%, 50%, 91% i 95% najprije s nemodificiranom, a potom i modificiranom crnom (K) komponentom za +3%, +6%, +9% prirasta rastertonske vrijednosti. Utjecaj refleksije tiskovne podloge je neutraliziran.

## **4.2 Slikovna analiza**

### **4.2.1 Analiza ukupnog prirasta rastertonske vrijednosti**

Digitalnim mikroskopom, Dinolight, fotografirana su mjerna polja na otiscima RTV 5%, 9%, 50%, 91% i 95% s nemodificiranim i modificiranim cijan, magenta, žutom i crnom komponentom za +3%, +6%, +9% prirasta rastertonske vrijednosti.

Softverom za slikovnu analizu, ImageJ, polja su uspoređena i analizirana.

Također su analizirana mjerna polja dobivena s RIP (raster image processing) servera prije osvjetljavanja tiskovnih ploča i prije procesa tiska.

Podaci dobiveni na mjernim poljima, u navedene dvije faze tiskarskog procesa, poslužili su za dobivanje ukupnog prirasta rastertonske vrijednosti i to na način da su pomoću softvera za slikovnu analizu oduzeti grafički prikazi, te je dobivena razlika otisnutih elemenata, bez prirasta rasterske vrijednosti koja nastaje u procesu tiska.

Dobiveni podaci komparirani su slikovnom analizom, a kao rezultat dobiven je realni prirast rastertonske vrijednosti.

Usporedba je prikazana grafičkim prikazom s pratećim rezultatima mjerenja i vidi se na tablicama od 8 do 11.

Tablica 8: Grafički prikaz i mjerni podaci dobiveni oduzimanjem otiska i RIP prikaza mjernog polja za cijan (C) komponentu pri RTV 5%, 9%, 50%, 91% i 95%, nemodificiranog prirasta rastertonske vrijednosti i modificiranog za +3%, +6% i +9%

	Slikovna analiza RTV normal	Slikovna analiza RTV +3	Slikovna analiza RTV +6	Slikovna analiza RTV +9
<b>RTV C5%</b>				
ukupan broj čestica	547	583	303	269
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,293	0,265	0,128	0,094
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004
pokrivenost promatranog polja (%)	1,3	1,2	0,6	0,4
<b>RTV C9%</b>				
ukupan broj čestica	318	1175	522	550
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,109	0,439	0,207	0,205
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0003	0,0004	0,0004	0,0004
pokrivenost promatranog polja (%)	0,5	2	0,9	0,9
<b>RTV C50%</b>				
ukupan broj čestica	2784	2745	2939	2591
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	4,394	2,205	4,648	3,719
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0016	0,0008	0,0016	0,0001
pokrivenost promatranog polja (%)	19,6	9,8	20,7	16,6
<b>RTV C91%</b>				
ukupan broj čestica	212	2362	337	242
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,157	0,760	1,652	1,531
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0007	0,0003	0,0049	0,0063
pokrivenost promatranog polja (%)	0,7	3,4	7,4	6,8
<b>RTV C95%</b>				
ukupan broj čestica	187	191	183	177
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,089	1,031	1,015	0,903
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0058	0,0054	0,0056	0,0051
pokrivenost promatranog polja (%)	4,9	4,6	4,5	4



Tablica 9: Grafički prikaz i mjerni podaci dobiveni oduzimanjem otiska i RIP prikaza mjernog polja za magenta (M) komponentu pri RTV 5%, 9%, 50%, 91% i 95%, nemodificiranog prirasta rastertonske vrijednosti i modificiranog za +3%, +6% i +9%

	Slikovna analiza RTV normal	Slikovna analiza RTV +3	Slikovna analiza RTV +6	Slikovna analiza RTV +9
<b>RTV M5%</b>				
ukupan broj čestica	400	578	945	569
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,166	0,240	0,361	0,258
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0004	0,0004	0,0004	0,0005
pokrivenost promatranog polja (%)	0,7	1,1	1,6	1,2
<b>RTV M9%</b>				
ukupan broj čestica	1013	761	775	1127
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,518	0,314	0,429	0,354
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0005	0,0004	0,0006	0,0003
pokrivenost promatranog polja (%)	2,3	1,4	1,9	1,6
<b>RTV M50%</b>				
ukupan broj čestica	3463	3096	2974	3059
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	3,212	3,375	3,683	4,177
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0009	0,0011	0,0012	0,0014
pokrivenost promatranog polja (%)	13,6	14,3	15,6	17,7
<b>RTV M91%</b>				
ukupan broj čestica	359	293	266	211
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,863	2,096	1,762	1,522
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0052	0,0072	0,0066	0,0072
pokrivenost promatranog polja (%)	8,3	9,3	7,9	6,8
<b>RTV M95%</b>				
ukupan broj čestica	178	197	155	149
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,136	1,150	1,060	0,930
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0064	0,0058	0,0068	0,0062
pokrivenost promatranog polja (%)	5,1	5,1	4,7	4,1

Tablica 10: Grafički prikaz i mjerni podaci dobiveni oduzimanjem otiska i RIP prikaza mjernog polja za žutu (Y) komponentu pri RTV 5%, 9%, 50%, 91% i 95%, nemodificiranog pri-rasta rastertonske vrijednosti i modificiranog za +3%, +6% i +9%

	Slikovna analiza RTV normal	Slikovna analiza RTV +3	Slikovna analiza RTV +6	Slikovna analiza RTV +9
<b>RTV Y5%</b>				
ukupan broj čestica	249	450	861	800
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,100	0,232	0,417	0,295
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0004	0,0005	0,0005	0,0004
pokrivenost promatranog polja (%)	0,4	1	1,9	1,3
<b>RTV Y9%</b>				
ukupan broj čestica	149	248	472	938
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,053	0,108	0,150	0,437
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0004	0,0004	0,0003	0,0005
pokrivenost promatranog polja (%)	0,2	0,5	0,7	1,9
<b>RTV Y50%</b>				
ukupan broj čestica	3074	2636	3275	2497
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	2,818	3,394	2,870	3,578
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0009	0,0013	0,0009	0,0014
pokrivenost promatranog polja (%)	12,6	15,1	12,8	16
<b>RTV Y91%</b>				
ukupan broj čestica	375	290	295	232
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,838	1,952	1,688	1,615
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0049	0,0067	0,0057	0,0070
pokrivenost promatranog polja (%)	8,2	8,7	7,5	7,2
<b>RTV Y95%</b>				
ukupan broj čestica	181	154	146	135
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,120	1,089	1,051	0,833
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0062	0,0071	0,0072	0,0062
pokrivenost promatranog polja (%)	5	4,9	4,7	3,7

Tablica 11: Grafički prikaz i mjerni podaci dobiveni oduzimanjem otiska i RIP prikaza mjernog polja za crnu (K) komponentu pri RTV 5%, 9%, 50%, 91% i 95%, nemodificiranog prirasta rastertonske vrijednosti i modificiranog za +3%, +6% i +9%

	Slikovna analiza RTV normal	Slikovna analiza RTV +3	Slikovna analiza RTV +6	Slikovna analiza RTV +9
<b>RTV K5%</b>				
ukupan broj čestica	306	256	419	469
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,108	0,057	0,130	0,141
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0004	0,0002	0,0003	0,0003
pokrivenost promatranog polja (%)	0,5	0,3	0,6	0,6
<b>RTV K9%</b>				
ukupan broj čestica	492	308	721	832
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,094	0,046	0,187	0,222
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0002	0,0002	0,0003	0,0003
pokrivenost promatranog polja (%)	0,4	0,2	0,8	1
<b>RTV K50%</b>				
ukupan broj čestica	2229	2496	2538	2385
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,087	3,307	3,535	3,024
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0005	0,0013	0,0014	0,0013
pokrivenost promatranog polja (%)	4,8	14,8	15,8	13,5
<b>RTV K91%</b>				
ukupan broj čestica	1102	284	262	227
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,890	1,783	1,161	1,439
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0008	0,0063	0,0062	0,0063
pokrivenost promatranog polja (%)	4	8	7,2	6,4
<b>RTV K95%</b>				
ukupan broj čestica	426	167	167	134
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,219	0,985	0,858	0,813
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0029	0,0059	0,0051	0,0060
pokrivenost promatranog polja (%)	5,4	4,4	3,8	3,6

#### **4.2.2 Analiza utjecaja podloge na prirast rastertonske vrijednosti**

Mjerna polja s rastertonskim vrijednostima od 5%, 9%, 50%, 91% i 95% fotografirana su na otiscima, digitalnim mikroskopom Dinolight, te su analizirana pomoću softvera za slikovnu analizu ImageJ.

Isto je učinjeno i s uzorcima s modificiranim komponentama +3%, +6% i +9%, te uzorkom s nemodificiranom komponentom.

Na poljima su analizirane vrijednosti ukupnog broja čestica, ukupne površine čestica, prosječne veličine čestica i pokrivenosti promatranog polja na uzorku.

Kao rezultat svih analiza došlo se do podataka o utjecaju nečistoće iz reciklirane tiskovne podloge na prirast rastertonske vrijednosti u tisku.

Uzorci na kojima se radilo istraživanje, te podaci dobiveni slikovnom analizom nalaze se u tablicama od 12 do 31.



Tablica 12: Uzroci, na kojima se promatrala cijan (C) komponenta, rastertonske vrijednosti 5% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

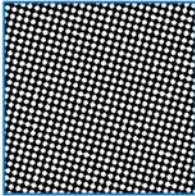
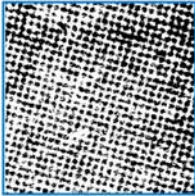
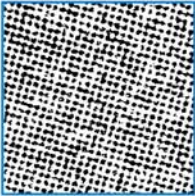
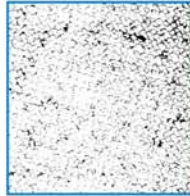
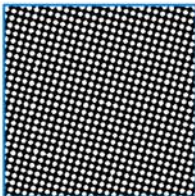
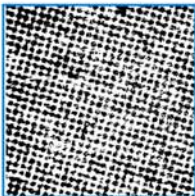
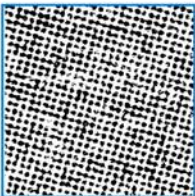
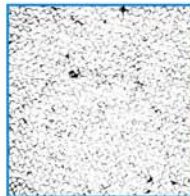
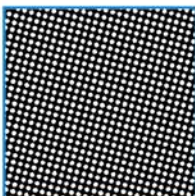
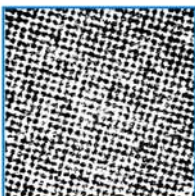
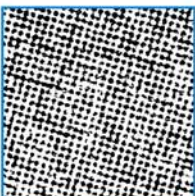

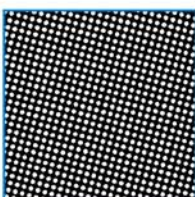
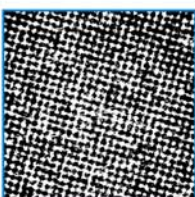
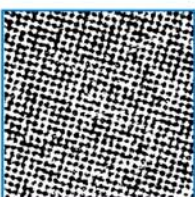
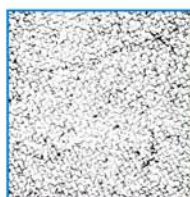
	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV C5% normal</b>				
ukupan broj čestica	648	564	196	<b>1%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,193	0,312	0,083	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0018	0,0006	0,0004	
pokrivenost promatranog polja (%)	5,3	1,4	0,4	
<b>RTV C5%+3</b>				
ukupan broj čestica	723	603	243	<b>0,8%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,153	0,285	0,118	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0016	0,0005	0,0005	
pokrivenost promatranog polja (%)	5,1	1,3	0,5	
<b>RTV C5%+6</b>				
ukupan broj čestica	750	325	172	<b>0,3%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,318	0,140	0,059	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0018	0,0004	0,0003	
pokrivenost promatranog polja (%)	5,9	0,6	0,3	
<b>RTV C5%+9</b>				
ukupan broj čestica	746	273	69	<b>0,3%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,370	0,098	0,026	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0018	0,0004	0,0004	
pokrivenost promatranog polja (%)	6,1	0,4	0,1	

Tablica 13: Uzroci, na kojima se promatrala cijan (C) komponenta, rastertonske vrijednosti 9% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV C9% normal</b>				
ukupan broj čestica	737	824	361	<b>0,8%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	2,067	0,442	0,276	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0028	0,0005	0,0008	
pokrivenost promatranog polja (%)	9,2	2	1,2	
<b>RTV C9%+3</b>				
ukupan broj čestica	742	1293	491	<b>2,4%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	2,156	0,981	0,444	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0029	0,0008	0,0009	
pokrivenost promatranog polja (%)	9,6	4,4	2	
<b>RTV C9%+6</b>				
ukupan broj čestica	751	740	346	<b>0,6%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	2,335	0,383	0,254	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0031	0,0005	0,0007	
pokrivenost promatranog polja (%)	10,4	1,7	1,1	
<b>RTV C9%+9</b>				
ukupan broj čestica	743	817	355	<b>0,8%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	2,475	0,442	0,270	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0033	0,0005	0,0008	
pokrivenost promatranog polja (%)	11	2	1,2	



Tablica 14: Uzroci, na kojima se promatrala cijan (C) komponenta, rastertonske vrijednosti 50% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV C50% normal</b>				
ukupan broj čestica	35	1212	659	<b>4%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	11,197	9,142	8,257	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,3188	0,0075	0,0125	
pokrivenost promatranog polja (%)	49,8	40,8	36,8	
<b>RTV C50%+3</b>				
ukupan broj čestica	533	972	583	<b>2,8%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	11,799	9,296	8,671	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0200	0,0096	0,0149	
pokrivenost promatranog polja (%)	52,4	41,5	38,7	
<b>RTV C50%+6</b>				
ukupan broj čestica	756	962	568	<b>4,5%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	12,680	9,760	8,750	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0129	0,0102	0,0154	
pokrivenost promatranog polja (%)	56,4	43,5	39	
<b>RTV C50%+9</b>				
ukupan broj čestica	755	433	297	<b>11,1%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	13,184	13,012	10,506	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0123	0,0300	0,0354	
pokrivenost promatranog polja (%)	58,6	58	46,9	

Tablica 15: Uzroci, na kojima se promatrala cijan (C) komponenta, rastertonske vrijednosti 91% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV C91% normal</b>				
ukupan broj čestica	296	782	602	<b>0,9%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	20,463	21,909	21,708	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0069	0,0008	0,0013	
pokrivenost promatranog polja (%)	90,9	97,4	96,5	
<b>RTV C91%+3</b>				
ukupan broj čestica	272	1269	679	<b>1,6%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	20,486	22,148	21,872	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0074	0,0002	0,0009	
pokrivenost promatranog polja (%)	91	98,8	97,2	
<b>RTV C91%+6</b>				
ukupan broj čestica	272	772	650	<b>2,2%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	20,640	0,0002	21,856	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0068	0,0102	0,0010	
pokrivenost promatranog polja (%)	91,7	99,3	97,1	
<b>RTV C91%+9</b>				
ukupan broj čestica	225	1315	681	<b>0,9%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	20,865	22,062	21,858	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0073	0,0003	0,0009	
pokrivenost promatranog polja (%)	92,7	98	97,1	



Tablica 16: Uzroci, na kojima se promatrala cijan (C) komponenta, rastertonske vrijednosti 95% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV C95% normal</b>				
ukupan broj čestica	176	713	591	<b>1,5%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	21,349	22,267	21,944	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0065	0,0003	0,0009	
pokrivenost promatranog polja (%)	94,9	99	97,5	
<b>RTV C95%+3</b>				
ukupan broj čestica	178	1149	585	<b>0,9%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	21,410	22,167	21,955	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0061	0,0003	0,0009	
pokrivenost promatranog polja (%)	95,1	98,5	97,6	
<b>RTV C95%+6</b>				
ukupan broj čestica	160	1492	656	<b>0,9%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	21,400	22,070	21,684	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0069	0,0003	0,0010	
pokrivenost promatranog polja (%)	95,1	98,1	97,2	
<b>RTV C95%+9</b>				
ukupan broj čestica	148	924	661	<b>0,9%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	21,508	22,198	22,002	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0067	0,0002	0,0008	
pokrivenost promatranog polja (%)	95,6	99	97,8	

Tablica 17: Uzroci, na kojima se promatrala magenta (M) komponenta, rastertonske vrijednosti 5% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

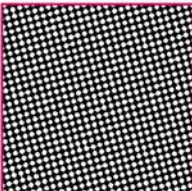
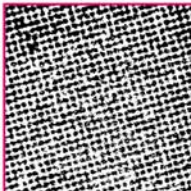

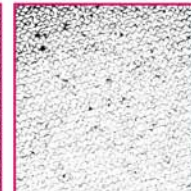
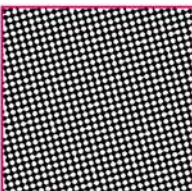
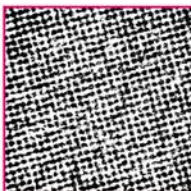
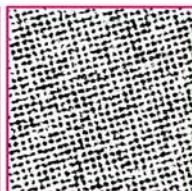
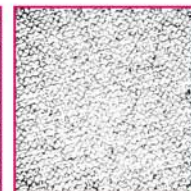
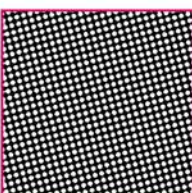
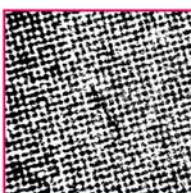
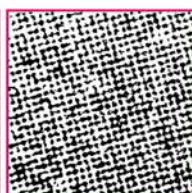

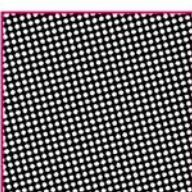
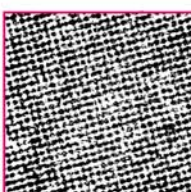
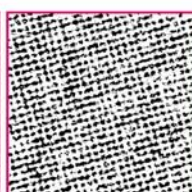
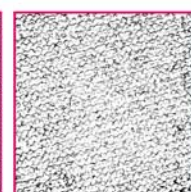
	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV M5% normal</b>				
ukupan broj čestica	713	470	220	<b>0,4%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,177	0,198	0,104	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0017	0,0004	0,0005	
pokrivenost promatranog polja (%)	5,3	0,9	0,5	
<b>RTV M5%+3</b>				
ukupan broj čestica	735	642	154	<b>0,9%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,188	0,270	0,062	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0016	0,0004	0,0004	
pokrivenost promatranog polja (%)	5,3	1,2	0,3	
<b>RTV M5%+6</b>				
ukupan broj čestica	747	1008	319	<b>1,4%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,280	0,491	0,176	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0017	0,0005	0,0006	
pokrivenost promatranog polja (%)	5,7	2,2	0,8	
<b>RTV M5%+9</b>				
ukupan broj čestica	748	637	290	<b>1%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,382	0,352	0,124	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0018	0,0006	0,0004	
pokrivenost promatranog polja (%)	6,1	1,6	0,6	



Tablica 18: Uzroci, na kojima se promatrala magenta (M) komponenta, rastertonske vrijednosti 9% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV M9% normal</b>				
ukupan broj čestica	789	1078	676	<b>1,3%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	2,069	0,990	0,694	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0026	0,0009	0,0010	
pokrivenost promatranog polja (%)	9,2	4,4	3,1	
<b>RTV M9%+3</b>				
ukupan broj čestica	746	1030	623	<b>1,2%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	2,093	1,211	0,936	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0030	0,0011	0,0015	
pokrivenost promatranog polja (%)	9,3	5,4	4,2	
<b>RTV M9%+6</b>				
ukupan broj čestica	745	1062	730	<b>0,6%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	2,250	1,442	1,297	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0030	0,0014	0,0018	
pokrivenost promatranog polja (%)	10	6,4	5,8	
<b>RTV M9%+9</b>				
ukupan broj čestica	750	1227	760	<b>0,1%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	2,398	1,200	1,177	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0032	0,0010	0,0016	
pokrivenost promatranog polja (%)	10,7	5,4	5,3	

Tablica 19: Uzroci, na kojima se promatrala magenta (M) komponenta, rastertonske vrijednosti 50% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV M50% normal</b>				
ukupan broj čestica	37	664	642	<b>7,8%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	11,778	10,753	8,906	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,3183	0,0162	0,0139	
pokrivenost promatranog polja (%)	49,8	45,4	37,6	
<b>RTV M50%+3</b>				
ukupan broj čestica	454	720	946	<b>12%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	10,538	10,535	7,689	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0263	0,0146	0,0081	
pokrivenost promatranog polja (%)	49,6	44,5	32,5	
<b>RTV M50%+6</b>				
ukupan broj čestica	722	897	584	<b>7%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	11,292	11,009	9,339	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0155	0,0123	0,0160	
pokrivenost promatranog polja (%)	52,8	46,5	39,5	
<b>RTV M50%+9</b>				
ukupan broj čestica	748	782	1544	<b>13,8%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	12,027	10,834	7,570	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0140	0,0139	0,0049	
pokrivenost promatranog polja (%)	55,9	45,8	32	



Tablica 20: Uzroci, na kojima se promatrala magenta (M) komponenta, rastertonske vrijednosti 91% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV M91% normal</b>				
ukupan broj čestica	316	1866	1057	<b>2,6%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	20,425	21,437	20,815	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0065	0,0006	0,9461	
pokrivenost promatranog polja (%)	90,9	95,4	92,8	
<b>RTV M91%+3</b>				
ukupan broj čestica	292	700	330	<b>0,2%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	20,339	22,318	22,265	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0073	0,0002	0,0006	
pokrivenost promatranog polja (%)	90,5	99,3	99,1	
<b>RTV M91%+6</b>				
ukupan broj čestica	263	177	523	<b>1,7%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	20,702	22,444	22,065	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0067	0,0002	0,0008	
pokrivenost promatranog polja (%)	92,1	99,9	98,2	
<b>RTV M91%+9</b>				
ukupan broj čestica	210	135	232	<b>0,7%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	20,944	22,450	22,297	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0073	0,0002	0,0007	
pokrivenost promatranog polja (%)	93,2	99,9	99,2	

Tablica 21: Uzroci, na kojima se promatrala magenta (M) komponenta, rastertonske vrijednosti 95% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV M95% normal</b>				
ukupan broj čestica	177	473	763	<b>2,5%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	21,311	22,331	21,721	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0066	0,0003	0,0009	
pokrivenost promatranog polja (%)	94,8	99,4	96,9	
<b>RTV M95%+3</b>				
ukupan broj čestica	189	650	511	<b>0,2%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	21,304	22,339	22,287	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0062	0,0002	0,0004	
pokrivenost promatranog polja (%)	94,8	99,4	99,2	
<b>RTV M95%+6</b>				
ukupan broj čestica	154	228	150	<b>0,2%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	21,401	22,435	22,384	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0069	0,0002	0,0006	
pokrivenost promatranog polja (%)	95,2	99,8	99,6	
<b>RTV M95%+9</b>				
ukupan broj čestica	143	879	1040	<b>3,6%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	21,496	22,240	21,399	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0068	0,0003	0,0010	
pokrivenost promatranog polja (%)	95,7	99	95,4	

Tablica 22: Uzroci, na kojima se promatrala žuta (Y) komponenta, rastertonske vrijednosti 5% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV Y5% normal</b>				
ukupan broj čestica	724	257	73	<b>0,3%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,161	0,103	0,046	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0016	0,0004	0,0006	
pokrivenost promatranog polja (%)	5,2	0,5	0,2	
<b>RTV Y5%+3</b>				
ukupan broj čestica	729	935	557	<b>0,8%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,191	0,5693	0,388	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0016	0,0006	0,0007	
pokrivenost promatranog polja (%)	5,3	2,5	1,7	
<b>RTV Y5%+6</b>				
ukupan broj čestica	822	880	483	<b>0,5%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,308	0,440	0,342	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0016	0,0005	0,0007	
pokrivenost promatranog polja (%)	5,8	2	1,5	
<b>RTV Y5%+9</b>				
ukupan broj čestica	838	821	381	<b>0,4%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,372	0,310	0,234	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0016	0,0004	0,0006	
pokrivenost promatranog polja (%)	6,1	1,4	1	



Tablica 23: Uzroci, na kojima se promatrala žuta (Y) komponenta, rastertonske vrijednosti 9% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV Y9% normal</b>				
ukupan broj čestica	930	932	286	<b>1,1%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	2,083	0,456	0,191	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0022	0,0005	0,0007	
pokrivenost promatranog polja (%)	9,3	2	0,9	
<b>RTV Y9%+3</b>				
ukupan broj čestica	938	790	577	<b>1%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	2,195	0,642	0,416	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0023	0,0008	0,0007	
pokrivenost promatranog polja (%)	9,8	2,9	1,9	
<b>RTV Y9%+6</b>				
ukupan broj čestica	923	635	481	<b>0,2%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	2,305	0,326	0,302	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0025	0,0005	0,0006	
pokrivenost promatranog polja (%)	10,3	1,5	1,3	
<b>RTV Y9%+9</b>				
ukupan broj čestica	930	1023	648	<b>1,5%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	2,522	0,851	0,520	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0027	0,0008	0,0008	
pokrivenost promatranog polja (%)	11,2	3,8	2,3	

Tablica 24: Uzroci, na kojima se promatrala žuta (Y) komponenta, rastertonske vrijednosti 50% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV Y50% normal</b>				
ukupan broj čestica	130	773	843	<b>10,7%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	11,037	10,555	8,170	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0849	0,0137	0,0097	
pokrivenost promatranog polja (%)	49,2	47,1	36,4	
<b>RTV Y50%+3</b>				
ukupan broj čestica	610	697	508	<b>4,6%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	11,272	11,407	12,123	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0184	0,0159	0,0204	
pokrivenost promatranog polja (%)	50,1	50,7	46,1	
<b>RTV Y50%+6</b>				
ukupan broj čestica	870	1195	471	<b>7%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	11,975	11,510	11,454	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0121	0,0092	0,0234	
pokrivenost promatranog polja (%)	53,2	51,1	49,1	
<b>RTV Y50%+9</b>				
ukupan broj čestica	909	1251	1092	<b>1,6%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	12,599	12,072	10,760	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0109	0,0083	0,0099	
pokrivenost promatranog polja (%)	56	53,6	52	



Tablica 25: Uzroci, na kojima se promatrala žuta (Y) komponenta, rastertonske vrijednosti 91% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV Y91% normal</b>				
ukupan broj čestica	321	938	958	<b>0,8%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	20,419	21,845	21,613	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0064	0,0007	0,0008	
pokrivenost promatranog polja (%)	90,9	97,2	96,4	
<b>RTV Y91%+3</b>				
ukupan broj čestica	281	695	528	<b>0%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	20,438	22,240	22,242	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0072	0,0003	0,0004	
pokrivenost promatranog polja (%)	90,9	99	99	
<b>RTV Y91%+6</b>				
ukupan broj čestica	268	1301	1173	<b>0%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	20,658	21,975	21,927	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0068	0,0004	0,0004	
pokrivenost promatranog polja (%)	91,9	97,8	97,8	
<b>RTV Y91%+9</b>				
ukupan broj čestica	231	302	212	<b>0%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	20,835	22,362	22,361	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0071	0,0004	0,0005	
pokrivenost promatranog polja (%)	92,7	99,5	99,5	

Tablica 26: Uzroci, na kojima se promatrala žuta (Y) komponenta, rastertonske vrijednosti 95% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV Y95% normal</b>				
ukupan broj čestica	176	256	492	<b>1%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	21,315	22,371	22,160	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0066	0,0004	0,0006	
pokrivenost promatranog polja (%)	94,8	99,6	98,6	
<b>RTV Y95%+3</b>				
ukupan broj čestica	150	551	581	<b>0,9%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	21,360	22,285	22,092	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0074	0,0003	0,0007	
pokrivenost promatranog polja (%)	95	99,2	98,3	
<b>RTV Y95%+6</b>				
ukupan broj čestica	145	389	424	<b>0,2%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	21,401	22,388	22,327	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0074	0,0002	0,0003	
pokrivenost promatranog polja (%)	95,2	99,6	99,4	
<b>RTV Y95%+9</b>				
ukupan broj čestica	123	733	1049	<b>1%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	21,596	22,255	21,971	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0071	0,0003	0,0004	
pokrivenost promatranog polja (%)	96,1	99	98	

Tablica 27: Uzroci, na kojima se promatrala crna (K) komponenta, rastertonske vrijednosti 5% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

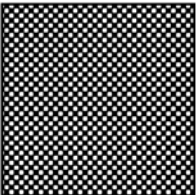
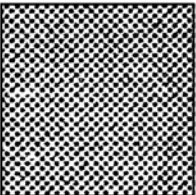
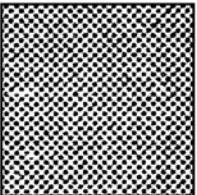


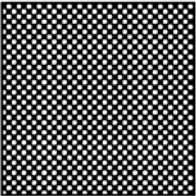
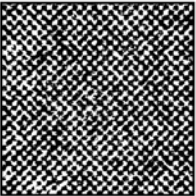
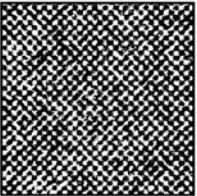
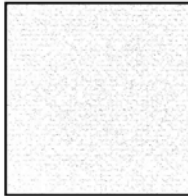

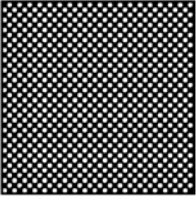
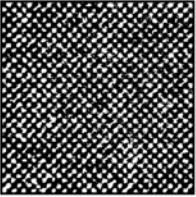
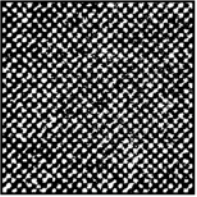


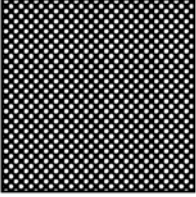
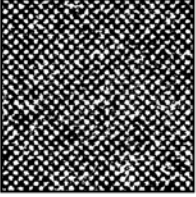
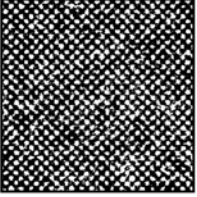


	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV K5% normal</b>				
ukupan broj čestica	696	356	351	<b>0,1%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,192	0,129	0,112	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0017	0,0004	0,0003	
pokrivenost promatranog polja (%)	5,3	0,6	0,5	
<b>RTV K5%+3</b>				
ukupan broj čestica	749	494	434	<b>0,3%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,219	0,203	0,145	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0016	0,0004	0,0003	
pokrivenost promatranog polja (%)	5,4	0,9	0,6	
<b>RTV K5%+6</b>				
ukupan broj čestica	760	543	432	<b>0,5%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,352	0,306	0,199	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0018	0,0006	0,0005	
pokrivenost promatranog polja (%)	6	1,4	0,9	
<b>RTV K5%+9</b>				
ukupan broj čestica	735	661	652	<b>0,2%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	1,399	0,387	0,339	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0019	0,0006	0,0005	
pokrivenost promatranog polja (%)	6,2	1,7	1,5	



Tablica 28: Uzroci, na kojima se promatrala crna (K) komponenta, rastertonske vrijednosti 9% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV K9% normal</b>				
ukupan broj čestica	733	797	677	<b>1,4%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	2,021	0,585	0,280	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0028	0,0007	0,0004	
pokrivenost promatranog polja (%)	9	2,6	1,2	
<b>RTV K9%+3</b>				
ukupan broj čestica	760	816	720	<b>4,1%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	2,259	1,373	0,453	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0030	0,0017	0,0006	
pokrivenost promatranog polja (%)	10,1	6,1	2	
<b>RTV K9%+6</b>				
ukupan broj čestica	752	805	816	<b>2,9%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	2,407	1,740	1,107	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0032	0,0022	0,0014	
pokrivenost promatranog polja (%)	10,7	7,8	4,9	
<b>RTV K9%+9</b>				
ukupan broj čestica	744	823	813	<b>1,2%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	2,592	1,839	1,569	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0035	0,0022	0,0019	
pokrivenost promatranog polja (%)	11,6	8,2	7	

Tablica 29: Uzroci, na kojima se promatrala crna (K) komponenta, rastertonske vrijednosti 50% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV K50% normal</b>				
ukupan broj čestica	800	678	701	
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	11,165	9,971	9,706	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0140	0,0147	0,0139	
pokrivenost promatranog polja (%)	49,8	44,5	43,3	
<b>RTV K50%+3</b>				
ukupan broj čestica	761	1250	1312	
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	11,884	13,308	13,217	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0139	0,0073	0,0071	
pokrivenost promatranog polja (%)	52,8	59,1	58,7	
<b>RTV K50%+6</b>				
ukupan broj čestica	779	1511	1622	
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	12,572	15,058	14,890	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0127	0,0049	0,0047	
pokrivenost promatranog polja (%)	55,9	66,9	66,2	
<b>RTV K50%+9</b>				
ukupan broj čestica	760	1556	1637	
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	13,194	14,499	14,379	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0122	0,0051	0,0049	
pokrivenost promatranog polja (%)	58,6	64,4	63,9	

Tablica 30: Uzroci, na kojima se promatrala crna (K) komponenta, rastertonske vrijednosti 91% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV K91% normal</b>				
ukupan broj čestica	455	2508	2613	<b>0,4%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	19,476	18,821	18,723	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0066	0,0015	0,0015	
pokrivenost promatranog polja (%)	86,6	83,7	83,3	
<b>RTV K91%+3</b>				
ukupan broj čestica	274	780	948	<b>0,3%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	20,583	22,207	22,092	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0069	0,0003	0,0004	
pokrivenost promatranog polja (%)	91,6	98,8	98,5	
<b>RTV K91%+6</b>				
ukupan broj čestica	252	408	520	<b>0,2%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	20,770	22,297	22,247	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0068	0,0004	0,0004	
pokrivenost promatranog polja (%)	92,4	99,2	99	
<b>RTV K91%+9</b>				
ukupan broj čestica	221	598	824	<b>0,5%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	20,960	22,299	22,178	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0068	0,0003	0,0004	
pokrivenost promatranog polja (%)	93,3	99,2	98,7	

Tablica 31: Uzroci, na kojima se promatrala crna (K) komponenta, rastertonske vrijednosti 95% na osnovu kojih je rađena slikovna analiza, te dobivene vrijednosti

	RIP	Otisak	Izolirana promatrana komponenta	Nečistoća tiskovne podloge
<b>RTV K95% normal</b>				
ukupan broj čestica	285	689	1271	<b>1,6%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	20,530	21,619	21,218	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0068	0,0012	0,0010	
pokrivenost promatranog polja (%)	91,3	96,2	94,6	
<b>RTV K95%+3</b>				
ukupan broj čestica	161	743	876	<b>0,1%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	21,395	22,226	22,190	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0067	0,0003	0,0003	
pokrivenost promatranog polja (%)	95,2	98,9	98,8	
<b>RTV K95%+6</b>				
ukupan broj čestica	153	826	848	<b>0%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	21,500	22,158	22,149	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0063	0,0004	0,0004	
pokrivenost promatranog polja (%)	95,7	98,6	98,6	
<b>RTV K95%+9</b>				
ukupan broj čestica	126	619	884	<b>0,3%</b>
ukupna površina čestica (mm <sup>2</sup> )	21,599	22,261	22,192	
prosječna veličina čestica (mm <sup>2</sup> )	0,0069	0,0003	0,0003	
pokrivenost promatranog polja (%)	96,1	99,1	98,8	

### 4.2.3 Analiza broja čestica

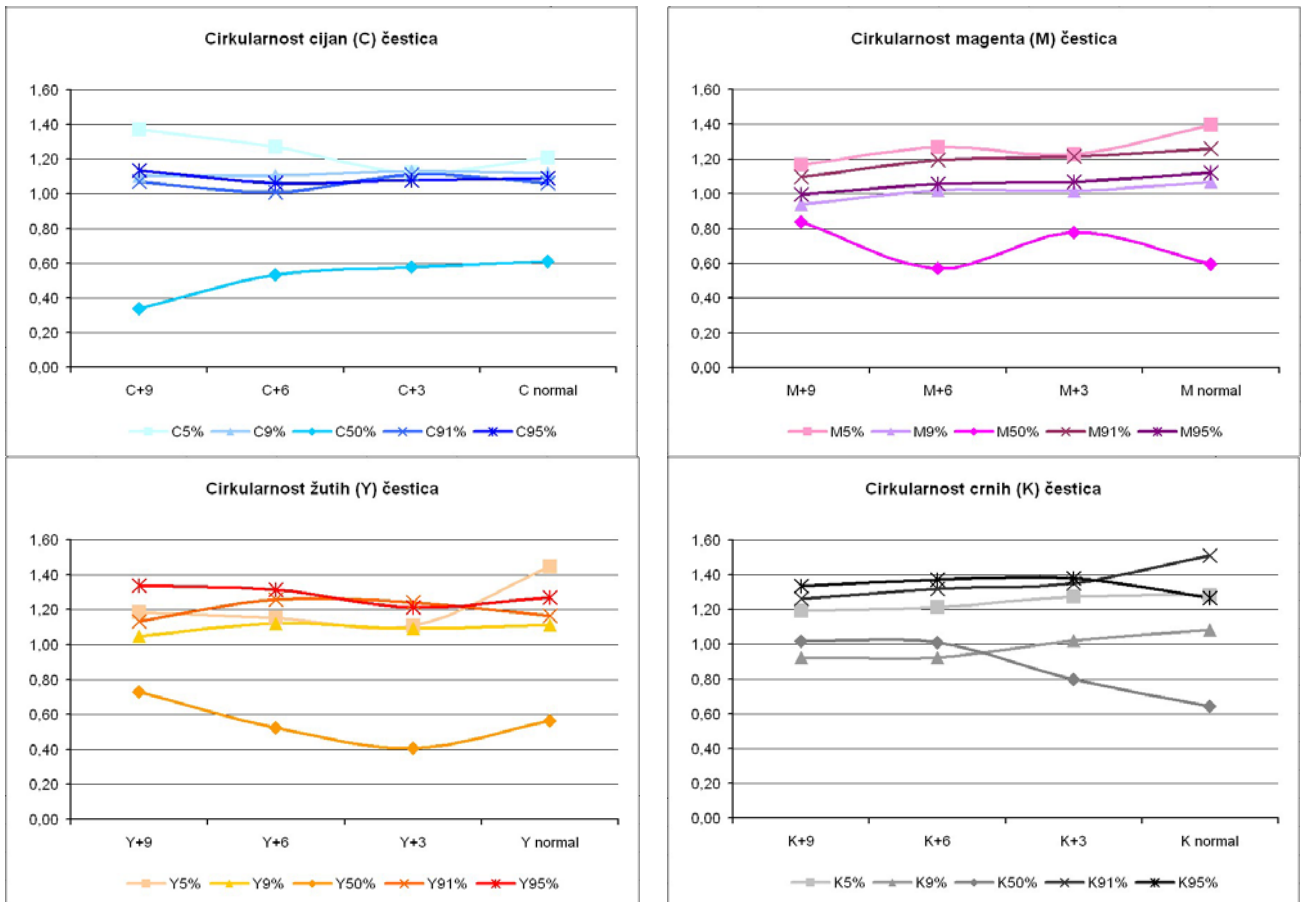
Slikovnom analizom izmjeren je broj čestica na promatranim, otisnutim poljima rastertonske vrijednosti 5%, 9%, 50%, 91% i 95%, te na uzorcima bez modificiranog i s modificiranim prirastom rasterskog elementa +3%, +6% i +9%.



Slika 88: Broj cijan, magenta, žutih i crnih čestica na analiziranim poljima

#### 4.2.4 Cirkularnost čestica

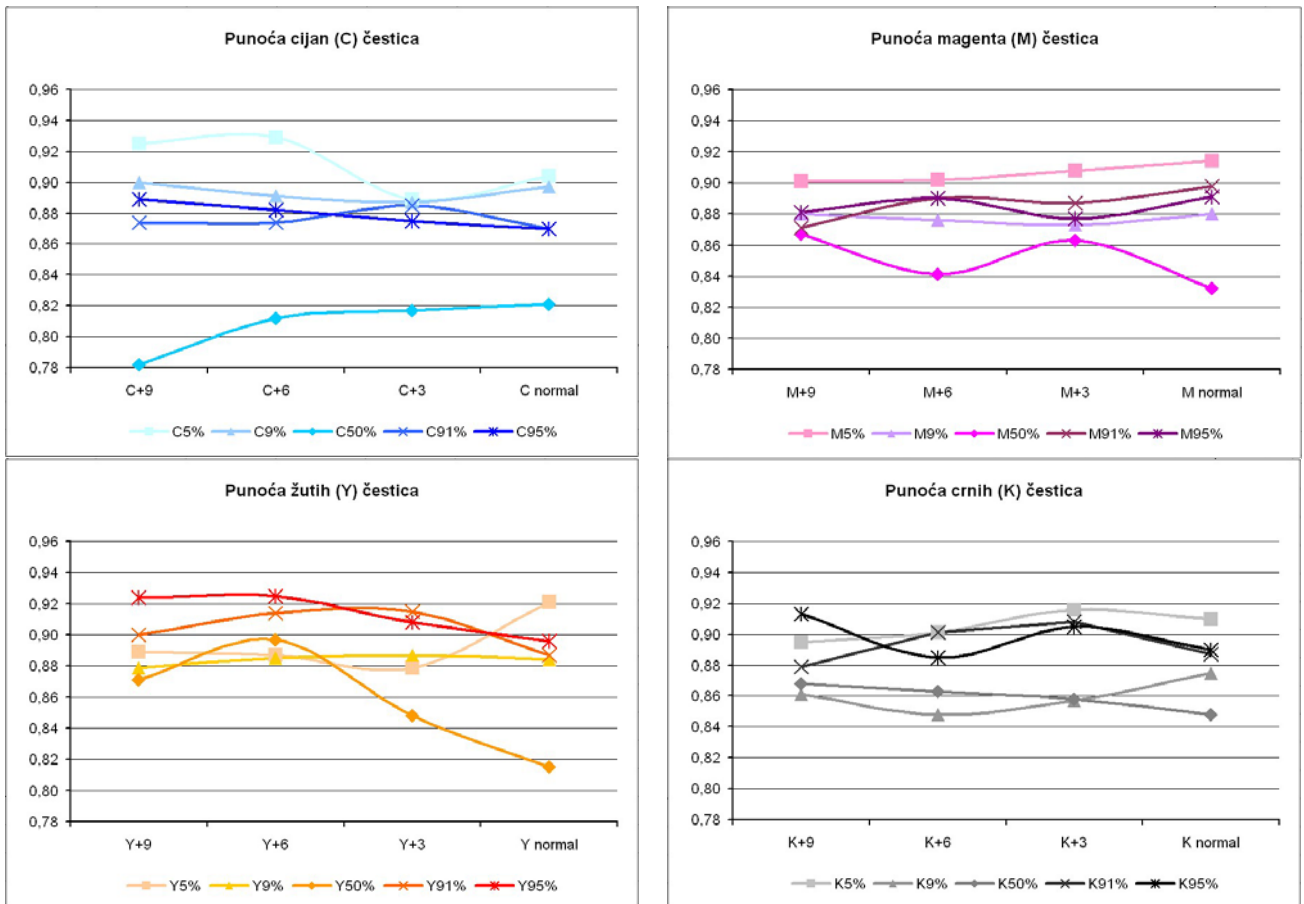
Slikovnom analizom izmjerena je cirkularnost čestica na promatranim, otisnutim poljima rasterstonske vrijednosti 5%, 9%, 50%, 91% i 95%, te na uzorcima bez modificiranog i s modificiranim prirastom rasterskog elementa +3%, +6% i +9%.



Slika 89: Cirkularnost cijan, magenta, žutih i crnih čestica na analiziranim poljima

#### 4.2.5 Punoća čestica

Slikovnom analizom izmjerena je punoća čestica na promatranim, otisnutim poljima rasterstonske vrijednosti 5%, 9%, 50%, 91% i 95%, te na uzorcima bez modificiranog i s modificiranim prirastom rasterskog elementa +3%, +6% i +9%.



Slika 90: Punoća cijan, magenta, žutih i crnih čestica na analiziranim poljima



### 4.3 Vizualna analiza kvalitete

Ukupna kvaliteta reprodukcije definirana je prema dijelu testne forme, višebojnoj reprodukciji koja je zadovoljila sve kvalitativne parametre prilikom mjerne analize. Ispitivanje ukupne kvalitete reprodukcije obavljeno je u četiri grupe uzoraka. Svaka grupa obuhvaćala je uzorke na kojima je modificiran prirast rasterskog elementa, pomoću softvera za obradu slike, na samo jednoj komponenti boje.

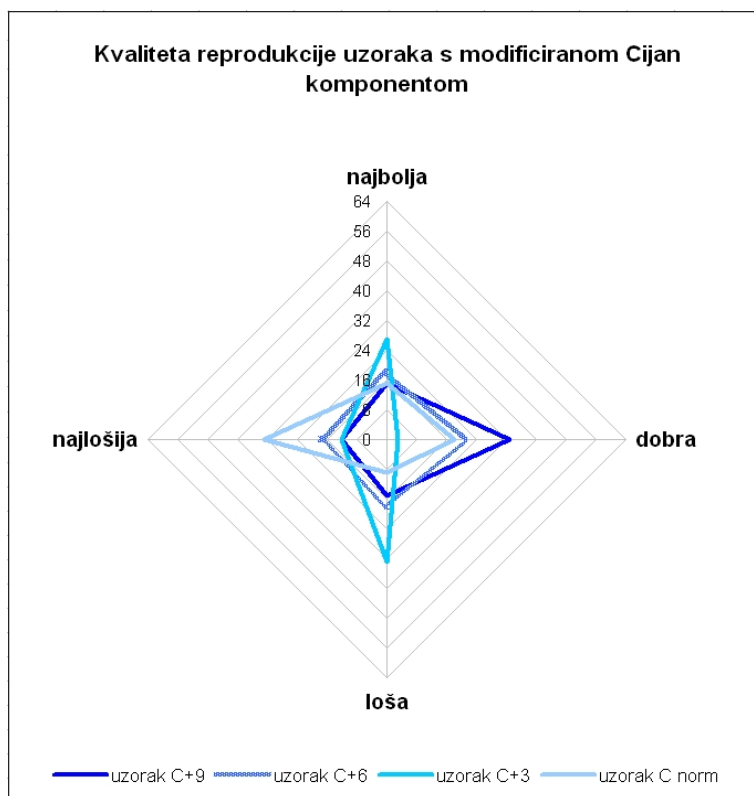
Tako je prva grupa obuhvaćala uzorke - cijan bez modifikacije prirasta, cijan s modifikacijom prirasta +3%, zatim +6% i na kraju +9%. Druga grupa uzoraka je bila - magenta bez modifikacije prirasta, magenta s modifikacijom prirasta +3%, zatim +6% i na kraju +9%. Treća grupa uzoraka obuhvaćala je - žuta bez modifikacije prirasta, žuta s modifikacijom prirasta +3%, zatim +6% i potom +9%. I posljednja, četvrta grupa bila je - crna komponenta bez modifikacije, crna s modifikacijom prirasta +3%, zatim +6% i završno +9%. Ispitanici su naklade vrednovali i posložili prema ocjenama od 1 do 4. Gdje je ocjena 1 označavala najbolju kvalitetu, ocjena 2 dobru kvalitetu, ocjena 3 lošu, te ocjena 4 najlošiju kvalitetu reprodukcije.

Vizualna analiza je rađena na osnovu 75 ispitanika dobne granice od 20 do 60 godina prema uvjetima propisanim standardom ISO 3664<sup>[7]</sup>. Ukupna kvaliteta reprodukcije je definirana na osnovu kriterija: prikaz boja, prikaz u svijetlim tonovima, tamnim tonovima, ravnomjerni prijelaz boja. Rezultati ispitivanja prikazani su na slikama 92., 93., 94. i 95.

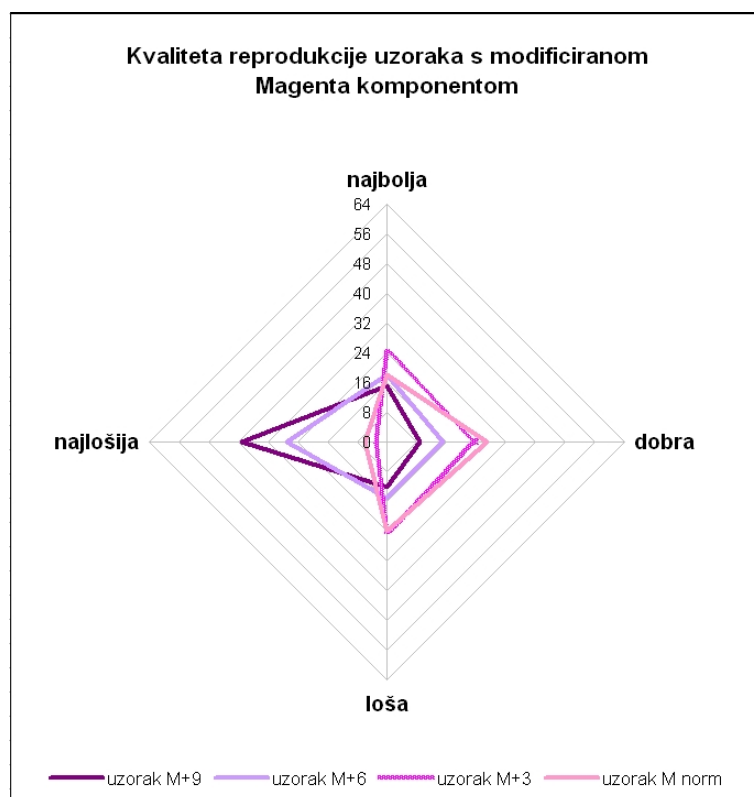


Slika 91: Motivi za vizualno definiranje kvalitete reprodukcije





Slika 92: Vizualna ocjena ukupne kvalitete reprodukcije s modificiranim prirastom rasterskog elementa na cijan komponenti



Slika 93: Vizualna ocjena ukupne kvalitete reprodukcije s modificiranim prirastom rasterskog elementa na magenta komponenti



## 5 Sinteza rezultata

Deformacija rasterskog elementa ispitivana je na osnovu podataka o broju čestica na promatranom rasterskom polju, dimenzija 5x5 mm, pokrivenosti polja, cirkularnosti i punoći otisnutih čestica. Do stvarne rastertonske vrijednosti došlo se pomoću Murray-Daviesove jednadžbe iz gustoće obojenja. Uspoređena je i spektralna refleksija na promatranom uzorku (uz eliminiran utjecaj tiskovne podloge) sa spektralnom refleksijom otisaka bez modifikacije prirasta rastertonske vrijednosti.

Tablica 32. Slikovna analiza otisnutih uzoraka s nemodificiranom cijan komponentom i cijan komponentom s modificiranim prirastom RTV +3%, +6% i +9%

<b>C normal</b>	<b>Spektrofotometrijsko mjerenje</b>	<b>Broj čestica</b>	<b>Pokrivenost polja (%)</b>	<b>Cirkularnost čestica</b>	<b>Punoća čestica</b>	<b>Gustoća obojenja (Di)</b>	<b>Stvarna RTV (%)</b>
RTV 5%	-	196	0,4	1,211	0,904	0,003	1
RTV 9%	-	361	1,2	1,118	0,897	0,027	7
RTV 50%	-	659	36,8	0,610	0,821	0,373	66
RTV 91%	-	602	96,5	1,061	0,870	0,773	95
RTV 95%	-	591	97,5	1,092	0,870	0,810	97
<b>C+3</b>	<b>Spektrofotometrijsko mjerenje</b>	<b>Broj čestica</b>	<b>Pokrivenost polja (%)</b>	<b>Cirkularnost čestica</b>	<b>Punoća čestica</b>	<b>Gustoća obojenja (Di)</b>	<b>Stvarna RTV (%)</b>
RTV 5%	< C norm	243	0,5	1,124	0,889	0,007	2
RTV 9%	> C norm	491	2,0	1,130	0,887	0,037	9
RTV 50%	< C norm	583	38,7	0,580	0,817	0,410	69
RTV 91%	> C norm	679	97,2	1,111	0,885	0,860	97
RTV 95%	> C norm	585	97,6	1,080	0,875	0,893	98
<b>C+6</b>	<b>Spektrofotometrijsko mjerenje</b>	<b>Broj čestica</b>	<b>Pokrivenost polja (%)</b>	<b>Cirkularnost čestica</b>	<b>Punoća čestica</b>	<b>Gustoća obojenja (Di)</b>	<b>Stvarna RTV (%)</b>
RTV 5%	< C norm	172	0,3	1,269	0,929	0,003	1
RTV 9%	< C norm	346	1,1	1,107	0,891	0,033	8
RTV 50%	> C norm	568	39	0,532	0,812	0,433	71
RTV 91%	< C norm	650	97,1	1,009	0,874	0,833	96
RTV 95%	> C norm	656	97,2	1,064	0,882	0,873	98
<b>C+9</b>	<b>Spektrofotometrijsko mjerenje</b>	<b>Broj čestica</b>	<b>Pokrivenost polja (%)</b>	<b>Cirkularnost čestica</b>	<b>Punoća čestica</b>	<b>Gustoća obojenja (Di)</b>	<b>Stvarna RTV (%)</b>
RTV 5%	< C norm	69	0,1	1,371	0,925	0,003	1
RTV 9%	> C norm	355	1,2	1,104	0,900	0,043	11
RTV 50%	> C norm	297	46,9	0,337	0,782	0,477	74
RTV 91%	> C norm	681	97,1	1,071	0,874	0,907	97
RTV 95%	> C norm	661	97,8	1,138	0,889	0,937	98

Tablica 33. Slikovna analiza otisnutih uzoraka s nemodificiranom magenta komponentom i magenta komponentom s modificiranim prirastom RTV +3%, +6% i +9%

<b>M normal</b>	<b>Spektrofotometrijsko mjerjenje</b>	<b>Broj čestica</b>	<b>Pokrivenost polja (%)</b>	<b>Cirkularnost čestica</b>	<b>Punoća čestica</b>	<b>Gustoća obojenja (Di)</b>	<b>Stvarna RTV (%)</b>
RTV 5%	-	220	0,5	1,397	0,914	0,007	2
RTV 9%	-	676	3,1	1,069	0,880	0,027	7
RTV 50%	-	642	37,6	0,597	0,832	0,377	65
RTV 91%	-	266	99,3	1,259	0,898	0,857	97
RTV 95%	-	191	99,8	1,121	0,891	0,907	98
<b>M+3</b>	<b>Spektrofotometrijsko mjerjenje</b>	<b>Broj čestica</b>	<b>Pokrivenost polja (%)</b>	<b>Cirkularnost čestica</b>	<b>Punoća čestica</b>	<b>Gustoća obojenja (Di)</b>	<b>Stvarna RTV (%)</b>
RTV 5%	> M norm	154	0,3	1,227	0,908	0,007	2
RTV 9%	< M norm	623	4,2	1,019	0,873	0,033	8
RTV 50%	> M norm	946	32,5	0,779	0,863	0,383	67
RTV 91%	< M norm	330	99,1	1,217	0,887	0,840	97
RTV 95%	> M norm	511	99,2	1,070	0,877	0,867	100
<b>M+6</b>	<b>Spektrofotometrijsko mjerjenje</b>	<b>Broj čestica</b>	<b>Pokrivenost polja (%)</b>	<b>Cirkularnost čestica</b>	<b>Punoća čestica</b>	<b>Gustoća obojenja (Di)</b>	<b>Stvarna RTV (%)</b>
RTV 5%	> M norm	319	0,8	1,268	0,902	0,017	4
RTV 9%	> M norm	730	5,8	1,021	0,876	0,047	11
RTV 50%	> M norm	584	39,5	0,569	0,841	0,463	73
RTV 91%	> M norm	523	98,2	1,194	0,890	0,887	97
RTV 95%	> M norm	150	99,6	1,057	0,890	0,897	98
<b>M+9</b>	<b>Spektrofotometrijsko mjerjenje</b>	<b>Broj čestica</b>	<b>Pokrivenost polja (%)</b>	<b>Cirkularnost čestica</b>	<b>Punoća čestica</b>	<b>Gustoća obojenja (Di)</b>	<b>Stvarna RTV (%)</b>
RTV 5%	> M norm	290	0,6	1,168	0,901	0,013	3
RTV 9%	< M norm	760	5,3	0,939	0,880	0,047	12
RTV 50%	> M norm	1544	32	0,838	0,867	0,403	69
RTV 91%	< M norm	232	99,2	1,098	0,871	0,840	98
RTV 95%	< M norm	502	99,1	0,997	0,881	0,840	98

Tablica 34. Slikovna analiza otisnutih uzoraka s nemodificiranom žutom komponentom i žutom komponentom s modificiranim prirastom RTV +3%, +6% i +9%

<b>Y normal</b>	<b>Spektrofotometrijsko mjerenje</b>	<b>Broj čestica</b>	<b>Pokrivenost polja (%)</b>	<b>Čirkularnost čestica</b>	<b>Punoća čestica</b>	<b>Gustoća obojenja (Di)</b>	<b>Stvarna RTV (%)</b>
RTV 5%	-	73	0,2	1,445	0,921	0,000	0
RTV 9%	-	286	0,9	1,112	0,884	0,013	3
RTV 50%	-	843	36,4	0,563	0,815	0,357	63
RTV 91%	-	699	97,4	1,166	0,887	0,833	96
RTV 95%	-	492	98,6	1,268	0,896	0,873	98
<b>Y+3</b>	<b>Spektrofotometrijsko mjerenje</b>	<b>Broj čestica</b>	<b>Pokrivenost polja (%)</b>	<b>Čirkularnost čestica</b>	<b>Punoća čestica</b>	<b>Gustoća obojenja (Di)</b>	<b>Stvarna RTV (%)</b>
RTV 5%	< Y nor	557	1,7	1,110	0,879	0,023	6
RTV 9%	> Y nor	577	1,9	1,092	0,887	0,040	10
RTV 50%	> Y nor	508	46,1	0,407	0,848	0,443	73
RTV 91%	< Y nor	528	99,0	1,240	0,915	0,857	98
RTV 95%	< Y nor	581	98,3	1,214	0,908	0,880	99
<b>Y+6</b>	<b>Spektrofotometrijsko mjerenje</b>	<b>Broj čestica</b>	<b>Pokrivenost polja (%)</b>	<b>Čirkularnost čestica</b>	<b>Punoća čestica</b>	<b>Gustoća obojenja (Di)</b>	<b>Stvarna RTV (%)</b>
RTV 5%	< Y nor	483	1,5	1,152	0,887	0,023	6
RTV 9%	> Y nor	481	1,3	1,121	0,885	0,043	11
RTV 50%	> Y nor	471	49,1	0,524	0,897	0,500	77
RTV 91%	< Y nor	320	99,5	1,256	0,914	0,913	99
RTV 95%	< Y nor	424	99,4	1,314	0,925	0,910	99
<b>Y+9</b>	<b>Spektrofotometrijsko mjerenje</b>	<b>Broj čestica</b>	<b>Pokrivenost polja (%)</b>	<b>Čirkularnost čestica</b>	<b>Punoća čestica</b>	<b>Gustoća obojenja (Di)</b>	<b>Stvarna RTV (%)</b>
RTV 5%	< Y nor	381	1,0	1,187	0,889	0,013	3
RTV 9%	> Y nor	648	2,3	1,046	0,879	0,053	13
RTV 50%	> Y nor	1135	56,0	0,730	0,871	0,547	81
RTV 91%	< Y nor	212	99,5	1,131	0,900	0,910	99
RTV 95%	> Y nor	467	99,2	1,340	0,924	0,923	99

Tablica 35. Slikovna analiza otisnutih uzoraka s nemodificiranom crnom komponentom i crnom komponentom s modificiranim prirastom RTV +3%, +6% i +9%

<b>K normal</b>	<b>Spektrofotometrijsko mjerenje</b>	<b>Broj čestica</b>	<b>Pokrivenost polja (%)</b>	<b>Cirkularnost čestica</b>	<b>Punoća čestica</b>	<b>Gustoća obojenja (Di)</b>	<b>Stvarna RTV (%)</b>
RTV 5%	-	351	0,5	1,282	0,910	0,007	2
RTV 9%	-	677	1,2	1,082	0,875	0,023	6
RTV 50%	-	701	43,3	0,643	0,848	0,363	61
RTV 91%	-	2613	83,3	1,512	0,887	0,957	96
RTV 95%	-	758	97,9	1,268	0,890	0,997	97
<b>K+3</b>	<b>Spektrofotometrijsko mjerenje</b>	<b>Broj čestica</b>	<b>Pokrivenost polja (%)</b>	<b>Cirkularnost čestica</b>	<b>Punoća čestica</b>	<b>Gustoća obojenja (Di)</b>	<b>Stvarna RTV (%)</b>
RTV 5%	< K nor	434	0,6	1,276	0,916	0,017	4
RTV 9%	> K nor	720	2,0	1,022	0,857	0,040	9
RTV 50%	> K nor	1312	58,7	0,799	0,858	0,447	69
RTV 91%	> K nor	523	99,4	1,352	0,908	1,063	98
RTV 95%	> K nor	876	98,8	1,378	0,905	1,093	99
<b>K+6</b>	<b>Spektrofotometrijsko mjerenje</b>	<b>Broj čestica</b>	<b>Pokrivenost polja (%)</b>	<b>Cirkularnost čestica</b>	<b>Punoća čestica</b>	<b>Gustoća obojenja (Di)</b>	<b>Stvarna RTV (%)</b>
RTV 5%	< K nor	432	0,9	1,214	0,901	0,003	1
RTV 9%	> K nor	816	4,9	0,924	0,848	0,037	9
RTV 50%	> K nor	1622	66,2	1,010	0,863	0,530	75
RTV 91%	> K nor	520	99,0	1,319	0,901	1,087	98
RTV 95%	> K nor	848	98,6	1,371	0,885	1,120	98
<b>K+9</b>	<b>Spektrofotometrijsko mjerenje</b>	<b>Broj čestica</b>	<b>Pokrivenost polja (%)</b>	<b>Cirkularnost čestica</b>	<b>Punoća čestica</b>	<b>Gustoća obojenja (Di)</b>	<b>Stvarna RTV (%)</b>
RTV 5%	< K nor	652	1,5	1,193	0,895	0,007	2
RTV 9%	> K nor	813	7,0	0,924	0,861	0,047	11
RTV 50%	> K nor	1637	63,9	1,017	0,868	0,607	79
RTV 91%	< K nor	824	98,7	1,263	0,879	1,153	98
RTV 95%	< K nor	884	98,8	1,335	0,913	1,200	99

## 6 Diskusija rezultata istraživanja

### 6.1 Analiza kvalitete

Kako bi definiranje ukupne kvalitete reprodukcije bilo moguće, najprije se morala odrediti konstantnost kvalitete reprodukcije tokom tiskanja naklade. Uspješna grafička proizvodnja uvijek mora održavati nakladu u skladu s definiranom, standardnom kvalitetom reprodukcije. Ujednačenost reprodukcije promatrana je analizom denzitometrijskih vrijednosti i slikovnom analizom rasterskih elemenata, kako bi bila u skladu s naputcima koje propisuje standard za novinski ofset tisak ISO 12647-3:2004. Vrijednosti integralnih gustoća obojenja tijekom procesa otiskivanja pokazale su vrlo malo odstupanje u dijelovima naklade.

Istraživanje provedeno u ovom radu, nakon otiska uzoraka, zasnovano je na objektivnim mjernim i subjektivnim vizualnim analizama kvalitete reprodukcije. Rezultati dobiveni mjernim analizama temeljeni su na određivanju vrijednosti gustoće obojenja u tisku, deformacije rasterskog elementa, geometrijskog i optičkog prirasta rastertonske vrijednosti, te utjecaja tiskovne podloge na prirast rastertonske vrijednosti. Potom je obavljeno vizualno istraživanje ukupne kvalitete reprodukcije na osnovu cijelog uzorka subjektivnom analizom promatrača (čitatelja). Definiranje ukupne kvalitete reprodukcije preko vizualne ocjene, izvedeno je s ispitanicima iz miješanih dobnih skupina (od 20 do 60 godina), spolnih (50% žena i 50% muškaraca) i stručnih skupina (50% iz područja grafičke tehnologije, a 50% izvan). Kriteriji za ocjenu ukupnog doživljaja kvalitete bili su ukupni prikaz boja, prikaz svijetlih i tamnih tonova.

Istraživani otisci rađeni su na uobičajenoj tiskovnoj podlozi za novinski ofset tisak s velikim postotkom reciklirane sirovine, prema certifikatu proizvođača, čak 84%.

#### 6.1.1 Mjerna analiza kvalitete

Objektivna analiza kvalitete reprodukcije provedena je na uzorcima dobivenim iz realne, nekalibrirane, no linearizirane grafičke produkcije na jednom agregatu novinske ofset rotacije Manroland Geoman. Realna grafička proizvodnja je prijenos informacija različitih vizualnih svojstava, prilikom tiska moguće je ustanoviti referentne točke koje čine kvalitetnu reprodukciju. Naklada iz koje su odabrani reprezentativni uzorci bila je 10.000 primjeraka. Analiza kvalitete na odabranim uzorcima provedena je pomoću izračunavanja stvarne rastertonske

vrijednosti, konstrukcije krivulja prirasta u odnosu na krivulju ISO standarda, određivanja raspona prirasta rastertonske vrijednosti na uzorcima i izračunavanja spektrofotometrijskih krivulja.

#### **6.1.1.1 Izračunavanje stvarne rastertonske vrijednosti**

Izračunavanje stvarne rastertonske vrijednosti dobiveno je iz integralnih gustoća obojenja punih polja i rasterskih polja na uzorcima mjerenjem denzitometrom. Odabrano je 30 reprezentativnih uzoraka na kojima je obavljeno mjerenje, kako bi se anulirala mjerna pogreška. Iz aritmetičkih sredina mjerenja, pomoću Murray-Daviesove jednadžbe izračunata je stvarna rastertonska vrijednost promatranih polja na uzorcima. Potom je izračunat i prirast rastertonske vrijednosti oduzimanjem idealne rastertonske vrijednosti od realnih vrijednosti dobivenih izračunom. Tablice izračuna nalaze se u prilogu rada.

#### **6.1.1.2 Konstrukcija krivulja prirasta i krivulja ISO standarda**

Osnova tiskarskog sustava rasterske reprodukcije nalazi se u standardizaciji cjelokupnog tiskarskog procesa. Standardizacija bi bila nemoguća bez temeljite analize elemenata koji su specifični za svaki tiskarski sustav. Na kvalitetu otiska u svakom tiskarskom procesu utječu različiti čimbenici od kojih se neke može, a neke ne može kontrolirati. Ti čimbenici su viskoznost bojila, temperatura stroja, pritisak među cilindrima, sposobnost miješanja bojila s otopinom za vlaženje, kiselost i tvrdoća otopine za vlaženje, tvrdoća i kvaliteta gumenih navlaka, tehničko stanje stroja, vrsta tiskovnih formi i načini izrade, vrsta tiskovne podloge i interakcija s bojilom i otopinom za vlaženje. Rezultat takvih odstupanja tiskarskih sustava značajno utječe na reprodukciju krivulja prirasta rastertonske vrijednosti. Iz tog razloga standardizacija krivulja prirasta RTV je izuzetno važna i ovisi o vrijednosti integralne gustoće obojenja kojom se obavlja tisak.

Konstrukcija krivulja prirasta rastertonskih vrijednosti napravljena je na svim ispitanim otiscima, a nastala je na osnovu vrijednosti točaka u rasponu 10% rastertonske vrijednosti. Po preporuci ISO standarda krivulja prirasta rastertonskih vrijednosti treba se definirati za rastertonske vrijednosti od 25%, 40%, 50%, 70%, 75% i 80%, no u nemogućnosti definicije takvih krivulja dovoljno je odrediti prirast rastertonske vrijednosti koja ne smije biti veća od 26% za novinske papire kao tiskovne podloge.



Uzorci su sadržavali rasterska polja na kojima je na umjetan način modificiran prirast raster-tonske vrijednosti, pomoću softvera za obradu slike i to za +3%, +6% i +9% pri rastertonskoj vrijednosti 50%. Modifikacija je učinjena kako bi se mogao odrediti minimalan prirast raster-tonske vrijednosti koji daje reprodukciju u skladu s naputcima ISO 12647-3:2004 standardom. Prilikom konstrukcije krivulja prirasta ustanovljeno je da kod krivulja cijan komponente (slika 68.) s nemodificiranim prirastom kao i modificiranim +3% i +6% krivulja kod rasterton-skih vrijednosti od 0% do 10% najprije pada do -5% prirasta RTV. Nakon 10% vrijednosti se povećavaju, pa se i krivulja s nemodificiranim prirastom kao i modificiranim +3% i +6% pri- družuju krivulji s modificiranim prirastom +9% u pozitivnim vrijednostima prirasta RTV. Do vrijednosti 50% rastertonske vrijednosti krivulje nisu ujednačene, no njihove se vrijednosti uspinju. Krivulja s modificiranim prirastom rastertonske vrijednosti za +9% pokazala je rep- rodukciju najbližu krivulji koju propisuje ISO standard, iako je ipak manje vrijednosti. Nakon 50% RTV krivulja se čak nalazi i unutar dozvoljenih odstupanja prema ISO standardu. U vi- sokim rastertonskim vrijednostima, iznad 80% RTV, sve promatrane krivulje se stabiliziraju i ponašaju prema očekivanju prateći krivulju ISO standarda.

Kod krivulja na kojima je promatrana magenta komponenta (slika 69.) ustanovljen je pad pri- rasta rastertonskih vrijednosti u negativan i to u rasponu od 0% do 10% RTV i to na krivulji s nemodificiranim prirastom i modificiranim +3% i +6%. Krivulja s modificiranim prirastom rastertonske vrijednosti +9% od početka analize nalazi se u pozitivnim vrijednostima. Krivu- lje prirasta vrlo su neujednačene i samo krivulja s modificiranim prirastom RTV +6% pri 50% rastertonske vrijednosti se nalazi unutar dozvoljenog područja odstupanja prema ISO standar- du. Nakon 85% RTV krivulje se stabiliziraju i prate krivulju ISO standarda.

Promatrajući krivulje prirasta rastertonske vrijednosti za žutu komponentu (slika 70.) može se primijetiti veliki pad prirasta RTV (-7%) kod nemodificirane krivulje prirasta rastertonske vrijednosti i to u rasponu od 0% do 17% RTV. Krivulja s modificiranim prirastom za +3% također pokazuje negativan prirast rastertonske vrijednosti u rasponu do 10% RTV. Promat- rane krivulje su i kod ove komponente vrlo neujednačene. Krivulja s modificiranim prirastom za +9% pri 40% RTV prelazi područje dozvoljenog odstupanja prema ISO standardu, a vraća se u dozvoljeno područje tek nakon 80% RTV. Krivulje se stabiliziraju pri 80% RTV i poči- nju pratiti krivulju propisanu ISO standardom. Samo krivulja s modificiranim prirastom RTV za +6% nalazi se svojim većim dijelom unutar područja dozvoljenog odstupanja prema ISO standardu.

Kod krivulja prirasta rastertonskih vrijednosti za crnu komponentu (slika 71.) može se primijetiti da su krivulja s nemodificiranim prirastom kao i ona s modificiranim prirastom za +6% pokazale negativan prirast (do -3%), dok su krivulje s modificiranim prirastom za +6% i +9% odmah pokazale pozitivne vrijednosti. Krivulje su i ovaj puta vrlo neujednačene, ne prate jedna drugu. Sve krivulje se nalaze u većini raspona rastertonskih vrijednosti ispod područja propisanog ISO standardom. Krivulje s modificiranim prirastom +9% i +6% jednim svojim dijelom ulaze u dozvoljeno područje i to krivulja +9% već pri 40% RTV, no njega prelazi pri 50% RTV, a krivulja +6% u dozvoljeno područje ulazi pri +50% RTV. Krivulje se stabiliziraju tek iznad 90% rastertonske vrijednosti.

Krivulje stvarne rastertonske vrijednosti za cijan komponentu (slika 72.) pokazuju jednaki trend kao kod krivulja prirasta rastertonske vrijednosti. Samo se krivulja s modificiranim prirastom RTV za +9% približila idealnoj krivulji propisanoj ISO standardom 12647-3:2004. Krivulje stvarne rastertonske vrijednosti za magenta komponentu (slika 73.) pokazuju također jednaki trend kao kod krivulja prirasta RTV, pa je jedino krivulja s modificiranim prirastom rastertonske vrijednosti za +6% blizu idealne ISO krivulje. Promatrajući krivulje stvarne rastertonske vrijednosti žute komponente (slika 74.) može se također vidjeti da je trend jednak kao kod krivulja prirasta RTV, te da je krivulja s modificiranim prirastom RTV za +6% najbliža idealnoj ISO krivulji. Ostale krivulje pokazuju ili prevelik ili premali prirast rastertonskih vrijednosti u odnosu na idealnu ISO krivulju. Krivulje stvarne rastertonske vrijednosti za crnu komponentu (slika 75.) pokazuju svoju neujednačenost kao i kod krivulja prirasta RTV, pa se samo krivulja s modificiranim prirastom rastertonske vrijednosti za +6% može naznačiti kao ona koja približno prati idealnu krivulju ISO standarda, no i ona tek nakon 50% RTV.

### **6.1.1.3 Određivanje raspona prirasta RTV**

Iz analize prirasta rastertonskih vrijednosti, pomoću denzitometra, na promatranim punim i rasterskim poljima na uzorcima dobivene su vrijednosti odstupanja prirasta RTV. Odabrana su polja 5%, 9%, 50%, 91% i 95% rastertonskih vrijednosti kako bi se ustanovilo ponašanje rasterske tehnologije pri malim i velikim rastertonskim vrijednostima. Pojedinačnim komponentama su modificirani prirasti RTV umjetnim putem, pomoću softvera za obradu slike za +3%, +6% i +9%.

Iz slike 76. na kojoj je prikazan raspon prirasta rastertonske vrijednosti za cijan komponentu, može se vidjeti da prirast RTV pri rastertonskoj vrijednosti 5%, kod nemodificiranog i modi-

ficiranog polja za +3%, +6% i +9%, ima negativnu vrijednost, od -4% do -3%. Pri rastertonskoj vrijednosti +9% prirast RTV kreće se od -2% na polju s nemodificiranom cijan komponentom, do 2% na polju na kojem je cijan komponenta s modificiranim prirastom +9%. Kod rastertonske vrijednosti 50% prirast RTV kreće se od 16% na polju s nemodificiranom cijan komponentom do 24% na polju s modificiranom cijan komponentom prirasta +9%. Ova vrijednost najbliža je ISO standardu koji propisuje 26% idealan prirast za klasičan AM raster, što odgovara i hibridnom rasteru koji se u srednjim rastertonskim vrijednostima ponaša kao klasičan AM raster. Kod rastertonske vrijednosti od 91% prirast RTV se kreće od 4% izmjeren na poljima s nemodificiranom cijan komponentom, do 6% na poljima s modificiranim prirastom cijan komponente za +3% i +9%. U području velikih rastertonskih vrijednosti 95% prirast RTV se kreće od 2% kod nemodificirane cijan komponente do 3% koliko je ujednačeno izmjereno na ostalim poljima s modificiranim prirastima za +3%, +6% i +9%.

Na slici 77. na kojoj je prikazano kretanje prirasta magenta komponente na uzorcima, može se vidjeti da je u malim rastertonskim vrijednostima, 5%, slučaj isti kao kod cijan komponente, pa da se prirast kreće u negativnim vrijednostima od -3% kod polja s nemodificiranim prirastom, kao i onoga s modificiranim prirastom za +3%, do -1% kod polja na kojem je prirast modificiran +6%. Kod 9% rastertonske vrijednosti prirast RTV kreće se od -2% kod polja s nemodificiranim prirastom magenta komponente do 3% kod polja na kojem je prirast modificiran +9%. U srednjim rastertonskim vrijednostima kod 50% prirast RTV se kreće od 17% kod modificiranih polja za +3% prirasta, do 23% kod polja na kojem je prirast modificiran +6%. U velikim rastertonskim vrijednostima pri 91%, prirast je poprilično ujednačen na 6%, osim kod polja s modificiranim prirastom RTV za magentu gdje je pokazao vrijednost 7%. Pri 95% prirast se kretao od 3% na polju s nemodificiranim prirastom RTV i modificiranim +9% do 8% koliko iznosi na polju s modificiranim prirastom RTV od +3%.

Na slici 78. koja prikazuje raspon prirasta rastertonske vrijednosti za žutu komponentu može se vidjeti da se prirast RTV kod malih rastertonskih vrijednosti od 5% kreće od -5% koliko je izmjereno na polju s nemodificiranim prirastom RTV, pa do 1% koliko je izmjereno na poljima s modificiranim prirastima RTV +3% i +6%. Kod rastertonske vrijednosti 9% prirast RTV je pokazao vrijednost -6% RTV, a kreće se do 4% na polju s modificiranim prirastom RTV +9%. U srednjim rastertonskim vrijednostima 50%, prirast RTV je izmjeren od 13% na polju s nemodificiranim prirastom RTV do 31% na polju s modificiranim prirastom i to +9%. Najbliži idealnom 26% prirastu kojega propisuje ISO standard 12647-3:2004 pri 50% RTV je rezultat izmjereno na polju s modificiranim prirastom od +6% i daje 27% prirasta. U visokim

rastertonskim vrijednostima, pri 91% RTV prirast je izmjeren od 5% na polju s nemodificiranim prirastom RTV i kreće se do 8% na polju s modificiranim prirastom za +9%. Kod 95% RTV prirast je izmjeren 3% na polju s nemodificiranim prirastom do 4% na ostalim poljima s modificiranim prirastima RTV za +3%, +6% kao i za +9% RTV.

Slika 79. pokazuje raspon prirasta RTV za crnu komponentu. Pri vrijednosti od 5% RTV, izmjereni prirast se kreće od -4% na polju s modificiranim prirastom RTV +6% do -1% koliko je izmjereno na polju na kojem je prirast modificiran samo +3%. Kod vrijednosti 9% izmjereni prirast rastertonske vrijednosti je pokazao raspon od -3% na nemodificiranom polju do 2% na modificiranom polju za +9%. U srednjim vrijednostima RTV najmanji prirast RTV je izmjeren na polju s nemodificiranim prirastom RTV i iznosi 11%, a kreće se do 29% koliko je izmjereno na polju s modificiranim prirastom od +9%. Najidealniji rezultat prema ISO standardu postignut je na polju s modificiranim prirastom od +6% i iznosi 25%. U visokim rastertonskim vrijednostima pri 91% prirast se kreće od 5% na nemodificiranom polju do 7% na svim ostalim modificiranim poljima. Na vrijednostima 95% izmjeren je prirast od 2% na polju s nemodificiranim prirastom RTV do 4% koliko je izmjereno na poljima s modificiranim prirastom za +3% i +9%.

#### **6.1.1.4 Izračunavanje spektrofotometrijskih krivulja**

Spektrofotometrijska mjerenja u vidljivom dijelu elektromagnetskog spektra provedena su pomoću X-rite SpectroEye spektrofotometra kako bi se dobili podaci o optičkim karakteristikama uzoraka. Mjerenja su dala vrijednosti optičkih svojstava uzoraka preko krivulja relativne refleksije. Relativna refleksija se mjerila koristeći valne duljine unutar intervala od 380 nm do 730 nm, svakih 10 nm uz uvjete standardnog izvora svjetlosti D65 i standardnog promatrača pod kutom 2°.

Karakteristika novinskih papira je vrlo mala bjelina podloge, jer se u njihovom sastavu ne nalaze dodaci optičkih bjelila za povećanje refleksije svjetlosti s tiskovne podloge.<sup>[28]</sup> Također promatrani novinski papir u velikoj mjeri u svom sastavu ima recikliranu sirovinu za koju se pretpostavilo da sadrži velik broj nečistoća koje utječu na refleksiju podloge. Zato je utjecaj podloge eliminiran na način da je najprije izmjerena relativna refleksija podloge koje je potom oduzeta od ukupnog rezultata na mjerenim poljima na uzorcima.

Najprije su na slici 80. uspoređene krivulje relativne refleksije za cijan komponentu, nakon eliminacije utjecaja tiskovne podloge, na način da su na prvom grafu prikazane relativne refleksije uzoraka s rastertonskim vrijednostima 5%, 9%, 50%, 91%, 95% bez modifikacije prirasta rastertonske vrijednosti. Iz grafa je vidljivo da je refleksija na uzorku 5% RTV velika u cijelom rasponu spektra, no nešto veća u plavom dijelu spektra od 440 nm do 530 nm. Krivulje refleksije na uzorcima 9%, 50%, 91% i 95% RTV prate ponašanje krivulje refleksije na uzorku 5% RTV, no refleksija je na njima manja u ovisnosti od rastertonske vrijednosti promatranog polja. Vidljivo je da je refleksija povišena u ljubičastom dijelu spektra od 380 nm do 410 nm, te da se u crvenom dijelu spektra također vidi blago povišenje od 650 nm do 700 nm. Uspoređena je refleksija na punom polju koja je gotovo izjednačena s refleksijom na polju RTV 95%. Na drugom grafu uspoređene su krivulje relativne refleksije uzoraka s rastertonskim vrijednostima 5%, 9%, 50%, 91% i 95% s modifikacijom prirasta RTV za 3%. Iz grafa je vidljivo da je refleksija na polju 5% RTV vrlo velika, najveća i plavom dijelu spektra od 410 nm do 560 nm. Ostale krivulje za polja 9%, 50%, 91% i 95% RTV prate ponašanje prve krivulje na način da je refleksija u ovisnosti od rastertonske vrijednosti promatranog polja. Također je uspoređena refleksija na punom polju koja je gotovo izjednačena s refleksijom na polju RTV 95%. Na trećem grafu su uspoređene krivulje relativne refleksije uzoraka s rastertonskim vrijednostima 5%, 9%, 50%, 91% i 95% s modifikacijom prirasta RTV za 6%. Ponašanje krivulja slično je kao i na prethodna dva grafa. Na četvrtom grafu, na kojem su uspoređene relativne refleksije na poljima s rastertonskim vrijednostima 5%, 9%, 50%, 91% i 95% uz modifikaciju prirasta RTV za 9%, krivulje pokazuju sličan trend kao i na prethodna tri grafa uz malo veću refleksiju na svim krivuljama ovisno o rastertonskoj vrijednosti.

Na slici 81. uspoređene su krivulje relativne refleksije za magenta komponentu, nakon eliminacije utjecaja tiskovne podloge, na način da su na prvom grafu prikazane relativne refleksije uzoraka s rastertonskim vrijednostima 5%, 9%, 50%, 91%, 95% bez modifikacije prirasta RTV. Iz grafa se može vidjeti da krivulje pokazuju najveću refleksiju u crvenom dijelu spektra od 590 nm do 730 nm. Poredane su u ovisnosti od rastertonske vrijednosti promatranog polja prema očekivanju. Na drugom grafu krivulje prikazuju relativnu refleksiju polja s RTV 5%, 9%, 50%, 91%, 95% s modifikacijom prirasta RTV za 3%. Trend krivulja jednak vrlo je sličan kao i na prvom grafu. Na trećem grafu krivulje prikazuju relativnu refleksiju polja s rastertonskim vrijednostima 5%, 9%, 50%, 91% i 95% uz modificirani prirast RTV za +6%. Krivulje se ponašaju slično kao i na prvom i drugom grafu. Refleksija je najveća na poljima s najmanjim intenzitetom obojenja, a najmanja na poljima s najvećim intenzitetom obojenja.

Slučaj je isti i na četvrtom grafu koji prikazuje krivulje relativne refleksije na promatranim poljima rastertonske vrijednosti 5%, 9%, 50%, 91% i 95% uz modificirani prirast RTV za 9%.

Slika 82. pokazuje četiri grafa s krivuljama refleksije za žutu komponentu na poljima s rastertonskim vrijednostima 5%, 9%, 50%, 91% i 95% s nemodificiranim prirastom RTV i modificiranim za +3%, +6% i +9%. Vidljivo je da je refleksija najveća u žutom i crvenom dijelu spektra od 520 nm do 730 nm. Relativna refleksija ovisi o intenzitetu obojenja, pa je refleksija veća što je intenzitet obojenja manji tj. najveća refleksija je vidljiva na polju s najmanjom rastertonskim vrijednošću 5%, a najmanja na polju s najvećom RTV 95%.

Slika 83. također pokazuje četiri grafa, no ovaj put za crnu komponentu bojila. Vidljivo je da krivulje refleksije na svim poljima prate isti trend, prema kojemu je refleksija vrlo mala gotovo na cijelom rasponu spektra od 400 nm do 730 nm, a obrnuto je proporcionalna s RTV promatranog polja tako da je veća što je RTV promatranog polja manji tj. što je intenzitet obojenja manji.

Slika 84., 85., 86. i 87. promatraju istu tematiku relativne refleksije na promatranim poljima rastertonske vrijednosti 5%, 9%, 50%, 91% i 95% s nemodificiranim prirastom i modificiranim za +3%, +6% i +9%, no ovaj put su na grafovima uspoređene spektrofotometrijske vrijednosti dobivene na poljima iste rastertonske vrijednosti i različito modificiranih prirasta RTV. Tako je na slici 84. na prvom grafu vidljivo da polje s RTV 5% i nemodificiranim prirastom rastertonske vrijednosti pokazuje najmanju refleksiju, a krivulje refleksije s ostalih polja jednake RTV, ali različito modificiranog prirasta, isprepliću se indicirajući veću refleksiju na promatranim poljima. Sljedeća četiri grafa koja prikazuju rastertonske vrijednosti na poljima RTV 9%, 50%, 91% i 95% cijan komponente, može se primijetiti jednaki obrazac ponašanja. Relativna refleksija je najveća u plavom dijelu spektra od 420 nm do 550 nm, a najveću refleksiju indiciraju polja s nemodificiranim prirastom rastertonske vrijednosti. Slika 85. pokazuje relativnu refleksiju na poljima na kojima se promatrala magenta komponenta. Obrazac ponašanja je na svim grafovima sličan, pa se tako relativna refleksija pokazala najvišom u području spektra od 600 nm do 730 nm. Krivulje relativne refleksije na slici 86. koje se tiču svojstava žute komponente, pokazuju da je najveća refleksija u području spektra od 520 nm do 730 nm tj. žutom i crvenom dijelu spektra. Krivulje se ponašaju vrlo ujednačeno, osim na malim rastertonskim vrijednostima 5%. Slika 87. koja pokazuje karakteristike crne komponente tj. bojila prikazuje krivulje s malom refleksijom na gotovo cijelom rasponu spektra od 410 nm do 730 nm. Refleksija je manja što je rastertonska vrijednost polja veća.

## 6.2 *Slikovna analiza*

### 6.2.1 *Analiza ukupnog prirasta*

Idealna reprodukcija u ofsetnom tisku, pa tako i u novinskom, bila bi kad bi se jasno mogli razaznati rasterski elementi pri svim rastertonskim vrijednostima od 0% do 100% čak i na 1% RTV, a pri 99% RTV ne bi smjelo dolaziti do zapunjavanja rasterskih elemenata. Zapunjavanje elemenata pri velikim rastertonskim vrijednostima smanjuju raspon gustoće obojenja pri otiskivanju reprodukcije. Takva reprodukcija u novinskom tisku gdje se tiskovni elementi vide pri svim rastertonskim vrijednostima, u praksi nije moguća i zbog toga ISO standard 12647-3:2004 propisuje vidljivost elemenata pri 3% i 97% RTV. Osim ovih vrijednosti, također se preporuča raspon reprodukcije gustoće obojenja kod kojega se vidi 2% rastertonska vrijednost pod uvjetom da se na kontrolnom stripu vidi reprodukcija linije 11  $\mu\text{m}$ . Hibridno rastriranje pokušaj je dobivanja idealne reprodukcije. Kako bi se ustanovila kvaliteta reprodukcije uzorci su fotografirani Dinolight digitalnim mikroskopom, te su polja 5%, 9%, 50%, 91% i 95% s nemodificiranim prirastom RTV, kao i modificiranim prirastom za +3%, +6% i +9%, podvrgnuta slikovnoj analizi. Analiziran je ukupan broj čestica, ukupna površina čestica u  $\text{mm}^2$ , prosječna površina čestica u  $\text{mm}^2$ , kao i pokrivenost promatranog polja u postotku. Također su analizirana mjerna polja dobivena s RIP (raster image processing) servera prije osvjetljavanja tiskovnih ploča i prije procesa tiska. Podaci dobiveni na mjernim poljima, u navedene dvije faze tiskarskog procesa, poslužili su za dobivanje ukupnog prirasta rastertonske vrijednosti i to na način da su pomoću softvera za slikovnu analizu oduzeti grafički prikazi, te je dobivena razlika otisnutih elemenata, bez prirasta rasterske vrijednosti koja nastaje u procesu tiska.

Tablica 8. pokazuje usporedbu mjernih rasterskih polja cijan komponente bojila rastertonskih vrijednosti 5%, 9%, 50%, 91% i 95%, a komparirane su dobivene vrijednosti polja na kojemu nije modificiran prirast RTV s onima na kojima je prirast RTV modificiran za +3%, +6% i +9%. Vidljivo je da broj čestica na poljima rastertonske vrijednosti 5% najprije iznosi 547 na polju nemodificiranog prirasta, potom raste na 583 čestice kod modifikacije prirasta za +3%, a potom pada na 303 kod modifikacije +6% i na kraju na 269 pri modifikaciji +9%. Površina čestica pri tome je najveća kod polja s nemodificiranim prirastom  $0,293 \text{ mm}^2$ , a najmanja kod polja s modificiranim prirastom +9%. Prosječna veličina čestica vrlo je mala  $0,0005 \text{ mm}^2$  i  $0,0004 \text{ mm}^2$  na svim poljima. Pokrivenost površine polja pada od 1,3% kod polja s nemodificiranim prirastom do 0,4% na polju s modificiranim prirastom za +9%. Na poljima rasterton-

ske vrijednosti 9% broj čestica se kreće od 318 čestica na nemodificiranom polju do 1175 na polju modificiranog prirast +3%. Ukupna površina čestica iznosi 0,109 mm<sup>2</sup> na nemodificiranom polju, a ide do 0,439 na polju s +3% modificiranim prirastom. Pri tome površina čestica opet je vrlo mala 0,0003 mm<sup>2</sup> i 0,0004 mm<sup>2</sup>. Pokrivenost polja se kreće od 0,5% do 0,9%. U srednjim tonovima pri 50% rastertonske vrijednosti broj čestica je najmanji na promatranom polju s modificiranim prirastom +9%, a najveći na polju s modificiranim prirastom +6% i iznosi 2939. Ukupna površina čestica je također najveća 4,648 mm<sup>2</sup> kod modificiranog polja +6%, a najmanja 2,205 mm<sup>2</sup> kod polja modificiranog +3%. Prosječna veličina čestice kreće se od 0,0001 na polju s modifikacijom +9% do 0,0016 na poljima bez modifikacije prirasta i s modifikacijom +6%. Pokrivenost promatranog polja pri tome je najmanja 9,8% na polju s modifikacijom +3%, a najveća kod modifikacije +6% i iznosi 20,7%. Kod rastertonske vrijednosti 91% u tamnim tonovima, broj čestica na promatranim poljima kreće se od 212 čestica na nemodificiranom polju do 2362 čestice na polju s modificiranim prirastom +3%. Ukupna površina čestica je 0,157 mm<sup>2</sup> kod nemodificiranog polja, a 1,531 mm<sup>2</sup> kod polja s modificiranim prirastom +9%. Veličina prosječne čestice je pri tome 0,0003 mm<sup>2</sup> kod polja s modificiranim prirastom +3% i čak 0,0063 kod polja s modificiranim prirastom +9%. Pokrivenost promatranog polja se kreće od najmanje vrijednosti 0,7% na polju bez modifikacije i 6,8% na polju s modifikacijom prirasta +9%. Na polju s najvećom rastertonskom vrijednošću 95%, najmanji broj čestica 177 vidljiv je na polju s modificiranim prirastom +9%, a najveći broj 191 vidljiv je na polju s modifikacijom +3%. Površina čestica je najveća kod nemodificiranog polja 1,089 mm<sup>2</sup>, a najmanja kod modifikacije +9% i iznosi 0,903 mm<sup>2</sup>. Prosječna veličina čestice je približno slična, od 0,0051 na polju s modifikacijom +9% prirasta do 0,0058 kod nemodificiranog polja. Pokrivenost polja je 4% kod najviše modificiranog prirasta +9%, a 4,9% kod polja nemodificiranog prirasta.

Tablica 9. prikazuje slikovnu analizu rasterskih polja magenta komponente pri 5%, 9%, 50%, 91% i 95% rastertonskim vrijednostima kad prirast RTV nije modificiran i pri modifikaciji +3%, +6% i +9%. Pri rastertonskoj vrijednosti 5% ukupan broj čestica najmanji je kod nemodificiranog polja i iznosi 400 čestica, a najveći je kod polja s modificiranim prirastom 945 čestica. Ukupna površina čestica najmanja je također na nemodificiranom polju 0,166 mm<sup>2</sup>, a najveća također na polju s modifikacijom prirasta +6%, iznosi 0,361 mm<sup>2</sup>. Prosječna veličina čestica vrlo je mala i iznosi 0,0004 mm<sup>2</sup> do 0,0005 mm<sup>2</sup>. Pokrivenost polja se kreće od 0,7% na nemodificiranom polju do 1,6% na polju modificiranom +6%. Pri rastertonskoj vrijednosti 9%, broj čestica najveći je na polju modificiranog prirasta +9%, iznosi 1127, a najmanju broj



čestica izmjeren je na polju modificiranog prirasta +6%. Ukupna površina čestica najmanja je kod polja s modificiranim prirastom +3%, iznosi 0,314 mm<sup>2</sup>, a najveća površina je kod nemo-modificiranog polja 0,518 mm<sup>2</sup>. Prosječna veličina čestica opet je vrlo mala od 0,0003 do 0,0005 mm<sup>2</sup>. Pokrivenost polja se kreće od 1,6% na polju modificiranog prirasta +9%, pa do 2,3% na polju bez modifikacije prirasta. U srednjim tonovima pri 50% RTV, najveći broj čestica izmjeren je na polju bez modifikacije, 3463, a najmanji broj na polju s modifikacijom +6% prirasta RTV. Ukupna površina čestica najmanja je također na nemodificiranom polju, 3,212 mm<sup>2</sup>, a najveća na polju s modifikacijom +9%, 4177 mm<sup>2</sup>. Prosječna veličina čestica kreće se od 0,0009 do 0,0014 mm<sup>2</sup> koliko je izmjereno na polju s modifikacijom prirasta +9%. Pokrivenost promatranog polja je 13,6% na nemodificiranom polju i kreće se do najviše 17,7% na polju modificiranog prirasta +9%. Pri RTV 91%, može se vidjeti da je broj čestica najmanji kod polja s modificiranim prirastom +9%, 211 čestica, a najveći na polju bez modifikacije, 359. Ukupna površina čestica se kreće od najmanje 1,522 mm<sup>2</sup> na polju s modifikacijom +9% do najviše 2,096 mm<sup>2</sup> na polju s modifikacijom +3%. Prosječna veličina čestice je najmanja na nemodificiranom polju 0,0052 mm<sup>2</sup>, a najveća na modificiranim poljima +3% i +9% gdje iznosi 0,0072 mm<sup>2</sup>. Na poljima s RTV 95% broj čestica najmanji je na polju +9%, 149 čestica, a najveći na polju +3%, 197 čestica. Ukupna površina čestica se kreće od 0,930 mm<sup>2</sup> kod polja s modificiranim prirastom +9%, do 1,136 mm<sup>2</sup> na nemodificiranom polju. Prosječna veličina se kreće od 0,0058 do 0,0064 mm<sup>2</sup>. Pokrivenost polja je od 4,1% kod polja modificiranog prirasta +9% do 5,1% na poljima s nemodificiranim prirastom i modificiranim +3%.

Na tablici 10. prikazana je analiza polja rastertonskih vrijednosti 5%, 9%, 50%, 91% i 95% s nemodificiranim prirastom, kao i modificiranim +3%, +6% i +9% za žutu komponentu bojila. Pri RTV 5% najmanji broj čestica izmjeren je na nemodificiranom polju, 249 čestica, a najveći na modificiranom polju +6%, 861 čestica. Ukupna površina čestica se kreće od 0,1 mm<sup>2</sup> na nemodificiranom polju do 0,417 mm<sup>2</sup> a polju s modifikacijom +6%. Veličina čestica je mala od 0,0004 mm<sup>2</sup> do 0,0005 mm<sup>2</sup>. Pokrivenost polja je najmanja na nemodificiranom polju i iznosi 0,4%, a najveća kod modifikacije +6%, iznosi 1,9%. Kod RTV 9%, broj čestica se kreće od 149 na nemodificiranom polju do 938 na polju s modificiranim prirastom +9%. Ukupna površina čestica se kreće od 0,053 na nemodificiranom polju do 0,437 na polju s prirastom +9%. Prosječna veličina čestice je od 0,0003 mm<sup>2</sup> do 0,0005 mm<sup>2</sup> koliko najviše iznosi na polju s modifikacijom prirasta +9%. Pokrivenost polja najmanja je na nemodificiranom polju 0,2%, a najveća na modificiranom polju +9%, iznosi 1,9%. U srednjim tonovima, ukupan broj čestica kreće se od 2497 čestica na modificiranom polju +9% do 3275 čestica na polju s modi-

fikacijom +6%. Površina čestica je najmanja na nemodificiranom polju, 2,818 mm<sup>2</sup>, a najveća na polju s modifikacijom +9%, 3,578 mm<sup>2</sup>. Prosječna veličina čestica se kreće od 0,0009 do 0,0014 mm<sup>2</sup> na polju s modifikacijom +9%. Pokrivenost polja je najmanja na nemodificiranom polju, 12,6%, a najveća na modificiranom polju +3% gdje iznosi 15,1%. Kod rasterton-ske vrijednosti 91%, izmjeren broj čestica kreće se od 232 čestice na polju s modifikacijom +9% do 375 čestica na polju bez modifikacije. Ukupna površina čestica je najmanja na polju s modifikacijom +9%, 1,615 mm<sup>2</sup>, a najveća na polju s modifikacijom +3%, 1,952 mm<sup>2</sup>. Prosječna veličina čestica kreće se od 0,0049 mm<sup>2</sup>, na nemodificiranom polju do 0,0070 mm<sup>2</sup> na polju s modifikacijom +9%. Pokrivenost polja najveća je na polju s modificiranim prirastom i iznosi 8,7%. Kod tamnih tonova, RTV 95%, broj čestica najmanji je na modificiranom polju +9%, 135 čestica, a najveći na nemodificiranom polju 181 čestica. Ukupna površina čestica kreće se od 0,833 mm<sup>2</sup> kod modificiranog polja +9% do 1,120 mm<sup>2</sup> na nemodificiranom polju. Prosječna veličina čestice ide od 0,0062 mm<sup>2</sup> do 0,0072 mm<sup>2</sup> koliko je najviše izmjereno na polju s modifikacijom +6%. Pokrivenost je najveća na nemodificiranom polju i iznosi 5%, a najmanja na modificiranom polju +9%, 3,7%.

Na tablici 11. prikazana je analiza crne komponente bojila preko rasterskih polja 5%, 9%, 50%, 91% i 95% bez modifikacije prirasta kao i s modifikacijom +3%, +6% i +9%. U svijetlim tonovima, pri RTV 5%, broj čestica se kreće od 256 na polju s modificiranim prirastom +3% do 306 na nemodificiranom polju. Površina čestica je najmanja na polju s modifikacijom +3%, 0,057 mm<sup>2</sup>, a najveća na polju s modifikacijom prirasta +9%, 0,141 mm<sup>2</sup>. Prosječna veličina čestice je od 0,0002 do 0,0004 mm<sup>2</sup> koliko je najviše izmjereno na nemodificiranom polju. Pokrivenost polja se kreće od 0,3% na modificiranom polju +3% do 0,6% na modificiranim poljima +6% i +9%. Pri RTV 9%, broj čestica najmanji je na polju +3%, iznosi 308, a najveći 832 izmjeren je na polju +9%. Ukupna površina čestica najmanja je na polju s modifikacijom +3%, 0,046 mm<sup>2</sup>, a najveća na modificiranom polju +9% prirasta, 0,222 mm<sup>2</sup>. Prosječna veličina čestica je 0,0002 mm<sup>2</sup> i 0,0003 mm<sup>2</sup>. Pokrivenost polja najveća je na polju s modifikacijom +9%, iznosi 1%. U srednjim tonovima, 50% RTV, najveći broj čestica 2538 izmjeren je na polju s modifikacijom prirasta za +6%, a najmanji na nemodificiranom polju 2229. Površina čestica se kreće od 1,087 mm<sup>2</sup> na nemodificiranom polju do 3,535 mm<sup>2</sup> na modificiranom polju +6%. Prosječna veličina čestica je najmanja na nemodificiranom polju 0,0005 mm<sup>2</sup>, a najveća 0,0014 mm<sup>2</sup> na polju s modifikacijom +6%. Pokrivenost polja je najmanja također na nemodificiranom polju 4,8%, a najveća 15,8% na modificiranom polju +6%. Pri 91% RTV, najveći broj čestica izmjeren je na nemodificiranom polju 1102, a naj-

manji broj 227 na polju s modifikacijom +9%. Ukupna površina čestica najmanja je na nemo-  
dificiranom polju  $0,890 \text{ mm}^2$ , a najveća  $1,783 \text{ mm}^2$  kod modifikacije +3% prirasta. Prosječna  
veličina čestica najveća je na poljima s modifikacijom +3% i +9% i iznosi  $0,0063 \text{ mm}^2$ . Pok-  
rivenost polja je najveća, 8%, kod modifikacije +3%. U tamnim tonovima, pri 95%, broj čes-  
tica je najveći kod nemodificiranog polja, 426, a najmanji 167 kod modificiranih polja +3% i  
+6%. Ukupna površina čestica najmanja je kod modifikacije +9,  $0,613 \text{ mm}^2$ , a najveća kod  
nemodificiranog polja,  $1,219 \text{ mm}^2$ . Prosječna veličina čestice je najveća kod modifikacije  
+9%,  $0,0060 \text{ mm}^2$ . Pokrivenost polja je najveća kod nemodificiranom polju i iznosi 5,4%.

### **6.2.2 Analiza utjecaja podloge**

Za očekivati je da promatrana tiskovna podloga s visokim udjelom reciklirane sirovine, oko  
84% prema certifikatu proizvođača, ima izuzetno važan utjecaj na prirast rasterskog elementa.  
Zato su uspoređene mikroskopske slike rasterskih polja iz pripreme, s RIP-a, s onima iz tiska,  
te je potom izolirana pojedinačna komponenta bojila. Oduzimanjem pokrivenosti polja izoli-  
rane komponente od pokrivenosti polja na otisku, dobiva se nečistoća tiskovne podloge tj.  
postotak koliko nečistoća iz podloge utječe na prirast rastertonske vrijednosti. Analize su pri-  
kazane tablicama od 12. do 31. za četiri procesne komponente bojila.

Tablica 12. pokazuje analizu polja rastertonske vrijednosti 5% za cijan komponentu bez mo-  
difikacije prirasta i s modifikacijama +3%, +6% i +9%. Na nemodificiranom polju broj česti-  
ca pada s 648 na RIP-u na 564 u tisku i 196 kad se izolira promatrana komponenta. Ukupna  
površina čestice također pada s  $1,193 \text{ mm}^2$ , na krajnjih  $0,083 \text{ mm}^2$  kod izolirane komponente.  
Prosječna veličina čestice također pada s  $0,0018 \text{ mm}^2$  na  $0,0004 \text{ mm}^2$ , kao i pokrivenost pro-  
matranog polja s 5,3% na 1,4%, pa 0,4%. Iz svega proizlazi da je nečistoća tiskovne podloge  
1%. Trend po kojemu se kreće broj čestica, ukupna površina čestica i njihova prosječna veli-  
čina, kao i posljedična pokrivenost promatranog polja jednak je i za polja s modificiranim  
prirastom rastertonske vrijednosti. Tako utjecaj nečistoće u podlozi na polju s modifikacijom  
+3% iznosi 0,8%, a 0,3% je izračunato na poljima s modifikacijama +6% i +9%. Tablica 13.  
pokazuje analizu polja rastertonske vrijednosti 9% za cijan komponentu. Kod nemodificira-  
nog polja broj čestica najprije raste s 737 na RIP-u do 824 na otisku, ali pada na 361 kad se  
izolira promatrana komponenta. Ukupna površina čestica međutim pada s  $2,067 \text{ mm}^2$  na  
 $0,442 \text{ mm}^2$ , pa potom na  $0,276 \text{ mm}^2$ . Prosječna veličina čestica pada s  $0,0028 \text{ mm}^2$  na  $0,0005$   
 $\text{mm}^2$  u tisku i zatim raste na  $0,0006 \text{ mm}^2$ . Pokrivenost promatranog polja s 9,2% na RIP-u

pada na 2% u tisku i potom na 1,2% kod izolacije komponente. Nečistoća tiskovne podloge iznosi 0,8%. Trendovi su slični i za ostala polja s modificiranim prirastom rastertonske vrijednosti, pa tako pokrivenost polja na RIP-u jasno prati povećanje prirasta, no pokrivenost polja u tisku pod utjecajem je nečistoće tiskovne podloge koja se kreće od 0,6% do 2,4% na analiziranim poljima. Tablica 14. prikazuje promatrana polja u srednjim tonovima, RTV 50% za cijan. Pokrivenost promatranog polja od one na RIP-u 49,8% do 40,8% u tisku pada na 36,8% kad se izolira promatrana komponenta, pa prema tome nečistoća tiskovne podloge iznosi 4%. Kod modificiranih polja za +3%, +6% i +9% prirasta, trend je isti. Pokrivenost polja pada od 52,4% na 41,5%, pa na 38,7% na polju s modificiranim prirastom za +3%. Nečistoća podloge je 2,8%. Na polju s +6% modifikacijom, pokrivenost polja pada s 56,4% na 39% poslije izolacije. Nečistoća podloge je 4,5%. Na kraju je slučaj isti i kod modifikacije +9%, gdje pokrivenost promatranog polja pada s 58,6% na 58% u tisku, pa na 46,9% nakon izolacije promatrane komponente, što znači da je utjecaj nečistoće podloge 11,1%. U tamnim tonovima, pri 91% RTV (tablica 15.) cijan komponente, pokrivenost nemodificiranog polja s RIP-a, 90,9%, je manja od one u tisku, 97,4% i manja od pokrivenosti polja nakon izolacije komponente, 96,5%. Nečistoća podloge je 0,9%. Trend je sličan i kod polja s modificiranim prirastom RTV. Tako je kod modifikacije +3% s 91% na RIP-u pokrivenost porasla na 97,2%, kod modifikacije +6% s 91,7% na 97,1%, a kod modifikacije +9% s 92,7% na 97,1% nakon izolacije promatrane komponente. No, utjecaj podloge izmjeren je od 0,9% do 2,2%. Tako je analiza pokazala i pri rastertonskoj vrijednosti 95% cijan komponente (tablica 16.) gdje inicijalna pokrivenost polja iz pripreme, raste u tisku, no izolacijom promatrane komponente, dobiva se utjecaj nečistoće u podlozi od 0,9% do 1,5%.

Analizu polja s magenta komponentom pri 5% RTV prikazuje tablica 17. Ukupan broj čestica, kao i ukupna površina čestica i prosječna veličina čestica padaju od RIP-a, preko tiska do izolirane komponente. Posljedično je i pokrivenost polja od 5,3% na RIP-u, pala najprije na 0,9% u tisku i potom na 0,5% nakon izolacije. Nečistoća podloge je izmjerena na 0,4%. Trend je sličan i na poljima s modificiranim prirastima rastertonskih vrijednosti, gdje pokrivenost polja također pada iz pripreme do izolacije promatrane komponente, no utjecaj nečistoće podloge je izračunat na vrijednost od 0,9% do 1,4%. Tablica 18. prikazuje stanje pri 9% RTV za magenta komponentu. Pokrivenost nemodificiranog polja pada s 9,2% na 4,4% i potom na 3,1%. Utjecaj nečistoća u podlozi je 1,3%. Kod modificiranih polja utjecaj nečistoća u podlozi se kreće od 0,1% do 1,2%. U srednjim tonovima, 50% RTV (tablica 19.), izmjereni utjecaj nečistoća u podlozi je najveći i kreće se od 7% koliko je izmjereno na polju s modificiranim

prirastom +6% do 13,8% koliko je izmjereno na polju s modifikacijom prirasta +9%. U tablici 20., gdje su prikazana polja s magenta komponentom pri 91% RTV, vidi se da je utjecaj nečistoća podloge od 0,2%, pri modificiranom prirastu +3%, do 2,6% na nemodificiranom polju. Tablica 21. prikazuje magenta komponentu pri 95% RTV, gdje je izmjeren utjecaj nečistoće podloge od 0,2% na poljima s modificiranim prirastom +3% i +6%, do 3,6% na polju s modificiranim prirastom +9%.

Tablica 22. pokazuje analizu polja 5% RTV sa žutom komponentom. Broj čestica na promatranim poljima pada od 724 na polju s RIP-a do 73 na polju izolirane komponente. Ukupna površina čestica također pada s  $1,161 \text{ mm}^2$  na RIP-u do  $0,046 \text{ mm}^2$  na izoliranom polju. Prosječna veličina čestice kreće se od  $0,0004 \text{ mm}^2$  do  $0,0016 \text{ mm}^2$ . Pokrivenost polja je najveća na RIP polju, 5,2%, a najmanja kod izolirane komponente 0,2%. Pri tome je izmjerena nečistoća tiskovne podloge 0,3%. Na ostalim poljima na kojima je modificiran prirast RTV +3%, +6% i +9% trend je isti. Broj čestica se u tisku povećava u odnosu na RIP, no ukupna veličina čestica pada do polja s izoliranom komponentom. Pokrivenost promatranog polja u pravilu se smanjuje u odnosu na RIP polje, pa je tako izmjereno da je nečistoća tiskovne podloge od 0,4% do 0,8%. Pri RTV 9% (tablica 23.) kod žute komponente pokrivenost promatranog polja također znatno pada od one izmjerene na polju RIP-a do polja s izoliranom promatranom komponentom. Slučaj je isti kod nemodificiranog polja kao i kod modificiranog +3%, +6% i +9%. Utjecaj nečistoće tiskovne podloge određen je na vrijednosti od 0,2% kod polja s modifikacijom +6% do 1,5% kod polja s modifikacijom +9%. U srednjim tonovima, pri 50% RTV žute komponente (tablica 24.), broj čestica na otisku raste u odnosu na stanje na RIP-u, no ukupna površina čestica pada, kao i prosječna veličina čestica. No, pokrivenost polja i ovdje je na otisku manja nego na RIP-u, a još manja kad se izolira promatrana komponenta. Izmjerena nečistoća tiskovne podloge se kreće od 1,6% kod polja s modificiranim prirastom +9% do 10,7% na polju bez modifikacije prirasta. U tamnim tonovima, 91% RTV žute komponente (tablica 25.), broj čestica raste na otisku u odnosu na RIP, a potom se smanjuje kad se izolira promatrana komponenta. Takav je slučaj i s ukupnom površinom čestica. No, prosječna veličina čestica pada, a pokrivenost promatranog polja je veća na otisku nego na RIP-u, što znači da je polje znatno zapanjenije. Nečistoća tiskovne podloge ovdje je zbog velike zapunjenosti polja, malo vidljiva i iznosi 0,8% na nemodificiranom polju. Pri 95% RTV (tablica 26.) broj čestica opet raste na otisku u odnosu na RIP, kao i ukupna površina čestica, no prosječna veličina čestica opet pada. Pokrivenost promatranog polja raste i pokazuje da je polje gotovo pot-

puno pokriveno od 99% do 99,6%. Nakon izolacije promatrane komponente, izračunata je i nečistoća tiskovne podloge i kreće se od 0,2% do 1%.

Tablica 27. prikazuje polja rastertonske vrijednosti 5% crne komponente. Ukupan broj čestica na poljima u tisku pada u odnosu na stanja polja u RIP-u. Slučaj je isti i s ukupnom površinom čestica kao i prosječnom veličinom čestica koje znatno padaju u tisku. Posljedično i pokrivenost promatranog polja je vrlo mala, a izračunata nečistoća tiskovne podloge se kreće od 0,1% na polju s nemodificiranim prirastom do 0,5% na polju s modifikacijom prirasta +6%. Tablica 28. prikazuje polja s crnom komponentom pri RTV 9%. Broj čestica kod ove rastertonske vrijednosti, kao i kod drugih komponenata boje koje su već analizirane, najprije raste u tisku. Ukupna površina čestica, kao i prosječna veličina čestica pada znatnije u tisku u odnosu na RIP. Pokrivenost promatranog polja posljedično pada u tisku, a još više pada kad se izolira promatrana crna komponenta. Zato je nečistoća tiskovne izračunata u vrijednostima od 1,2% do 4,1%. U srednjim tonovima, pri RTV 50% crne komponente (tablica 29.), pokrivenost promatranog polja kod polja s nemodificiranim prirastom pada u tisku u odnosu na RIP, dok je slučaj kod polja s modifikacijom prirasta obrnut. Nečistoća tiskovne podloge kreće se od 0,4% do 1,2%. Tablica 30. prikazuje tamne tonove pri 91% rastertonske vrijednosti crne komponente. Broj čestica kod ove RTV raste u tisku u odnosu na RIP, čak i nakon izolacije promatrane komponente. Ukupna površina čestica također raste, no prosječna veličina čestica pada. Pokrivenost promatranog polja otkriva da su polja znatno zapunjenija u tisku nego što bi to trebao biti slučaj prema pripremi. Nečistoća tiskovne podloge je od 0,2% do 0,5%. Stanje na tablici 31., kod RTV 95% crne komponente, vrlo je slično situaciji na tablici 30. i rastertonskoj vrijednosti 91%. Pokrivenost polja veća je u tisku nego na RIP-u, polja su zapunjenija nego što su trebala biti, a nečistoća podloge je izmjerena od 0,1% na polju s modifikacijom prirasta +3% do 1,6% na polju bez modifikacije prirasta.

### **6.2.3 Analiza broja čestica**

Sistematizacijom rezultata dobivenih slikovnom analizom otisnutih polja, dobiveni su grafovi broja čestica na promatranim poljima (slika 88.). Slikovnom analizom rasterskih polja cijan komponente, dimenzija 5x5 mm, otisnutih na uzorcima vidljivo je da broj čestica ne prelazi brojku od 800 čestica u tamnim tonovima pri RTV 95%. Broj čestica je vrlo mali pri rastertonskoj vrijednosti 5%. Krivulje broja čestica kod magenta komponente vrlo su neujednačene, podaci variraju i pokazuju određene anomalije, iako je lako uočiti da niti kod ove komponente

broj čestica u prosjeku ne prelazi 800, a kod malih rastertonskih vrijednosti 5% ispod je 400. Kod žute komponente krivulje su naizgled ujednačene na poljima s modifikacijom prirasta +3% i +6%. Ukupan broj čestica je ispod 800, a vrlo je mali kod malih RTV 5%. Broj crnih čestica omogućio je konstrukciju krivulja s vrlo neujednačenim prikazom, pogotovo kod RTV 91% i 50%. Broj čestica kreće se ispod 800, no sa znatnom anomalijom izmjerenom kod RTV 91% kod broja čestica preko 2600.

#### **6.2.4 Analiza cirkularnosti rasterskih elemenata**

Deformacija rasterskog elementa može biti i pozitivna i negativna, iako je u većini slučajeva pozitivna, osim kada se na rasterski element djeluje i stvara se negativna deformacija koja će kasnije, za vrijeme proizvodnje, postati pozitivna. Idealna cirkularnost rasterskog elementa je definirana s brojkom 1, a za vrijednosti veće od 1 rasterski element sadrži drugačiji oblik. Kada je cirkularnost manja od 1 tada su točkice vrlo male i vrijednost cirkularnosti može biti netočna.

Slikovnom analizom dobiveni su podaci o cirkularnosti čestica koji su potom prikazani krivuljama u usporednim grafovima za svaku pojedinačnu komponentu na slici 89. Iz grafa za cijan komponentu može se vidjeti da većina analiziranih čestica ima vrijednost iznad 1,0 do 1,4 jedinica, što znači da u prosjeku nemaju idealan kružni oblik, no da ih ipak ima puno koje su zadržale kružni oblik u tisku. Izuzetak su čestice kod polja RTV 50% koje se međusobno spajaju u tisku i vrlo su nepravilnih oblika, pa je očitana cirkularnost od 0,3 do 0,6 jedinica. Slučaj za ovu rastertonsku vrijednost se ponavlja i kod drugih komponenata boje, pogotovo kod žute boje. Kod magente krivulje se također kreću u rasponu od 0,9 do 1,4 jedinica i vrlo su ujednačene. Trend je jednak i kod žute komponente, gdje se odstupanje vidi samo kod srednjih tonova, RTV 50%. Krivulje cirkularnosti crne komponente se većinom nalaze također u rasponu od 1,0 do 1,4 jedinica, no nepravilnosti postoje kod srednjih tonova RTV 50% i djelomično u svijetlim tonovima pri RTV 9%.

#### **6.2.5 Analiza punoće rasterskih elemenata**

Na slici 90. prikazani su grafovi sistematiziranih krivulja punoće čestica. Punoća čestica može se definirati kao udio piksela unutar konveksne ovojnice objekta. Izračunava se kao odnos između površine objekta i površine odgovarajuće konveksne ovojnice. Ispunjeni objekti imaju

punoću bližu 1, a objekti koji imaju punoću imaju manju od 1, nepravilnog su oblika ili sadrže praznine. Iz analize krivulja može se vidjeti da se kod cijan komponente punoća čestica nalazi u rasponu od 0,86 do 0,94 jedinice, uz iznimku čestica pri 50% RTV koje su u rasponu od 0,78 do 0,82 jedinice. Krivulje punoće magenta čestica također se kreću u rasponu od 0,87 do 0,92, osim kod srednjih tonova rastertonskih vrijednosti 50%, gdje su između 0,83 do 0,87. Kod žute komponente kreću se od 0,88 do 0,93 jedinica, a vrijednost na srednjim tonovima pada i do 0,81 jedinica. Punoća crnih čestica također je u relativno istom rasponu kao i ostale komponente, od 0,86 do 0,92. Izuzetak nisu niti čestice pri 50% RTV. Svi ovi podaci kazuju da čestice zaista imaju punoću, no da su nepravilnih oblika.

### **6.3 Vizualna analiza kvalitete**

Za utvrđivanje kvalitete otiska od važnog značaja je i krajnji konzument tj. promatrač ili čitatelj kojemu je vizualna informacija namijenjena. Zato su provedena i ispitivanja doživljaja kvalitete ispitivanih uzoraka na način da su ispitanici trebali odrediti koje otiske doživljavaju kao kvalitetnije, a koje kao manje kvalitetne. Na slici 92. prikazan je doživljaj kvalitete ispitivanih uzoraka na kojima je modificiran prirast cijan komponente za +3%, +6% i +9%. Iz grafa je vidljivo da je uzorak s modificiranim prirastom +6% ocijenjen ukupno najlošijom ocjenom u 32 slučaja, a uzorak s modificiranim prirastom +3% u 28 slučajeva ocijenjen je kao najbolji. Slika 93. analizira vizualni doživljaj kvalitete uzoraka s modificiranom magenta komponentom. Bez sumnje najlošijim otiskom ocijenjen je uzorak s modifikacijom prirasta +9% u čak 40 slučajeva. Najboljom ocjenom u 25 slučajeva ocijenjen je uzorak s prirastom +3%. Na grafu na slici 94., gdje je prikazana vizualna analiza kvalitete žute komponente, vidljivo je da se uzorak s modificiranim prirastom za +6% nije učinio kvalitetnim za čak 52 ispitanika, dok je za najbolju ocjenu pomalo nejasno, kojem uzorku pripada, za koji glas više uzorku s prirastom +3% u odnosu na nemodificirani uzorak. Ovakvo stanje može se pripisati utjecaju boje tiskovne podloge na vizualni doživljaj ispitanika. Slika 95., s modificiranim uzorcima crne komponente, pokazuje nesumnjivo najlošije ocijenjeni uzorak modificiranog prirasta +6%. Najlošijim su ga ocijenila čak 64 ispitanika. Najbolju i dobru ocjenu zaslužio je uzorak s uzorak s modificiranim prirastom +3%, u 33 slučaja odnosno 37 slučajeva.



## 6.4 *Sinteza rezultata*

Presjek svih najvažnijih rezultata istraživanja dan je tablicama od 32. do 35. koje sadrže:

- a) podatke o spektrofotometrijskom mjerenju - usporedba relativne refleksije polja modificiranog prirasta na uzorku u odnosu na polje s nemodificiranim prirastom na uzorku
- b) broj čestica - izmjeren slikovnom analizom polja (usporedba u poglavlju 6.2.3)
- c) pokrivenost polja - otkriva odnos rastertonske vrijednosti u pripremi (na RIP-u) i realni RTV u tisku (podaci na osnovu slikovne analize)
- d) cirkularnost čestica - izmjerena slikovnom analizom (usporedba u poglavlju 6.2.4)
- e) punoća čestica - izmjerena slikovnom analizom (usporedba u poglavlju 6.2.5)
- f) gustoća obojenja - vrijednost dobivena denzitometrijskim mjerenjem
- g) stvarna rastertonska vrijednost - vrijednost dobivena denzitometrijskim mjerenjem

U tablici 32. prikazan je presjek svih navedenih vrijednosti za cijan komponentu. Vidljivo je da broj čestica kod polja s nemodificiranim prirastom raste od 196 čestica kod RTV 5% do 659 kod RTV 50%, no potom pada do 591 čestice na RTV 95%. Pokrivenost polja raste od 0,4% kod RTV 5% do 36,8% kod RTV 50% i 97,5% na polju s RTV 95%. Cirkularnost čestica kreće se između 1,061 do 1,211 jedinica, osim u srednjim tonovima, gdje je 0,610. Punoća čestica nalazi se u rasponu od 0,821 u srednjim tonovima do 0,904 kod RTV 5%. Gustoća obojenja na polju s RTV 5% je 0,003 i raste na 0,373 pri RTV 50% do 0,810 na polju najveće rastertonske vrijednosti 95%. Stvarna rastertonska vrijednost iznosi 1% na polju RTV 5%, 66% na polju RTV 50% i 97% na polju RTV 95%.

Kod polja s modificiranim prirastom +3%, ustanovljeno je da relativna refleksija pri RTV 5% manja od one na nemodificiranom polju, dok je kod RTV 9% veća, potom opet kod RTV 50% manja i na RTV 91% i 95% veća od nemodificiranog polja. Broj čestica raste od 243 kod RTV 5% do 679, koliko je najviše izmjereno pri RTV 91%, te pada na 585 pri RTV 95%. Pokrivenost polja raste od 0,5% pri RTV 5% na 38,7% pri RTV 50%, te na 97,6% pri RTV 95%. Cirkularnost čestica otkriva vrijednosti između 1,080 do 1,124 jedinica osim na polju RTV 50% gdje iznosi 0,580. Punoća čestica kreće se između 0,817 i 0,889. Gustoća obojenja raste od 0,007 pri RTV 5% do 0,893 pri RTV 95%. Stvarna rastertonska vrijednost je 2% na polju RTV 5%, 69% pri RTV 50% i 98% pri RTV 95%.

Na poljima s modificiranim prirastom +6% relativna refleksija je pri RTV 5% manja od one na nemodificiranom polju, kao i kod RTV 9%. Pri RTV 50% refleksija je veća, potom na RTV 91% manja i zatim opet veća pri 95%. Broj čestica raste od 172 na RTV 5% do 656 na polju RTV 95%. Pokrivenost polja iznosi 0,3% na polju RTV 5%, 39% pri RTV 50% i 97,2% pri RTV 95%. Cirkularnost čestica izmjerena je u rasponu od 1,009 do 1,269, osim kod RTV 50% gdje iznosi 0,532. Punoća čestica se kreće od 0,812 do 0,929. Gustoća obojenja izmjerena je od 0,003 pri RTV 5% do 0,873 pri RTV 95%. Stvarna rastertonska vrijednost kreće se od 1% pri RTV 5% do 71% pri RTV 50% do 98% na polju RTV 98%.

Kod polja s modificiranim prirastom +9% može se primijetiti da je relativna refleksija kod RTV 5% manja od one na nemodificiranom polju, a potom je na RTV 9%, 50%, 91% i 95% veća. Broj čestica raste od 69 pri RTV 5% do 681 pri 91%, a potom pada na 661 pri RTV 95%. Pokrivenost polja raste od 0,1% pri RTV 5% do 46,9% pri RTV 50% i zatim na 97,8% pri RTV 95%. Cirkularnost čestica se kreće u rasponu od 1,071 do 1,371, osim u srednjim tonovima gdje iznosi 0,337. Punoća čestica iznosi od 0,782 do 0,925 jedinica. Gustoća obojenja je izmjerena od 0,003 pri RTV 5% do 0,937 pri RTV 95%. Stvarna rastertonska vrijednost kreće se od 1% pri RTV 5% do 74% kod RTV 50% i na kraju 98% pri RTV 95%.

Tablica 33. prikazuje presjek rezultata dobivenih na poljima magenta komponente s nemodificiranim prirastom i modificiranim +3%, +6% i +9%. Vidljivo je da se na poljima nemodificiranog prirasta broj čestica kreće od 220 pri RTV 5% do 676 kod RTV 9%, te potom pada na 191 pri RTV 95%. Pokrivenost polja raste od 0,5% pri RTV 5% na 37,6% pri RTV 50% i potom na 99,8% pri RTV 95%. Cirkularnost čestica kreće se u rasponu od 1,069 do 1,397, osim pri RTV 50% gdje iznosi 0,597. Punoća čestica daje vrijednosti od 0,832 do 0,914 jedinica. Gustoća obojenja iznosi 0,007 pri RTV 5% i raste do 0,907 pri RTV 95%. Stvarna rastertonska vrijednost raste od 2% pri RTV 5% do 65% pri RTV 50% i potom na 98% pri RTV 95%.

Na poljima s modificiranim prirastom rastertonske vrijednosti za +3% može se zaključiti da je relativna refleksija na polju RTV 5% veća od refleksije na nemodificiranom polju, pri RTV 9% manja, potom opet na RTV 50% veća, zatim na RTV 91% manja i na kraju pri RTV 95% veća. Broj čestica raste od 154 na RTV 5% do 946% pri RTV 50%, a zatim pada na 330 pri RTV 91% i opet raste na 511 na RTV 95%. Pokrivenost polja raste od 0,3% pri RTV 5% do 32,5% na RTV 50%, pa na 99,2% pri RTV 95%. Cirkularnost čestica se kreće između 1,019 i 1,227, osim na polju RTV 50% gdje iznosi 0,779 jedinica. Punoća čestica kreće se između

0,863 i 0,908. Gustoća obojenja ima vrijednosti od 0,007 na RTV 5% do 0,867 pri RTV 95%. Stvarna rastertonska vrijednost je 2% pri RTV 5%, 67% pri RTV 50% i 100% na RTV 95%.

Polja s modificiranim prirastom +6% daju sljedeće podatke. Relativna refleksija na svim rastertonskim vrijednostima veća je od one izmjerene na polju s nemodificiranim prirastom. Broj čestica raste od 319 na polju RTV 5% do 730 na polju RTV 9%, no potom pada na 150 čestica pri 95%. Pokrivenost polja kreće se od 0,8% pri RTV 5%, do 39,5% pri RTV 50% i zatim do 99,6% pri RTV 95%. Cirkularnost čestica ima vrijednosti od 1,021 do 1,268, osim kod RTV 50% gdje iznosi 0,569. Punoća čestica je od 0,841 do 0,902. Gustoća obojenja iznosi 0,017 na RTV 5% i 0,897 na polju RTV 95%. Stvarna rastertonska vrijednost je 4% na polju RTV 5%, 73% pri RTV 50% i 98% na polju RTV 95%.

Na poljima s modificiranim prirastom +9% može se uočiti da je relativna refleksija na polju RTV 5% veća od one na nemodificiranom polju, potom je na RTV 9% manja, zatim pri RTV 50% veća i potom opet na RTV 91% i 95% manja. Broj čestica se kreće od 290 na polju RTV 5% do 1544 pri RTV 50%, a zatim pada na 232 pri RTV 91% i na kraju opet raste na 502 pri RTV 95%. Pokrivenost polja je od 0,6% pri RTV 5%, 32% pri RTV 50% i 99,1% pri RTV 95%. Cirkularnost čestica kreće se od 0,939 do 1,168, a odstupanje nije veliko niti u srednjim tonovima gdje iznosi 0,838. Punoća čestica iznosi od 0,867 do 0,901 jedinica. Gustoća obojenja raste od 0,013 pri RTV 5% do 0,840 pri RTV 91% i 95%. Stvarna rastertonska vrijednost izmjerena na RTV 5% iznosi 3%, pri RTV 50% 69%, a na RTV 95% iznosi 98%, kao i na RTV 91%.

Tablica 34. daje pregled svih rezultata dobivenih analizom uzoraka žute komponente s polja nemodificiranog prirasta kao i modificiranog +3%, +6% i +9%. Vidljivo je da kod nemodificiranog polja broj čestica raste od 73 pri RTV 5% do 843 pri RTV 50%, a potom pada na 492 pri RTV 95%. Pokrivenost polja raste od 0,2% pri RTV 5% na 36,4% pri RTV 50%, pa na 98,6% pri RTV 95%. Cirkularnost čestica kreće se od 1,112 do 1,445 jedinica, osim na polju s RTV 50% gdje je 0,563. Punoća čestica se kreće od 0,815 do 0,921. Gustoća obojenja iznosi 0 na RTV 5% i raste do 0,873 pri RTV 95%. Stvarna rastertonska vrijednost raste od 0% pri RTV 5% do 63% pri RTV 50% i potom na 98% pri RTV 95%.

Na poljima s modificiranim prirastom +3%, relativna refleksija pri RTV 5% manja je od one na nemodificiranom polju, a na RTV 9% i 50% je veća, dok je na RTV 91% i 95% manja. Broj čestica pada s 557 pri RTV 5% na 508 pri RTV 50%, pa zatim raste na 581 pri RTV 95%. Pokrivenost polja se kreće od 1,7% na RTV 5%, 46,1% pri RTV 50% i zatim 98,3% pri

RTV 95%. Cirkularnost čestica kreće se od 1,092 do 1,240 jedinica, no odstupanje je opet vidljivo u srednjim tonovima gdje iznosi 0,407. Punoća čestica je ujednačena od 0,848 do 0,908. Gustoća obojenja se kreće od 0,023 kod RTV 5% do 0,880 pri RTV 95%. Stvarna rastertonska vrijednost raste od 6% na polju RTV 5% preko 73% na polju RTV 50% do 99% na polju RTV 95%.

S polja modificiranog prirasta +6% mogu se izvući sljedeće analize. Relativna refleksija na polju RTV 5% manja je nego na nemodificiranom polju, dok je na RTV 9% i 50% veća i opet na RTV 91% i 95% manja. Broj čestica pada s 483 pri RTV 5% na 320 pri RTV 91%, a potom opet raste na 424 pri RTV 95%. Pokrivenost polja nesumnjivo raste s 1,5% pri RTV 5% na 49,1% pri RTV 50% i potom na 99,4% pri RTV 95%. Cirkularnost čestica kreće se od 1,121 do 1,314 jedinica osim kod RTV 50% gdje iznosi 0,524. Punoća čestica ujednačena je od 0,885 do 0,925 jedinica. Gustoća obojenja kreće se od 0,023 kod RTV 5% do 0,910 kod RTV 95%. Stvarna rastertonska vrijednost raste od 6% pri RTV 5% na 77% u srednjim tonovima, te na 99% pri RTV 91% i 95%.

Na poljima s modificiranim prirastom +9% može se vidjeti da je relativna refleksija pri RTV 5% manja od one na nemodificiranom polju, dok je pri RTV 9% i 50% veća, na 91% manja, a na RTV 95% opet veća. Broj čestica raste od 381 na RTV 5% do 1135 na RTV 50%, a potom pada na 212 kod RTV 91% i zatim raste na 467 kod RTV 95%. Pokrivenost polja raste s 1% kod RTV 5% na 56% kod RTV 50% i zatim na 99,2% kod RTV 95%. Cirkularnost čestica kreće se od 1,046 do 1,340 osim kod RTV 50% gdje iznosi 0,730. Punoća čestica je ujednačena od 0,871 do 0,924. Gustoća obojenja raste od 0,013 do 0,923, a stvarna rastertonska vrijednost raste od 3% pri RTV 5% na 81% pri RTV 50% i zatim na 99% koliko je izmjereno na poljima RTV 91% i 95%.

Tablica 35. prikazuje presjek rezultata dobivenih analizom uzoraka crne komponente s nemodificiranim i modificiranim prirastom rastertonske vrijednosti za +3%, +6% i +9%. Na polju s nemodificiranim prirastom vidljivo je da broj čestica raste s 351 na polju RTV 5% na 2613 kod polja RTV 91% i potom pada na 758 čestica na polju RTV 95%. Pokrivenost polja kreće se od 0,5% na polju RTV 5% do 43,3% na RTV 50% i potom do 97,9% na polju RTV 95%. Cirkularnost čestica se kreće od 1,082 do 1,282, a odstupa na poljima RTV 50% gdje iznosi 0,643 i RTV 91% gdje je izmjereno 1,512. Punoća čestica varira od 0,875 do 0,910 jedinica. Gustoća obojenja raste od 0,007 na polju RTV 5% do 0,997 na polju RTV 95%. Stvarna rastertonska vrijednost raste od 2% pri RTV 5% do 61% na RTV 50% i 97% na polju RTV 95%.

Na poljima s modificiranim prirastom za +3% vidljivo je da je relativna refleksija na polju RTV 5% manja od one na nemodificiranom polju, a veća na svim ostalim analiziranim raster-tonskim vrijednostima. Broj čestica raste s 434 na 1312 kod RTV 50%, a potom pada na 523 na polju od RTV 91% i onda opet raste na 876 pri 95% RTV. Pokrivenost polja raste od 0,6% kod RTV 5% na 58,7% kod RTV 50% i na 98,8% pri RTV 95%. Cirkularnost čestica se kreće od 1,022 do 1,378, odstupajući u srednjim tonovima gdje iznosi 0,799. Punoća čestica kreće se od 0,857 do 0,916. Gustoća obojenja raste od 0,017 kod RTV 5% do 1,093 pri RTV 95%. Stvarna rastertonska vrijednost iznosi 4% pri RTV 5%, raste na 69% pri RTV 50% i na 99% pri RTV 95%.

Polja s modificiranim prirastom +6% dala su rezultate iz kojih je vidljivo da je relativna refleksija kod polja RTV 5% manja od one na nemodificiranom polju, a veća na svim ostalim rastertonskim vrijednostima. Broj čestica raste od 432 pri RTV 5% do 1622 kod RTV 50%, zatim pada na 520 i za kraj opet raste na 848 pri RTV 95%. Pokrivenost polja raste od 0,9% pri RTV 5% do 66,2 pri RTV 50% i do 98,6% pri RTV 95%. Cirkularnost čestica kreće se u rasponu od 0,924 do 1,371 jedinica. Punoća čestica iznosi od 0,848 do 0,901. Gustoća obojenja raste od 0,003 pri RTV 5% do 1,120 pri RTV 95%. Stvarna rastertonska vrijednost raste od 1% pri RTV 5% na 75% pri RTV 50%, pa do 98% pri RTV 91% i 95%.

Na poljima s modificiranim prirastom +9% relativna refleksija pri RTV 5% manja je od one na nemodificiranom polju, veća na poljima s RTV 9% i 50%, a manja na poljima RTV 91% i 95%. Broj čestica raste s 652 na 1637 pri RTV 50%, potom pada na 824 pri RTV 91%, pa raste na 884 pri RTV 95%. Pokrivenost polja raste s 1,5% pri RTV 5% na 63,9% u srednjim tonovima, pa na 98,8% pri RTV 95%. Cirkularnost čestica se nalazi u rasponu od 0,924 do 1,335 jedinica. Punoća čestica iznosi od 0,861 do 0,913. Gustoća obojenja raste s 0,007 kod RTV 5% do 1,200 kod RTV 95%. Stvarna rastertonska vrijednost raste s 2% kod RTV 5% na 79% pri RTV 50% i na 99% u tamnim tonovima pri 95% RTV.

## 7 Zaključci

U grafičkoj struci danas više ništa nije kao prije - sve se radi digitalno. Korištenje informacija u digitalnom obliku uvelike olakšava život grafičara u mnogim proizvodnim koracima, no digitalni radni tok stvara i puno poteškoća. Ako današnju tehnologiju usporedimo s tradicionalnim tiskarskim procesom, možemo ustvrditi da i danas kao i prije svaki strojar pokušava podešiti tiskarski stroj i dobiti najbolju kvalitetu proizvoda na njemu. Tiskarski proces je podložan mnogim varijacijama koje nastaju zbog viskoznosti bojila, temperature stroja, pritiska među cilindrima, sposobnosti miješanja bojila s otopinom za vlaženje, kiselosti i tvrdoće otopine za vlaženje, tvrdoće i kvalitete gumenih navlaka, tehničkog stanja stroja, vrste tiskovnih formi i načina izrade, vrste tiskovne podloge i interakcija s bojilom i otopinom za vlaženje. Čak i u najodržavanijim tiskarama, koje ulažu ogroman trud u održavanje tiskarskog procesa, strojar mora kompenzirati varijacije pomoću malih podešavanja debljine nanosa boje tj. podešavajući gustoću obojenja, kako bi postigao zadovoljavajuću kvalitetu otiska u skladu sa postavljenim standardima. Opcije utjecaja na proces su brojne. Rezultat loše ugođenosti proizvodnog procesa dovodi do ponavljanja naklade, probijanja rokova, razočarenja, frustracija i dodatnih troškova. Osnova tiskarskog sustava rasterske reprodukcije nalazi se u standardizaciji cjelokupnog tiskarskog procesa. Standardizacija bi bila nemoguća bez temeljite analize elemenata koji su specifični za svaki tiskarski sustav. Iz tih razloga naručitelj je posebno zainteresiran za strogu primjenu standardizacije, jer tvrtke koje je primjenjuju jedine mogu garantirati predvidljivu krajnju kvalitetu proizvoda. Postići ujednačenu kvalitetu tiskarskog proizvoda bez obzira na vrijeme tiska, opseg proizvoda ili veličinu naklade, cilj je napretka grafičke industrije.

Ovaj rad predstavio je različite preduvjete i načine postizanja proizvoda zadovoljavajuće kvalitete u tisku pomoću hibridne tehnologije rastriranja. Proanaliziran je utjecaj tiskovne podloge s visokim udjelom reciklirane sirovine na kvalitetu reprodukcije. Dani su naputci za nove mjerne i vizualne analize rasterskih elemenata i kvalitete reprodukcije.

Na temelju rezultata analiza kvalitativnih parametara, mogu se izvući sljedeći zaključci:

- ✓ iz provedenih istraživanja hibridnog rasterskog elementa i tehnologije rastriranja, nakon konstrukcije dijagrama gustoće obojenja i krivulja prirasta RTV, te analize rezultata može se zaključiti da krivulja rastertonske vrijednosti u svijetlim tonovima, rastertonskih vrijednosti od 0% do 10% ima negativan prirast, te zato zahtjeva podešavanje kompenzacijskih

skih krivulja u pripremi. Krivulje rastertonske vrijednosti, kako bi pri 50% RTV zadovoljavale standard ISO 12647-3:2004 i propisane tolerancije, već kod prirasta 9% (cijan i crna komponenta), tj. 6% (magenta i žuta komponenta) daju zadovoljavajuću kvalitetu reprodukcije. Propisani prirast rastertonske vrijednosti prema ISO standardu od 26%, pri 50% RTV, je dakle samo djelomično točan za određene tiskarske sustave, no u pojedinačnom tiskarskom procesu može izazvati dodatna zapunjavanja tonskih vrijednosti

- ✓ istraživanja su također pokazala da se uz denzitometrijsko mjerenje i slikovnu analizu mora koristiti i spektrofotometrijsko mjerenje kako bi se eliminirao utjecaj tonova tiskovne podloge i utjecaj optičkog prirasta na ukupni prirast rasterskog elementa
- ✓ digitalizacijom otisaka i upotrebom softvera za slikovnu analizu omogućava se analiza samo geometrijskog prirasta rasterskog elementa, bez utjecaja optičkog prirasta kojega uređaji za denzitometrijsko mjerenje uzoraka ne mogu eliminirati. Naglasak slikovne analize nalazi se na geometrijskom prirastu, te su rezultati dobivenog prirasta RTV na taj način drugačiji od onih koje daje denzitometrijsko mjerenje
- ✓ nečistoća u tiskovnoj podlozi koje se u podlozi nalaze zbog nesavršenog postupka deinkinga reciklirane sirovine ima izrazito velik utjecaj na prirast rastertonske vrijednosti. Istraživanje je pokazalo da se taj utjecaj, za ispitivani novinski papir kao tiskovnu podlogu, kreće od 0,3% do 11,1% kod cijan komponente, od 0,2% do 13,8% kod magenta komponente, od 0,2% do 10,7% kod žute i od 0,1% do 4,1% kod crne komponente. Ukupno od 0,1% do 13,8% što je velik utjecaj na kvalitetu reprodukcije
- ✓ upotrebom slikovne analize u kontroli kvalitete reprodukcije omogućena je kontrola svojstava rasterskih elemenata koja do sad nije bila moguća u široj primjeni. Izuzetno važni su analiza i usporedba broja rasterskih elemenata, cirkularnosti i punoće rasterskih elemenata koji daju mogućnost procjene kvalitete otiska na mikro razini
- ✓ provedena vizualna analiza pokazala je da je za utvrđivanje kvalitete reprodukcije krajnji konzument tj. čitatelj od važnog značaja. Iz rezultata istraživanja može se izvući zaključak da poneki otisci koji mjernim metodama nisu pokazali najbolji raspon reproduciranih rastertonskih vrijednosti, ipak zadovoljavaju korisnike svojom kvalitetom. No pravilo vrijedi i u suprotnom slučaju, pa su poneki uzorci koji mjernim metodama dobivaju potpuno zadovoljavajuću ocjenu, subjektivno ocjenjeni kao loši

---

Znanstveni doprinos provedenog istraživanja nalazi se u indikaciji da važeći ISO standardi za novinske ofset rotacije zahtijevaju promjene i nadopune zbog razvoja i modernizacije tehnologija tiskarskih procesa i repromaterijala, od čega je tiskovna podloga tj. papir najdominantiji faktor. Standardi se moraju dopuniti kako bi se omogućilo postizanje najveće kvalitete reprodukcije korištenjem modernih tehnologija. Rad promovira i upotrebu slikovne analize u kontroli kvalitete reprodukcije na makro i mikro razini koja će omogućiti daljnju standardizaciju tiska, te dobivanje kvalitetnijih grafičkih proizvoda.

Kako bi se postigla najbolja moguća kvaliteta proizvoda s modernim materijalima potrebno je koristiti tehnologije spektrofotometrijske analize uzoraka, kao i slikovne analize pojedinačnih rasterskih elemenata. Kolorimetrija daje mogućnost objektivne evaluacije boja koja se može koristiti u cijelom procesu tiska od pripreme do krajnje kontrole kvalitete gotovog proizvoda. Slikovna analiza omogućuje evaluaciju svojstava rasterskog elementa na mikro razini. Utjecaj tiskovne podloge je značajan, kako je pokazalo istraživanje, pa se prije upotrebe u proizvodnji preporuča analiza navedenim tehnologijama i prilagodba tiskarskog procesa. Hibridna tehnologija rastriranja projektirana je kako bi nadišla uobičajene nedostatke u ofsetnom tisku, no sve njene prednosti moguće je iskoristiti samo znanstvenim pristupom pojedinačnom procesu.



## 8 Literatura

1. Society of Dyers and Colourists. Colour physics for industry. 2nd ed. Bradford: Society of Dyers and Colourists; 1997.
2. Berns RS. Principles of Color Technology. John Wiley&Sons, USA; 2000.
3. De Ridder H. Naturalness and Image Quality: Hue, Saturation and Lightness Variation in Color Images of Natural Scenes. Conf Proc Aic Color Kyoto Jpn 1997;97.
4. Homann JP. Digital Color Management. Springer; 2009.
5. Fairchild MD. Color appearance models. 2nd ed. Chichester, West Sussex, England ; Hoboken, NJ: J. Wiley; 2005.
6. Zjakic I, Parac-Osterman D, Bates I. New approach to metamerism measurement on halftone color images. Measurement 2011;44(8):1441 – 1447.
7. ISO 3664 Graphic technology and photography - Viewing conditions.
8. Hunt RWG. Measuring Colour. England: Ellis Horwood Limited; 1991.
9. Kipphan H. Quality and Productivity Enhancement in Modern Offset Printing. Polygraph International; 1993.
10. Johansson K. A guide to graphic print production. 3rd ed. Hoboken, N.J: Wiley; 2011.
11. Jakobsson T, Bergstrom SS, Gustavsson KA, Lindberg S. Human Sensitivity to Colour Shifts in Prints. Adv Print Sci Technol Pira Int Uk 1998.
12. Heidelberg Druckmaschinen AC. Colour & Quality. Heidleberg, Germany: Heidelberg; 1999.
13. Frank JR. GATF Encyclopedia of Graphic Communications. Pittsburgh: GATFPRESS; 1998.
14. Johnson T, Green P. The CIE2000 colour difference formula and its performance with a graphic arts data set. 28th Res Conf Iarigai Montr Can 2001;
15. MacPhee J. Fundamentals of litographic printing. GATFPRESS, Sewickley PA; 1998.
16. Mortimer A. Colour Reproduction in a Digital Age. Pira International, Surray, UK; 1998.
17. ISO 2834:1999 Graphic technology - Test print preparation for offset and letter press inks.
18. Meggs PB. A history of graphic design. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons; 1998.
19. Hoen A. Litographic Process; U.S. Patent 227,730, May 15, 1883.
20. Hoen A. Litographic Process; U.S. Patent 227,782, May 18, 1880.
21. Gascoigne B. How to identify prints: a complete guide to manual and mechanical processes from woodcut to inkjet. 2nd ed. New York, N.Y: Thames & Hudson; 2004.

22. Twyman M, British Library. Printing 1770-1970: an illustrated history of its development and uses in England. London; New Castle, DE, USA: British Library : Reading University Press ; Marketged exclusively in North and South America by Oak Knoll Press; 1998.
23. Handbook of print media: technologies and production methods. Berlin ; New York: Springer; 2001.
24. Leach RH, Pierce RJ. The Printing Ink Manual. 5th ed. Springer;
25. Mesaroš F. Grafička enciklopedija. Tehnička knjiga; 1971.
26. NIIR Board. Handbook on Printing Technology (Offset, Gravure, Flexo, Screen). 2nd ed. Asia Pacific Business Press Inc.; 2011.
27. Dolezalek. ProzessStandard Offsetdruck. 2001;
28. Golubović A. Tehnologija izrade i svojstva papira. Zagreb: VGŠ; 1984.
29. Kumpar D, Zjakić I, Bates I. Deviation of deformation of the screen elements through circulation in the newspaper printing. In: Katalinic B, editor. DAAAM International scientific book 2010. DAAAM International Vienna, Vienna 2010; 2010.
30. Horvatić S. Tiskarske rotacije i roto-tisak. Rijeka: Adamić; 2004.
31. Bolanča S. Suvremeni ofsetni tisak. Školska knjiga; 1991.
32. Walker WC, Fetzko JM. A concept of ink transfer in printing. American Ink Maker; 1955.
33. Zjakić I. Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska. Zagreb: Hrvatska sveučilisna naklada; 2007.
34. Heidelberg. Expert Guide: Color and Quality; 2012.
35. ISO 15930-1:2001 Graphic technology - Prepress digital data exchange - Use of PDF - Part 1: Complete exchange using CMYK data (PDF/X-1 and PDF/X-1a).
36. ISO 15930-2:2001 Graphic technology - Prepress digital data exchange - Use of PDF - Part 2: Partial exchange PDF/X-2.
37. Bestmann, Dolezalek, Adloff. MedienStandard Druck Technische Richtlinien für Daten und Prüfdrucke. 1997;
38. McCue C. Real world print production. Berkeley, Calif: Peachpit Press; 2007.
39. ISO 12642:1997 Graphic technology - Process control for the manufacture of half-tone colour separations, proof and production prints - Part 2, Offset lithographic processes.
40. ISO 15929:2001 Graphic technology - Prepress digital data exchange - Guidelines and principles for development of PDF/X standards.
41. ISO 12647-1:2004 Graphic technology - Process control for the manufacture of half-tone colour separations, proof and production prints - Part 1: Parameters and measurement methods.
42. ISO 12647-2:2004 Graphic technology - Process control for the manufacture of half-tone colour separations, proof and production prints - Part 2: Offset lithographic processes.

43. ISO 12647-3:2004 Graphic Technology - Process control for the manufacture of half-tone colour separations, proof and production prints - Part 3: Coldset offset and letterpress on newsprint.
44. ISO 2846:1997 Set of printing inks for offset printing - Colorimetric characteristics.
45. Dobric E, Kumpar D, Golubovic K, Zjakic I. Gamut of Newspaper Prints in Function of the Environment. In: Katalinic B, editor. DAAAM International scientific book 2011. DAAAM International Vienna, Vienna 2011; 2011.
46. Zjakić I, Lozo B, Mrvac N. Grey balance colorimetry of the automatically guided printing. *Acta Graph J Print Sci Graph Commun* 2005;17.
47. Zjakić, Igor, Bates, Irena, Milković, Marin. A study of dot gain and gamut prints made with highly pigmented inks. *Teh Vjesn* 2011;
48. Nelson RE. *Solving Offset Ink Problems*. GATFPRESS; 1987.
49. Teschner H. *Offsetdrucktechnik*. Fellbach: Auflage, Fachschriften-Verlag; 1997.
50. ISO 14981:2000 Graphic technology - Process control - Optical, geometrical and metrological requirements for reflection densitometers for graphic arts use.
51. International Paper Company. *Pocket Pal: a graphic arts production handbook*. Memphis, TN: International Paper; 2007.
52. Kruse B, Gustavson S. Rendering of color on scattering media. *Proc Spie* 1996;2657:422–31.
53. ISO 13656:2000 Graphic technology - Application of reflection densitometry and colorimetry to process control of evaluation of prints nad proofs.
54. Clapper FR, Yule JAC. The effect of multiple internal reflections on the densities of half-tone prints on paper. *J Opt Soc Am* 1953;
55. Bjuggren M, Beland MC, Krummenacher L, Quinteros T, Mattsson L. *Light and Paper: Progress Report 1995-96*. *Inst Opt Res Tech Rep* 1997;316.
56. Arney JS, Engeldrum PG, Zeng H. An expanded Murray-Davies Model of Tone Reproduction in Halftone Imaging. *J Imaging Sci Technol* 1995;;502–8.
57. Staton A, Radencic G. Ink Trapping and Colorimetric Variation. *Taga Conf Proc* 2001;;258–81.
58. Judd DB, Wyszecki G. *Color in Business, Science and Industry*. 3rd ed. John Wiley and Sons; 1975.
59. Viggiano JAS. *Models for the Prediction of Color in Graphic Reproduction Technology*. Rochester Institute of Technology; 1987.
60. Agfa Gevaert N. V. *Advanced Screening: How to choose the right screen ruling*. Mortsel, Belgija: Agfa; 2004.
61. Gooran S, Kruse B. Near-optimal model-based halftoning technique with dot gain. San Jose: SPIE, *Human Vision and Digital Display III*; 1998.

62. Fink P. PostScript Screening, Adobe Accurate Screens. USA: Hayden; 1992.
63. Blatner D. Real world scanning and halftones: the definitive guide to scanning and halftones from the desktop. 2nd ed. Berkeley, Calif: Peachpit Press; 1998.
64. Hoen A. Composition for etching stone.
65. Tollenaar D, Ernst PAH. Halftone printing. Proc 7th Int Conf Print Res Institutes 1964;
66. Haller K. Mathematical models for screen dot shapes and for transfer characteristic curves. Pentech, London; 1979. page 85–103.
67. Gustavson S, Kruse B. Modelling optical dot gain by a 3D model of light diffusion in paper. Third European Research Symposium on Image Analysis for Pulp and Paper Research and Production; 1995.
68. Lindstrom P. Hybrid Screens - The Best of Two Worlds. Digital Dot Ltd.; 2006.
69. Lindstrom P. Hybrid Screens - The Best of Two Worlds Part 2. Digital Dot Ltd.; 2006.
70. Zjakić I, Bertić I, Jamnički S. Ink trapping in Hybrid technology. Faculty of Graphic Arts, University of Zagreb ; Ogranak Matice hrvatske Senj ; Pulp and paper Institute; 2007.
71. Creo Inc. Creativity. USA: Creo; 2004.
72. Gustavson S. Dot Gain in Colour Halftones. 1997;
73. ISO 13655:2001 Graphic technology - Spectral measurements and colorimetric computation for graphic arts images.
74. Bann D. The all new print production handbook. New York, NY: Watson-Guptill; 2007.
75. Wyszecki G. Color science: concepts and methods, quantitative data, and formulae. Wiley classics library ed. New York: John Wiley & Sons; 2000.
76. Luo MR. Applying colour science in colour design. Opt Laser Technol 2006;38(4):392–8.
77. Campbell A. The designer's lexicon: the illustrated dictionary of design, printing, and computer terms. San Francisco, Calif: Chronicle Books; 2000.
78. Yule JAC. Principles of color reproduction: applied to photomechanical reproduction, color photography, and the ink, paper, and other related industries. Updated reprint ed. Pittsburgh: GATFPRESS; 2000.
79. Yule JAC, Neilsen WJ. The Penetration of light into paper and its effect on halftone reproduction. Taga Proc 1951;:65–76.
80. Zjakić I, Bolanča S, Parac-Osterman Đ. Deformacija rasterskog elementa u kontaktu s otopinom za vlaženje. Grafički fakultet Sveucilista ; Ogranak Matice hrvatske ; Institut za celulozo in papir; 2005.
81. Ruckdeschel FR, Hauser OG. Yule-Nielsen effect in printing: a physical analysis. Appl Opt 1978;17(21):3376.
82. Briggs J, Klein A. Applications of ISO 13660: A New International Standard for Objective Print Quality Evaluation. Jpn Hardcopy '99 Imaging Soc Jpn Tokyo Jpn 2006;

83. Briggs JC, Klein AH, Tse MK. Applications of ISO-13660, A new International Standard for Objective Print Quality Evaluation. Qea Inc Burlingt Usa
84. Briggs J, Klein A. Living with ISO 13660: Pleasures and Perils. Ist Nip15 Int Conf Digit Print Technol Orlando Fla Usa 1999;:17–22.
85. ISO/IEC 13660:2001 Information technology -- Office equipment -- Measurement of image quality attributes for hardcopy output -- Binary monochrome text and graphic images.
86. Badawy O, Kamel M. Shape-Based Image Retrieval Applied to Trademark Images [Internet]. In: Zhang DD, Kamel M, Baciú G, editors. Integrated Image and Graphics Technologies. Boston: Kluwer Academic Publishers; 2013 [cited 2013 Jul 11]. page 373–92. Available from: [http://www.springerlink.com/index/10.1007/1-4020-7775-0\\_19](http://www.springerlink.com/index/10.1007/1-4020-7775-0_19)
87. ISO12218:1997 Graphic Technology - Process control - Offset platemaking.
88. Agfa Gevaert N. V. Sublima: Advanced Screening Technology. Mortsel, Belgija: Agfa; 2004.
89. Valdec D, Vusić D, Tomiša M. XM Screening Technology. Faculty of Graphic Arts, University of Zagreb ; Ogranak Matice hrvatske Senj ; Pulp and paper Institute; 2007.
90. Dobrić E, Golubović K, Kumpar D. Ovisnost gustoće obojenja i prirasta rastertskog elementa u novinskom roto-ofset tisku kao ključ kvalitetne reprodukcije. Senj, Hrvatska: Hrvatsko društvo graficara; 2011.
91. Pflieger G. Paper Profile. 2012;
92. Zjakic I. Optimalizacija sustava rastertonske reprodukcije u tisku. 2005;
93. Agfa Graphics: N91v & N91. 2012;
94. Milošević M. Tehnološki projekt izgradnje tiskare za industrijski tisak dnevnih novina. 2012;
95. Manroland Geoman, Service manual. 2009.

## 9 Popis slika, tablica i formula

- Slika 1. Elektromagnetski spektar i područje vidljive svjetlosti
- Slika 2. Valne duljine osnovnih boja - postaju kraće od crvenog prema plavom dijelu spektra
- Slika 3. Što se događa kad svjetlost uđe u oko
- Slika 4. Normalizirana spektralna osjetljivost L, M i S čunjića
- Slika 5. CIE 1931. funkcije podudaranja boja
- Slika 6. Kromatski dijagram iz 1931. i predstavljanje gamuta uređaja
- Slika 7. Modeli boja - aditivni (lijevo), suptraktivni (desno)
- Slika 8. Primjer djelovanja suptraktivne sinteze
- Slika 9. CIEL\*a\*b\* prostor boja
- Slika 10. Primjena kolorimetrije u podešavanju tiskarskog procesa
- Slika 11. Procjena boja pomoću spektrofotometra
- Slika 12. Građa ljudskog oka
- Slika 13. Kromolitografija tehnikom s tri boje, 1893. godina L. Prang & Co.
- Slika 14. Casper Herman i njegova univerzalna ofsetna rotacija za obostrani tisak 1907.
- Slika 15. Prva ofsetna rotacija guma-guma iz Plauena, 1907.
- Slika 16. Prva ofsetna rotacija za obostrani tisak iz tvornice MAN Druckmaschinen AG.
- Slika 17. Litografski stroj na kojemu je otisnuta zemljopisna karta grada Moosburga
- Slika 18. Alois Senefelder, izumitelj litografije
- Slika 19. Izmjena role papira na novinskoj ofset rotaciji
- Slika 20. Segment ofset tiskarskog stroja
- Slika 21. Dijelovi tiskovne jedinice novinske rotacije
- Slika 22. Mehanizam za natezanje tiskovnih formi na temeljnom cilindru
- Slika 23. Nekompresibilne i kompresibilne gumene navlake
- Slika 24. Tiskovni cilindar
- Slika 25. Primjer kromatske sinteze
- Slika 26. Primjer akromatske sinteze
- Slika 27. Primjer kromatske sinteze kod UCR
- Slika 28. Gustoće obojenja kod transmisijskog i refleksijskog denzitometra
- Slika 29. Shema rada denzitometra
- Slika 30. Djelovanje polarizacijskih filtra
- Slika 31. Svjetlost reflektiranu s površine tek otisnute boje filtriraju polarizacijski filtri

- Slika 32. Usporedba rada spektrofotometra i ljudskog vida
- Slika 33. Spektralna distribucija snage različitih izvora svjetlosti
- Slika 34. Shema položaja standardnog promatrača
- Slika 35. Funkcije standardnih spektralnih vrijednosti
- Slika 36. MacAdamove elipse
- Slika 37. CIEL\*a\*b\* prostor boja
- Slika 38. Shema izračuna udaljenosti boja
- Slika 39. Prikaz kutova rastera u novinskom tisku
- Slika 40. Prva fotografija otisnuta rasterskom tehnikom, Stephen H. Horgan, 1873.
- Slika 41. Primjeri gradijenata s različitim tehnologijama rastriranja
- Slika 42. 2% RTV koju daje AM raster, 1%, 2% i 8% RTV pri 340 lpi hibridnog rastera
- Slika 43. Reprodukcijska AM rasterskom tehnologijom
- Slika 44. Reprodukcijska FM rasterskom tehnologijom
- Slika 45. Metoda izbacivanja rasterskih elemenata kod hibridne rasterske tehnologije
- Slika 46. Gustoća obojenja punog polja može se koristiti za mjerenje ujednačenosti sloja boje
- Slika 47. Rasterska površina i prirast rasterskog elementa
- Slika 48. Prirast rasterskog elementa
- Slika 49. Utjecaj prirasta rasterskog elementa na kvalitetu reprodukcije
- Slika 50. Odnos gustoće obojenja i faktora refleksije
- Slika 51. Povećanje refleksije recipročno gustoći obojenja
- Slika 52. Refleksija boja - cijan, magenta, žuta
- Slika 53. Gustoća obojenja u odnosu na debljinu nanosa boja
- Slika 54. Optički prirast rasterskog elementa
- Slika 55. Geometrijski prirast rasterskog elementa
- Slika 56. Cirkularnost čestica 0,8-1,0 definirani kružni oblici, 0-0,6 krhotine
- Slika 57. Faktori utjecaja na prirast rasterskog elementa
- Slika 58. Princip rada ravnog CtP uređaja
- Slika 59. Razvijanje pozitivne i negativne tiskovne ploče
- Slika 60. Shema procesa istraživanja
- Slika 61. Sastav novinskog papira korištenog za tisak uzoraka
- Slika 62. Priprema tiskarske ploče za proizvodnju
- Slika 63. Ofsetne gume i presjek
- Slika 64. Konfiguracija tiskarskog stroja

- Slika 65. Spektrofotometar
- Slika 66. Digitalni mikroskop
- Slika 67. Kontrolni strip na kojemu se radilo mjerenje
- Slika 68. Krivulje prirasta RTV za C s nemodificiranim i modificiranim prirastom RTV
- Slika 69. Krivulje prirasta RTV za M s nemodificiranim i modificiranim prirastom RTV
- Slika 70. Krivulje prirasta RTV za Y s nemodificiranim i modificiranim prirastom RTV
- Slika 71. Krivulje prirasta RTV za K s nemodificiranim i modificiranim prirastom RTV
- Slika 72. Krivulje stvarne RTV za C s nemodificiranim i modificiranim prirastom RTV
- Slika 73. Krivulje stvarne RTV za M s nemodificiranim i modificiranim prirastom RTV
- Slika 74. Krivulje stvarne RTV za Y s nemodificiranim i modificiranim prirastom RTV
- Slika 75. Krivulje stvarne RTV za K s nemodificiranim i modificiranim prirastom RTV
- Slika 76. Raspon prirasta RTV za uzorke s C komponentom
- Slika 77. Raspon prirasta RTV za uzorke s M komponentom
- Slika 78. Raspon prirasta RTV za uzorke s Y komponentom
- Slika 79. Raspon prirasta RTV za uzorke s K komponentom
- Slika 80. Usporedba spektralne refleksije na promatranim poljima C komponente
- Slika 81. Usporedba spektralne refleksije na promatranim poljima M komponente
- Slika 82. Usporedba spektralne refleksije na promatranim poljima Y komponente
- Slika 83. Usporedba spektralne refleksije na promatranim poljima K komponente
- Slika 84. Usporedba spektralne refleksije na promatranim poljima C komponente
- Slika 85. Usporedba spektralne refleksije na promatranim poljima M komponente
- Slika 86. Usporedba spektralne refleksije na promatranim poljima Y komponente
- Slika 87. Usporedba spektralne refleksije na promatranim poljima K komponente
- Slika 88. Broj C, M, Y i K čestica na analiziranim poljima
- Slika 89. Cirkularnost C, M, Y i K čestica na analiziranim poljima
- Slika 90. Punoća C, M, Y i K čestica na analiziranim poljima
- Slika 91. Motivi za vizualno definiranje kvalitete reprodukcije
- Slika 92. Vizualna ocjena ukupne kvalitete reprodukcije cijan komponente
- Slika 93. Vizualna ocjena ukupne kvalitete reprodukcije magenta komponente
- Slika 94. Vizualna ocjena ukupne kvalitete reprodukcije žute komponente
- Slika 95. Vizualna ocjena ukupne kvalitete reprodukcije crne komponente
- Slika 96. Tiskovna forma korištena u istraživanju

Tablica 1. Podjela vrsta papira za tisak na ofsetnim rotacijama



- Tablica 2. Standard ISO 12647-3:2004
- Tablica 3. Prednosti i nedostaci rasterskih tehnika
- Tablica 4. Kolorimetrijske i površinske karakteristike ispitivanog materijala
- Tablica 5. Karakteristike pufera
- Tablica 6. Karakteristike korištenih tiskarskih ploča
- Tablica 7. Karakteristike tiskarskog stroja
- Tablica 8. Grafički prikaz i mjerni podaci dobiveni oduzimanjem otiska i RIP prikaza mjernog polja za C komponentu pri RTV 5%, 9%, 50%, 91%, 95% modificiranog i nemodificiranog prirasta RTV za +3%, +6%, +9%
- Tablica 9. Grafički prikaz i mjerni podaci dobiveni oduzimanjem otiska i RIP prikaza mjernog polja za M komponentu pri RTV 5%, 9%, 50%, 91%, 95% modificiranog i nemodificiranog prirasta RTV za +3%, +6%, +9%
- Tablica 10. Grafički prikaz i mjerni podaci dobiveni oduzimanjem otiska i RIP prikaza mjernog polja za Y komponentu pri RTV 5%, 9%, 50%, 91%, 95% modificiranog i nemodificiranog prirasta RTV za +3%, +6%, +9%
- Tablica 11. Grafički prikaz i mjerni podaci dobiveni oduzimanjem otiska i RIP prikaza mjernog polja za K komponentu pri RTV 5%, 9%, 50%, 91%, 95% modificiranog i nemodificiranog prirasta RTV za +3%, +6%, +9%
- Tablica 12. Slikovna analiza uzoraka C komponente na 5% RTV
- Tablica 13. Slikovna analiza uzoraka C komponente na 9% RTV
- Tablica 14. Slikovna analiza uzoraka C komponente na 50% RTV
- Tablica 15. Slikovna analiza uzoraka C komponente na 91% RTV
- Tablica 16. Slikovna analiza uzoraka C komponente na 95% RTV
- Tablica 17. Slikovna analiza uzoraka M komponente na 5% RTV
- Tablica 18. Slikovna analiza uzoraka M komponente na 9% RTV
- Tablica 19. Slikovna analiza uzoraka M komponente na 50% RTV
- Tablica 20. Slikovna analiza uzoraka M komponente na 91% RTV
- Tablica 21. Slikovna analiza uzoraka M komponente na 95% RTV
- Tablica 22. Slikovna analiza uzoraka Y komponente na 5% RTV
- Tablica 23. Slikovna analiza uzoraka Y komponente na 9% RTV
- Tablica 24. Slikovna analiza uzoraka Y komponente na 50% RTV
- Tablica 25. Slikovna analiza uzoraka Y komponente na 91% RTV
- Tablica 26. Slikovna analiza uzoraka Y komponente na 95% RTV
- Tablica 27. Slikovna analiza uzoraka K komponente na 5% RTV

- Tablica 28. Slikovna analiza uzoraka K komponente na 9% RTV
- Tablica 29. Slikovna analiza uzoraka K komponente na 50% RTV
- Tablica 30. Slikovna analiza uzoraka K komponente na 91% RTV
- Tablica 31. Slikovna analiza uzoraka K komponente na 95% RTV
- Tablica 32. Slikovna analiza uzoraka cijan komponente
- Tablica 33. Slikovna analiza uzoraka magenta komponente
- Tablica 34. Slikovna analiza uzoraka žute komponente
- Tablica 35. Slikovna analiza uzoraka crne komponente
- Tablica 36. Rezultati vizualne procjene ukupne kvalitete reprodukcije
- Tablica 37. Aritmetička sredina stvarne izmjerene RTV izmjerene i prirast rasterskog elementa
- Tablica 38. Vrijednosti refleksije cijan komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +9%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge
- Tablica 39. Vrijednosti refleksije cijan komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +6%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge
- Tablica 40. Vrijednosti refleksije cijan komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +3%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge
- Tablica 41. Vrijednosti refleksije cijan komponente u vidljivom dijelu spektra za polja bez modificiranog prirasta rasterskog elementa; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge
- Tablica 42. Vrijednosti refleksije magenta komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +9%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge
- Tablica 43. Vrijednosti refleksije magenta komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +6%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge
- Tablica 44. Vrijednosti refleksije magenta komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +3%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge

- Tablica 45. Vrijednosti refleksije magenta komponente u vidljivom dijelu spektra za polja bez modificiranog prirasta rasterskog elementa; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge
- Tablica 46. Vrijednosti refleksije žute komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +9%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge
- Tablica 47. Vrijednosti refleksije žute komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +6%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge
- Tablica 48. Vrijednosti refleksije žute komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +3%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge
- Tablica 49. Vrijednosti refleksije žute komponente u vidljivom dijelu spektra za polja bez modificiranog prirasta rasterskog elementa; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge
- Tablica 50. Vrijednosti refleksije crne komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +9%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge
- Tablica 51. Vrijednosti refleksije crne komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +6%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge
- Tablica 52. Vrijednosti refleksije crne komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +3%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge
- Tablica 53. Vrijednosti refleksije crne komponente u vidljivom dijelu spektra za polja bez modificiranog prirasta rasterskog elementa; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge

[1(2.1.1)] Hunt R. W. G., *Measuring Colour*, Ellis Horwood Limited, 1991.

[2(2.1.1)] Hunt R. W. G., *Measuring Colour*, Ellis Horwood Limited, 1991.

[3(2.1.1)] Hunt R. W. G., *Measuring Colour*, Ellis Horwood Limited, 1991.

[4(2.1.1)] Hunt R. W. G., *Measuring Colour*, Ellis Horwood Limited, 1991.

[5(2.1.1)] Wyszecki G., Stiles W. S. (second edition), *Color Science*, Wiley Classics

- Library Edition, Canada, 2000.
- [6(2.1.1)] Wyszecki G., Stiles W. S. (second edition), Color Science, Wiley Classics Library Edition, Canada, 2000.
- [7(2.1.5)] Hunt R. W. G., Measuring colour, Ellis Horwood Limited, England, 1991.
- [8(2.1.5)] Hunt R. W. G., Measuring colour, Ellis Horwood Limited, England, 1991.
- [9(2.1.5.3)] Wyszecki G., Stiles W. S. (second edition), Color Science, Wiley Classics Library Edition, Canada, 2000.
- [10(2.1.5.3)] Wyszecki G., Stiles W. S. (second edition), Color Science, Wiley Classics Library Edition, Canada, 2000.
- [11(2.1.5.3)] Wyszecki G., Stiles W. S. (second edition), Color Science, Wiley Classics Library Edition, Canada, 2000.
- [12(2.1.5.3)] Wyszecki G., Stiles W. S. (second edition), Color Science, Wiley Classics Library Edition, Canada, 2000.
- [13(2.1.5.3)] Wyszecki G., Stiles W. S. (second edition), Color Science, Wiley Classics Library Edition, Canada, 2000.
- [14(2.1.5.3)] Wyszecki G., Stiles W. S. (second edition), Color Science, Wiley Classics Library Edition, Canada, 2000.
- [15(2.1.5.3)] Wyszecki G., Stiles W. S. (second edition), Color Science, Wiley Classics Library Edition, Canada, 2000.
- [16(2.11.4.2)] Heidelberg, Colour & Quality, Heidelberg Druckmaschinen AC, Heidelberg, 1999.
- [17(2.11.4.2)] Heidelberg, Colour & Quality, Heidelberg Druckmaschinen AC, Heidelberg, 1999.
- [18(2.11.4.2)] Heidelberg, Colour & Quality, Heidelberg Druckmaschinen AC, Heidelberg, 1999.
- [19(2.11.4.2)] Arney J. S., Engeldrum P. G., Zeng H., An expanded Murray-Davies model of tone reproduction in halftone imaging, Journal of Imaging Science and Technology, 1995.
- [20(2.11.4.2)] Heidelberg, Colour & Quality, Heidelberg Druckmaschinen AC, Heidelberg, 1999.
- [21(2.11.4.2)] Heidelberg, Colour & Quality, Heidelberg Druckmaschinen AC, Heidelberg, 1999.
- [22(2.11.4.2)] Heidelberg, Colour & Quality, Heidelberg Druckmaschinen AC, Heidelberg, 1999.

- [23(2.11.4.2)] Heidelberg, Colour & Quality, Heidelberg Druckmaschinen AC, Heidelberg, 1999.
- [24(2.11.4.7)] Heidelberg, Colour & Quality, Heidelberg Druckmaschinen AC, Heidelberg, 1999.
- [25(2.11.4.7)] Heidelberg, Colour & Quality, Heidelberg Druckmaschinen AC, Heidelberg, 1999.
- [26(2.11.4.7)] Heidelberg, Colour & Quality, Heidelberg Druckmaschinen AC, Heidelberg, 1999.
- [27(2.11.4.7)] Heidelberg, Colour & Quality, Heidelberg Druckmaschinen AC, Heidelberg, 1999.
- [28(2.11.4.7)] Wyszecki G., Stiles W. S. (second edition), Color Science, Wiley Classics Library Edition, Canada, 2000.
- [29(2.11.7)] Heidelberg, Colour & Quality, Heidelberg Druckmaschinen AC, Heidelberg, 1999.
- [30(2.11.7)] Johansson K., A Guide to Graphic Print Production, Wiley, 2003.
- [31(2.11.7)] Yule J. A. C., Nielsen W. J., The penetration of light into paper and its effect on halftone reproduction, TAGA Proceedings 3, 1951.
- [32(2.11.8)] Shape-based image retrieval applied to trademark images, Ossama el Badawy, Mohamed Kamel, International Journal of Image and Graphics, Vol. 2, No. 3, 2002.

# 10 Prilozi

## 10.1 Prilog 1

Tablica 36: Rezultati vizualne procjene ukupne kvalitete reprodukcije

Ispitanici >	51 (MA)	52 (ZA)	53 (MA)	54 (MA)	55 (ZA)	56 (MA)	57 (ZA)	58 (ŽP)	59 (MA)	60 (MA)	61 (MP)	62 (MP)	63 (MA)	64 (ŽP)	65 (ZA)	66 (MA)	67 (MP)	68 (MA)	69 (MP)	70 (ŽP)	71 (MP)	72 (ZA)	73 (MP)	74 (MA)	75 (ZA)
uzorak C+9	1	2	2	4	2	4	4	1	2	3	2	2	2	3	1	2	1	3	2	1	2	2	4	3	3
uzorak C+6	2	1	3	3	3	3	1	2	3	4	4	4	1	2	2	3	4	1	1	2	1	4	2	4	2
uzorak C+3	3	4	1	1	4	1	3	3	1	1	3	3	3	1	3	1	3	2	3	4	3	3	1	1	4
uzorak C norm	4	3	4	2	1	2	2	4	4	2	1	1	4	4	4	4	2	4	4	3	4	1	3	2	1
uzorak M+9	4	2	4	4	2	4	1	4	4	1	4	4	4	4	3	4	4	1	3	4	2	3	3	1	1
uzorak M+6	2	4	3	3	1	1	2	2	3	4	1	1	1	2	4	3	3	4	2	1	4	4	4	4	4
uzorak M+3	1	3	2	1	4	3	3	1	2	2	3	3	3	1	1	2	1	3	1	2	3	2	2	2	2
uzorak M norm	3	1	1	2	3	2	4	3	1	3	2	2	2	3	2	1	2	2	4	3	1	1	1	3	3
uzorak Y+9	2	1	3	3	1	4	3	3	3	1	2	1	2	1	2	3	2	3	4	2	3	4	2	1	3
uzorak Y+6	4	4	4	4	4	1	1	4	2	4	4	4	4	2	4	2	4	1	2	4	4	4	2	4	4
uzorak Y+3	3	2	1	2	3	3	4	1	1	3	3	3	1	3	1	1	1	2	3	3	2	3	3	3	1
uzorak Y norm	1	3	2	1	2	2	2	2	4	2	1	2	3	4	3	4	3	4	1	1	1	1	1	2	2
uzorak K+9	3	3	4	2	1	1	2	2	3	2	1	3	3	2	2	3	3	1	1	3	3	2	3	2	1
uzorak K+6	4	4	3	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4	1	4	2	4	4	4	4	4	4	4
uzorak K+3	1	1	2	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1	1	1	2	2	3	2	2	1	3	2	1	2
uzorak K norm	2	2	1	3	3	3	3	3	4	3	3	1	2	3	3	4	1	4	3	1	2	1	1	3	3

Ispitanici >	1 (ZA)	2 (MA)	3 (ŽP)	4 (MP)	5 (ZA)	6 (ŽP)	7 (ZA)	8 (MA)	9 (ZA)	10 (MA)	11 (MA)	12 (ZA)	13 (MP)	14 (MP)	15 (MA)	16 (MP)	17 (MA)	18 (MA)	19 (MA)	20 (MP)	21 (ŽP)	22 (ZA)	23 (MP)	24 (MA)	25 (MA)
uzorak C+9	2	4	1	2	4	3	1	1	2	2	3	3	2	2	2	1	2	4	3	2	1	2	4	2	3
uzorak C+6	3	3	2	1	1	2	2	2	1	3	4	2	4	4	1	4	3	3	1	2	3	4	2	3	4
uzorak C+3	4	1	4	3	3	1	3	3	4	1	1	4	3	3	3	3	1	1	2	3	3	3	1	1	1
uzorak C norm	1	2	3	4	2	4	4	4	3	4	2	1	1	1	4	2	4	2	4	4	4	1	3	4	2
uzorak M+9	2	4	4	2	1	4	3	4	2	4	1	1	4	4	4	4	4	4	1	3	4	3	3	4	1
uzorak M+6	1	1	1	4	2	2	4	2	4	3	4	4	1	1	1	3	3	3	4	2	2	4	4	3	4
uzorak M+3	4	3	2	3	3	1	1	1	3	2	2	2	3	3	3	1	2	1	3	1	1	2	2	1	2
uzorak M norm	3	2	3	1	4	3	2	3	1	1	3	3	2	2	2	2	1	2	2	4	3	1	1	2	3
uzorak Y+9	1	4	2	3	3	1	2	2	1	3	1	3	2	1	2	2	3	3	3	4	3	4	2	3	1
uzorak Y+6	4	1	4	3	1	2	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	1	2	4	2	4	1	4
uzorak Y+3	3	3	3	2	4	3	1	3	2	1	3	1	3	3	1	1	1	2	2	3	1	3	3	2	3
uzorak Y norm	2	2	1	1	2	4	3	1	3	4	2	2	1	2	3	3	2	1	4	1	2	1	1	4	2
uzorak K+9	1	1	3	3	2	2	2	3	3	3	2	1	1	3	3	3	4	2	1	1	2	2	3	3	2
uzorak K+6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4	3	4	2	4	4	4	4	1	4
uzorak K+3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	2	2	1	3	2	1	3	2	2	1
uzorak K norm	3	3	1	2	3	3	3	2	2	4	3	3	3	1	2	1	1	3	4	3	3	1	1	4	3

Ispitanici >	26 (ŽP)	27 (ZA)	28 (MA)	29 (ZA)	30 (MA)	31 (MP)	32 (MA)	33 (MA)	34 (MA)	35 (MP)	36 (ZA)	37 (MA)	38 (ŽP)	39 (MP)	40 (ZA)	41 (ŽP)	42 (ZA)	43 (MP)	44 (MA)	45 (MA)	46 (MA)	47 (ZA)	48 (MP)	49 (MP)	50 (MA)
uzorak C+9	3	1	1	2	2	1	2	4	3	2	2	4	1	2	4	1	2	4	2	3	3	3	2	2	2
uzorak C+6	2	2	2	1	3	4	3	3	1	1	3	3	2	1	1	2	4	2	3	4	4	2	4	4	1
uzorak C+3	1	3	3	4	1	3	1	1	2	3	4	1	4	3	3	3	3	1	1	1	1	4	3	3	3
uzorak C norm	4	4	4	3	4	2	4	2	4	4	1	2	3	4	2	4	1	3	4	2	2	1	1	1	4
uzorak M+9	4	3	4	2	4	4	4	4	1	3	2	4	4	2	1	4	3	3	4	1	1	1	4	4	4
uzorak M+6	2	4	2	4	3	3	3	3	4	2	1	1	1	4	2	2	4	4	3	4	4	4	1	1	1
uzorak M+3	1	1	1	3	2	1	2	1	3	1	4	3	2	3	3	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3
uzorak M norm	3	2	3	1	1	2	1	2	2	4	3	2	3	1	4	3	1	1	1	3	3	2	2	2	2
uzorak Y+9	1	2	2	1	3	2	3	3	3	4	1	4	2	3	3	3	4	2	3	1	1	3	2	1	2
uzorak Y+6	2	4	4	4	2	4	4	4	1	2	4	1	4	4	1	4	2	4	2	4	4	4	4	4	4
uzorak Y+3	3	1	3	2	1	1	1	2	2	3	3	3	3	2	4	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1
uzorak Y norm	4	3	1	3	4	3	2	1	4	1	2	2	1	1	2	2	1	1	4	2	2	2	1	2	3
uzorak K+9	2	2	3	3	3	3	4	2	1	1	1	1	3	3	2	2	2	3	3	2	2	1	1	3	3
uzorak K+6	4	4	4	4	1	4	3	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4
uzorak K+3	1	1	1	1	2	2	2	1	3	2	2	2	2	1	1	1	3	2	2	1	1	2	2	2	1
uzorak K norm	3	3	2	2	4	1	1	3	4	3	3	3	1	2	3	3	1	1	4	3	3	3	3	1	2

## 10.2 Prilog 2

Tablica 37: Aritmetička sredina stvarne izmjerene RTV izmjerene i prirast rasterskog elementa

	C normal		C+3		C+6		C+9		
	Ak		Ak		Ak		Ak		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	-2	1	-1	0	-2	0	-2	
3	1	-2	1	-2	1	-2	0	-3	
5	1	-4	2	-3	1	-4	1	-4	
7	3	-4	5	-2	4	-3	6	-1	
9	7	-2	9	0	8	-1	11	2	
10	6	-4	9	-1	11	1	14	4	
20	22	2	30	10	30	10	35	15	
30	39	9	49	19	49	19	51	21	
40	54	14	59	19	60	20	64	24	
50	66	16	69	19	71	21	74	24	
60	74	14	78	18	78	18	81	21	
70	82	12	85	15	85	15	89	19	
80	91	11	92	12	92	12	93	13	
90	96	6	96	6	96	6	97	7	
91	95	4	97	6	96	5	97	6	
93	95	2	97	4	97	4	97	4	
95	97	2	98	3	98	3	98	3	
97	98	1	98	1	99	2	99	2	
99	99	0	100	1	100	1	100	1	
100	100	0	100	0	100	0	100	0	

	M normal		M+3		M+6		M+9		
	Ak		Ak		Ak		Ak		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	-2	2	0	2	0	0	-2	
3	0	-3	0	-3	2	-1	3	0	
5	2	-3	2	-3	4	-1	3	-2	
7	3	-4	3	-4	7	0	7	0	
9	7	-2	8	-1	11	2	12	3	
10	5	-5	10	0	11	1	12	2	
20	22	2	26	6	34	14	29	9	
30	38	8	41	11	49	19	46	16	
40	53	13	58	18	64	24	59	19	
50	65	15	67	17	73	23	69	19	
60	74	14	77	17	83	23	78	18	
70	82	12	85	15	89	19	85	15	
80	90	10	91	11	94	14	91	11	
90	96	6	96	6	98	8	96	6	
91	97	6	97	6	97	6	98	7	
93	98	5	98	5	98	5	97	4	
95	98	3	98	3	98	3	98	3	
97	100	3	99	2	98	1	99	2	
99	100	1	100	1	100	1	100	1	
100	100	0	100	0	100	0	100	0	

	Y normal		Y+3		Y+6		Y+9	
	Ak		Ak		Ak		Ak	
0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	-1	3	1	2	0	1	-1
3	0	-3	3	0	3	0	2	-1
5	0	-5	6	1	6	1	3	-2
7	2	-5	5	-2	8	1	7	0
9	3	-6	10	1	11	2	13	4
10	3	-7	10	0	14	4	16	6
20	24	4	25	5	36	16	39	19
30	39	9	43	13	52	22	55	25
40	53	13	60	20	64	24	68	28
50	63	13	73	23	77	27	81	31
60	76	16	84	24	85	25	89	29
70	86	16	91	21	93	23	95	25
80	95	15	96	16	97	17	97	17
90	97	7	98	8	98	8	98	8
91	96	5	98	7	99	8	99	8
93	97	4	98	5	99	6	99	6
95	98	3	99	4	99	4	99	4
97	98	1	99	2	99	2	99	2
99	99	0	100	1	100	1	100	1
100	100	0	100	0	100	0	100	0

	K normal		K+3		K+6		K+9	
	Ak		Ak		Ak		Ak	
0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	-2	2	0	0	-2	0	-2
3	1	-2	2	-1	0	-3	2	-1
5	2	-3	4	-1	1	-4	2	-3
7	3	-4	6	-1	6	-1	5	-2
9	6	-3	9	0	9	0	11	2
10	7	-3	12	2	10	0	12	2
20	23	3	30	10	31	11	34	14
30	39	9	43	13	49	19	51	21
40	52	12	57	17	61	21	65	25
50	61	11	69	19	75	25	79	29
60	75	15	80	20	83	23	86	26
70	84	14	87	17	90	20	91	21
80	89	9	93	13	95	15	96	16
90	95	5	97	7	97	7	98	8
91	96	5	98	7	98	7	98	7
93	96	3	98	5	98	5	98	5
95	97	2	99	4	98	3	99	4
97	98	1	99	2	99	2	99	2
99	99	0	100	1	100	1	99	0
100	100	0	100	0	100	0	100	0



### 10.3 Prilog 3

Tablica 38: Vrijednosti refleksije cijan komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +9%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge

nm	podloga	pod-											
		C5%+9	C9%+9	C50%+9	C91%+9	C95%+9	C100%+9	(C5%+9)	(C9%+9)	(C50%+9)	(C91%+9)	(C95%+9)	(C100%+9)
380	0,2778	0,2729	0,2696	0,198	0,1401	0,1354	0,1286	0,0049	0,0082	0,0798	0,1377	0,1424	0,1492
390	0,2922	0,2872	0,2835	0,2092	0,149	0,1434	0,1364	0,0050	0,0087	0,0830	0,1432	0,1488	0,1558
400	0,3209	0,3156	0,3114	0,2318	0,167	0,1594	0,152	0,0053	0,0095	0,0891	0,1539	0,1615	0,1689
410	0,3934	0,3878	0,3829	0,2968	0,2248	0,2119	0,204	0,0056	0,0105	0,0966	0,1686	0,1815	0,1894
420	0,4573	0,452	0,4467	0,351	0,2722	0,2574	0,2487	0,0053	0,0106	0,1063	0,1851	0,1999	0,2086
430	0,4896	0,4861	0,4818	0,3953	0,3184	0,3027	0,2932	0,0035	0,0078	0,0943	0,1712	0,1869	0,1964
440	0,5066	0,5054	0,5026	0,4405	0,3794	0,3641	0,356	0,0012	0,0040	0,0661	0,1272	0,1425	0,1506
450	0,5183	0,5182	0,5164	0,4724	0,425	0,4114	0,4032	0,0001	0,0019	0,0459	0,0933	0,1069	0,1151
460	0,5273	0,5283	0,5257	0,4863	0,4431	0,4301	0,4235	-0,0010	0,0016	0,0410	0,0842	0,0972	0,1038
470	0,5329	0,5349	0,532	0,494	0,4513	0,4391	0,4332	-0,0020	0,0009	0,0389	0,0816	0,0938	0,0997
480	0,5378	0,5403	0,5367	0,4947	0,4497	0,4375	0,4322	-0,0025	0,0011	0,0431	0,0881	0,1003	0,1056
490	0,5435	0,5461	0,5413	0,4919	0,44	0,4275	0,4222	-0,0026	0,0022	0,0516	0,1035	0,1160	0,1213
500	0,5494	0,5529	0,5463	0,4841	0,4229	0,4094	0,4037	-0,0035	0,0031	0,0653	0,1265	0,1400	0,1457
510	0,5519	0,556	0,5472	0,4663	0,3923	0,3776	0,3715	-0,0041	0,0047	0,0856	0,1596	0,1743	0,1804
520	0,5504	0,5538	0,5424	0,435	0,3464	0,3311	0,3243	-0,0034	0,0080	0,1154	0,2040	0,2193	0,2261
530	0,5472	0,5502	0,5352	0,3956	0,2933	0,278	0,2709	-0,0030	0,0120	0,1516	0,2539	0,2692	0,2763
540	0,5465	0,549	0,5286	0,3542	0,2419	0,2269	0,22	-0,0025	0,0179	0,1923	0,3046	0,3196	0,3265
550	0,5484	0,5509	0,5237	0,3121	0,1929	0,179	0,1724	-0,0025	0,0247	0,2363	0,3555	0,3694	0,3760
560	0,5481	0,5497	0,5148	0,2679	0,147	0,135	0,129	-0,0016	0,0333	0,2802	0,4011	0,4131	0,4191
570	0,5483	0,5496	0,5078	0,2341	0,1147	0,1044	0,099	-0,0013	0,0405	0,3142	0,4336	0,4439	0,4493
580	0,5507	0,5519	0,5044	0,2139	0,0964	0,0872	0,0822	-0,0012	0,0463	0,3368	0,4543	0,4635	0,4685
590	0,5573	0,5582	0,5067	0,2036	0,0867	0,0782	0,0734	-0,0009	0,0506	0,3537	0,4706	0,4791	0,4839
600	0,5598	0,5604	0,5057	0,1934	0,0782	0,0702	0,0656	-0,0006	0,0541	0,3664	0,4816	0,4896	0,4942
610	0,5601	0,5605	0,5035	0,1852	0,0718	0,0642	0,0597	-0,0004	0,0566	0,3749	0,4883	0,4959	0,5004
620	0,5612	0,5613	0,5033	0,1824	0,0693	0,062	0,0576	-0,0001	0,0579	0,3788	0,4919	0,4992	0,5036
630	0,563	0,5632	0,5044	0,1818	0,069	0,0615	0,0573	-0,0002	0,0586	0,3812	0,4940	0,5015	0,5057
640	0,5665	0,5668	0,5075	0,1835	0,0696	0,0622	0,058	-0,0003	0,0590	0,3830	0,4969	0,5043	0,5085
650	0,5704	0,5712	0,5124	0,1903	0,0746	0,0665	0,0623	-0,0008	0,0580	0,3801	0,4958	0,5039	0,5081
660	0,575	0,5762	0,5195	0,2013	0,0829	0,0743	0,0695	-0,0012	0,0555	0,3737	0,4921	0,5007	0,5055
670	0,576	0,5778	0,5223	0,2077	0,0881	0,0791	0,0743	-0,0018	0,0537	0,3683	0,4879	0,4969	0,5017
680	0,5762	0,5778	0,522	0,2063	0,0872	0,0781	0,0732	-0,0016	0,0542	0,3699	0,4890	0,4981	0,5030
690	0,5766	0,5778	0,5211	0,2014	0,0828	0,074	0,0696	-0,0012	0,0555	0,3752	0,4938	0,5026	0,5070
700	0,578	0,5786	0,5193	0,1915	0,0752	0,0672	0,0626	-0,0006	0,0587	0,3865	0,5028	0,5108	0,5154
710	0,5771	0,5776	0,5162	0,1826	0,0682	0,061	0,0571	-0,0005	0,0609	0,3945	0,5089	0,5161	0,5200
720	0,5792	0,5793	0,5183	0,1849	0,0701	0,0629	0,059	-0,0001	0,0609	0,3943	0,5091	0,5163	0,5202
730	0,5825	0,5842	0,5258	0,1995	0,0812	0,0729	0,0691	-0,0017	0,0567	0,3830	0,5013	0,5096	0,5134





Tablica 40: Vrijednosti refleksije cijan komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +3%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge

nm	podloga	C5%+3	C9%+3	C50%+3	C91%+3	C95%+3	C100%+3	pod- (C5%+3)	pod- (C9%+3)	pod- (C50%+3)	pod- (C91%+3)	pod- (C95%+3)	pod- (C100%+3)
380	0,2778	0,2816	0,2643	0,2056	0,1497	0,1442	0,1342	-0,0038	0,0135	0,0722	0,1281	0,1336	0,1436
390	0,2922	0,2963	0,2792	0,2174	0,1584	0,1528	0,1423	-0,0041	0,0130	0,0748	0,1338	0,1394	0,1499
400	0,3209	0,3256	0,3091	0,2411	0,1757	0,1702	0,1587	-0,0047	0,0118	0,0798	0,1452	0,1507	0,1622
410	0,3934	0,3992	0,3854	0,3082	0,231	0,2258	0,2123	-0,0058	0,0080	0,0852	0,1624	0,1676	0,1811
420	0,4573	0,466	0,4528	0,3646	0,2779	0,2723	0,2579	-0,0087	0,0045	0,0927	0,1794	0,1850	0,1994
430	0,4896	0,5007	0,488	0,4094	0,3234	0,3184	0,3035	-0,0111	0,0016	0,0802	0,1662	0,1712	0,1861
440	0,5066	0,519	0,5078	0,4526	0,3826	0,379	0,3654	-0,0124	-0,0012	0,0540	0,1240	0,1276	0,1412
450	0,5183	0,5315	0,521	0,4834	0,4264	0,4242	0,4123	-0,0132	-0,0027	0,0349	0,0919	0,0941	0,1060
460	0,5273	0,5406	0,5296	0,4976	0,4438	0,4421	0,4315	-0,0133	-0,0023	0,0297	0,0835	0,0852	0,0958
470	0,5329	0,5466	0,5355	0,505	0,4517	0,4509	0,4401	-0,0137	-0,0026	0,0279	0,0812	0,0820	0,0928
480	0,5378	0,5513	0,5399	0,507	0,4502	0,4493	0,4383	-0,0135	-0,0021	0,0308	0,0876	0,0885	0,0995
490	0,5435	0,5568	0,545	0,5057	0,4417	0,4405	0,4282	-0,0133	-0,0015	0,0378	0,1018	0,1030	0,1153
500	0,5494	0,5627	0,5502	0,5005	0,4257	0,4236	0,4102	-0,0133	-0,0008	0,0489	0,1237	0,1258	0,1392
510	0,5519	0,5651	0,5517	0,4854	0,3964	0,3937	0,3785	-0,0132	0,0002	0,0665	0,1555	0,1582	0,1734
520	0,5504	0,5629	0,5474	0,4574	0,3519	0,3483	0,3315	-0,0125	0,0030	0,0930	0,1985	0,2021	0,2189
530	0,5472	0,5589	0,5406	0,4208	0,2999	0,2956	0,2783	-0,0117	0,0066	0,1264	0,2473	0,2516	0,2689
540	0,5465	0,5569	0,5349	0,382	0,2487	0,2441	0,2269	-0,0104	0,0116	0,1645	0,2978	0,3024	0,3196
550	0,5484	0,5578	0,5308	0,3415	0,1997	0,1951	0,1788	-0,0094	0,0176	0,2069	0,3487	0,3533	0,3696
560	0,5481	0,5557	0,5229	0,2979	0,1534	0,1489	0,1342	-0,0076	0,0252	0,2502	0,3947	0,3992	0,4139
570	0,5483	0,5544	0,5163	0,264	0,1207	0,1161	0,1035	-0,0061	0,0320	0,2843	0,4276	0,4322	0,4448
580	0,5507	0,5553	0,5134	0,2435	0,1021	0,0976	0,086	-0,0046	0,0373	0,3072	0,4486	0,4531	0,4647
590	0,5573	0,5607	0,5158	0,2332	0,0922	0,0879	0,077	-0,0034	0,0415	0,3241	0,4651	0,4694	0,4803
600	0,5598	0,5621	0,5151	0,2227	0,0833	0,079	0,0689	-0,0023	0,0447	0,3371	0,4765	0,4808	0,4909
610	0,5601	0,5613	0,5129	0,2139	0,0766	0,0725	0,0627	-0,0012	0,0472	0,3462	0,4835	0,4876	0,4974
620	0,5612	0,5622	0,5128	0,2111	0,0741	0,0699	0,0607	-0,0010	0,0484	0,3501	0,4871	0,4913	0,5005
630	0,563	0,5638	0,514	0,2106	0,0737	0,0695	0,0603	-0,0008	0,0490	0,3524	0,4893	0,4935	0,5027
640	0,5665	0,5673	0,5168	0,2127	0,0746	0,0706	0,0612	-0,0008	0,0497	0,3538	0,4919	0,4959	0,5053
650	0,5704	0,5719	0,522	0,2203	0,0797	0,0756	0,0656	-0,0015	0,0484	0,3501	0,4907	0,4948	0,5048
660	0,575	0,5776	0,5287	0,2322	0,0883	0,0839	0,0731	-0,0026	0,0463	0,3428	0,4867	0,4911	0,5019
670	0,576	0,5791	0,5312	0,2391	0,0936	0,0894	0,0779	-0,0031	0,0448	0,3369	0,4824	0,4866	0,4981
680	0,5762	0,5792	0,5308	0,2379	0,0925	0,0883	0,077	-0,0030	0,0454	0,3383	0,4837	0,4879	0,4992
690	0,5766	0,5794	0,5298	0,2325	0,0881	0,084	0,0729	-0,0028	0,0468	0,3441	0,4885	0,4926	0,5037
700	0,578	0,5795	0,5279	0,222	0,0803	0,0759	0,0658	-0,0015	0,0501	0,3560	0,4977	0,5021	0,5122
710	0,5771	0,578	0,5247	0,2123	0,0731	0,0692	0,0597	-0,0009	0,0524	0,3648	0,5040	0,5079	0,5174
720	0,5792	0,5801	0,5268	0,2149	0,0752	0,0709	0,0619	-0,0009	0,0524	0,3643	0,5040	0,5083	0,5173
730	0,5825	0,5856	0,5343	0,2306	0,0868	0,0829	0,0723	-0,0031	0,0482	0,3519	0,4957	0,4996	0,5102

Tablica 41: Vrijednosti refleksije cijan komponente u vidljivom dijelu spektra za polja bez modificiranog prirasta rasterskog elementa; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge

nm	podloga	C5% norm	C9% norm	C50% norm	C91% norm	C95% norm	C100% norm	pod- (C5% <i>n</i> )	pod- (C9% <i>n</i> )	pod- (C50% <i>n</i> )	pod- (C91% <i>n</i> )	pod- (C95% <i>n</i> )	pod- (C100% <i>n</i> )
380	0,2861	0,279	0,2739	0,2117	0,1575	0,154	0,1441	0,0071	0,0122	0,0744	0,1286	0,1321	0,1420
390	0,2997	0,2927	0,2874	0,2231	0,1668	0,1631	0,1528	0,0070	0,0123	0,0766	0,1329	0,1366	0,1469
400	0,3267	0,3199	0,3142	0,246	0,1853	0,1812	0,1702	0,0068	0,0125	0,0807	0,1414	0,1455	0,1565
410	0,3951	0,3894	0,383	0,3106	0,2432	0,2382	0,2262	0,0057	0,0121	0,0845	0,1519	0,1569	0,1689
420	0,4557	0,4504	0,4446	0,3666	0,2925	0,2875	0,2733	0,0053	0,0111	0,0891	0,1632	0,1682	0,1824
430	0,4879	0,4823	0,4783	0,4092	0,3391	0,3337	0,3202	0,0056	0,0096	0,0787	0,1488	0,1542	0,1677
440	0,5046	0,5005	0,4976	0,4509	0,3972	0,3922	0,3817	0,0041	0,0070	0,0537	0,1074	0,1124	0,1229
450	0,5165	0,5127	0,5108	0,4797	0,4393	0,435	0,427	0,0038	0,0057	0,0368	0,0772	0,0815	0,0895
460	0,5253	0,5213	0,5206	0,4927	0,4561	0,4517	0,4452	0,0040	0,0047	0,0326	0,0692	0,0736	0,0801
470	0,5309	0,5275	0,5264	0,4997	0,4637	0,4596	0,4535	0,0034	0,0045	0,0312	0,0672	0,0713	0,0774
480	0,5356	0,5327	0,5314	0,5014	0,4629	0,459	0,452	0,0029	0,0042	0,0342	0,0727	0,0766	0,0836
490	0,5414	0,5386	0,5366	0,5002	0,4551	0,4516	0,443	0,0028	0,0048	0,0412	0,0863	0,0898	0,0984
500	0,5479	0,5455	0,5427	0,4955	0,4409	0,4373	0,4268	0,0024	0,0052	0,0524	0,1070	0,1106	0,1211
510	0,551	0,5483	0,5441	0,481	0,4128	0,4092	0,3962	0,0027	0,0059	0,0700	0,1382	0,1418	0,1548
520	0,5494	0,5463	0,5403	0,4534	0,3694	0,3656	0,35	0,0031	0,0091	0,0960	0,1800	0,1838	0,1994
530	0,5463	0,5421	0,5341	0,4172	0,3175	0,3134	0,2957	0,0042	0,0122	0,1291	0,2288	0,2329	0,2506
540	0,5458	0,5403	0,5292	0,3785	0,2656	0,2614	0,2424	0,0055	0,0166	0,1673	0,2802	0,2844	0,3034
550	0,5485	0,541	0,5261	0,3377	0,2147	0,2104	0,1911	0,0075	0,0224	0,2108	0,3338	0,3381	0,3574
560	0,5483	0,5383	0,5195	0,2936	0,166	0,1616	0,1431	0,0100	0,0288	0,2547	0,3823	0,3867	0,4052
570	0,5488	0,5368	0,514	0,2592	0,131	0,1267	0,1093	0,0120	0,0348	0,2896	0,4178	0,4221	0,4395
580	0,5508	0,5377	0,5124	0,2384	0,1111	0,1069	0,0903	0,0131	0,0384	0,3124	0,4397	0,4439	0,4605
590	0,558	0,5443	0,5158	0,2285	0,1007	0,0967	0,0803	0,0137	0,0422	0,3295	0,4573	0,4613	0,4777
600	0,5604	0,5461	0,5154	0,218	0,0911	0,0871	0,0715	0,0143	0,0450	0,3424	0,4693	0,4733	0,4889
610	0,5605	0,5459	0,5135	0,2094	0,0839	0,0798	0,0649	0,0146	0,0470	0,3511	0,4766	0,4807	0,4956
620	0,5617	0,5466	0,5138	0,2062	0,0811	0,0773	0,0624	0,0151	0,0479	0,3555	0,4806	0,4844	0,4993
630	0,5636	0,5485	0,5154	0,2057	0,0805	0,0766	0,0618	0,0151	0,0482	0,3579	0,4831	0,4870	0,5018
640	0,5669	0,5519	0,5184	0,2075	0,0813	0,0774	0,0627	0,0150	0,0485	0,3594	0,4856	0,4895	0,5042
650	0,5707	0,5568	0,5235	0,2147	0,0868	0,0829	0,0677	0,0139	0,0472	0,3560	0,4839	0,4878	0,5030
660	0,5756	0,5627	0,5299	0,2266	0,0963	0,0922	0,0762	0,0129	0,0457	0,3490	0,4793	0,4834	0,4994
670	0,5765	0,5645	0,5323	0,2335	0,1021	0,0983	0,0815	0,0120	0,0442	0,3430	0,4744	0,4782	0,4950
680	0,5767	0,5649	0,5324	0,2324	0,1012	0,0972	0,0807	0,0118	0,0443	0,3443	0,4755	0,4795	0,4960
690	0,5772	0,5643	0,5317	0,2269	0,0964	0,0925	0,0764	0,0129	0,0455	0,3503	0,4808	0,4847	0,5008
700	0,5786	0,565	0,5306	0,2162	0,0878	0,0837	0,0684	0,0136	0,0480	0,3624	0,4908	0,4949	0,5102
710	0,5779	0,5631	0,5273	0,2062	0,0797	0,0757	0,0615	0,0148	0,0506	0,3717	0,4982	0,5022	0,5164
720	0,5798	0,5652	0,5295	0,2087	0,0818	0,0781	0,0632	0,0146	0,0503	0,3711	0,4980	0,5017	0,5166
730	0,5839	0,5703	0,5356	0,2243	0,0932	0,0898	0,0739	0,0136	0,0483	0,3596	0,4907	0,4941	0,5100



Tablica 42: Vrijednosti refleksije magenta komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +9%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge

nm	podloga	pod-											
		M5%+9	M9%+9	M50%+9	M91%+9	M95%+9	M100%+9	pod-	pod-	pod-	pod-		
380	0,2737	0,2772	0,2632	0,184	0,112	0,1078	0,103	-0,0035	0,0105	0,0897	0,1617	0,1659	0,1707
390	0,2869	0,2906	0,2759	0,189	0,1147	0,1102	0,1052	-0,0037	0,0110	0,0979	0,1722	0,1767	0,1817
400	0,3134	0,3176	0,3013	0,1992	0,1201	0,1151	0,1096	-0,0042	0,0121	0,1142	0,1933	0,1983	0,2038
410	0,3813	0,3862	0,3677	0,2312	0,1401	0,1331	0,1266	-0,0049	0,0136	0,1501	0,2412	0,2482	0,2547
420	0,4422	0,4447	0,4257	0,2628	0,1589	0,1517	0,1428	-0,0025	0,0165	0,1794	0,2833	0,2905	0,2994
430	0,4744	0,4762	0,4589	0,2842	0,1739	0,1654	0,1561	-0,0018	0,0155	0,1902	0,3005	0,3090	0,3183
440	0,4912	0,4926	0,4772	0,2985	0,1859	0,1774	0,1667	-0,0014	0,0140	0,1927	0,3053	0,3138	0,3245
450	0,5034	0,5042	0,4899	0,3049	0,1893	0,1801	0,1695	-0,0008	0,0135	0,1985	0,3141	0,3233	0,3339
460	0,5125	0,5115	0,4973	0,2996	0,1803	0,1714	0,1605	0,0010	0,0152	0,2129	0,3322	0,3411	0,3520
470	0,5186	0,5162	0,5013	0,2874	0,1645	0,156	0,1445	0,0024	0,0173	0,2312	0,3541	0,3626	0,3741
480	0,5235	0,5191	0,5035	0,2731	0,1473	0,1396	0,1281	0,0044	0,0200	0,2504	0,3762	0,3839	0,3954
490	0,5295	0,5233	0,5063	0,26	0,1323	0,1247	0,1136	0,0062	0,0232	0,2695	0,3972	0,4048	0,4159
500	0,5364	0,5279	0,5098	0,2477	0,1181	0,1112	0,1004	0,0085	0,0266	0,2887	0,4183	0,4252	0,4360
510	0,5392	0,5292	0,5092	0,2321	0,1024	0,0962	0,0858	0,0100	0,0300	0,3071	0,4368	0,4430	0,4534
520	0,538	0,5262	0,504	0,2147	0,0868	0,0815	0,0718	0,0118	0,0340	0,3233	0,4512	0,4565	0,4662
530	0,535	0,5223	0,499	0,2034	0,0777	0,0729	0,0637	0,0127	0,0360	0,3316	0,4573	0,4621	0,4713
540	0,5347	0,5214	0,498	0,1997	0,0749	0,0703	0,0612	0,0133	0,0367	0,3350	0,4598	0,4644	0,4735
550	0,5373	0,5225	0,499	0,194	0,0699	0,0657	0,0568	0,0148	0,0383	0,3433	0,4674	0,4716	0,4805
560	0,5373	0,5209	0,4956	0,1807	0,0601	0,0565	0,0484	0,0164	0,0417	0,3566	0,4772	0,4808	0,4889
570	0,5382	0,5197	0,493	0,1686	0,0519	0,0491	0,0417	0,0185	0,0452	0,3696	0,4863	0,4891	0,4965
580	0,5403	0,5233	0,5004	0,1849	0,0646	0,061	0,053	0,0170	0,0399	0,3554	0,4757	0,4793	0,4873
590	0,5469	0,5361	0,5266	0,2695	0,1418	0,1349	0,1232	0,0108	0,0203	0,2774	0,4051	0,4120	0,4237
600	0,5495	0,5447	0,5504	0,3948	0,2917	0,2822	0,2684	0,0048	-0,0009	0,1547	0,2578	0,2673	0,2811
610	0,55	0,548	0,5622	0,488	0,4346	0,4269	0,415	0,0020	-0,0122	0,0620	0,1154	0,1231	0,1350
620	0,5511	0,55	0,5679	0,5327	0,5159	0,5102	0,5019	0,0011	-0,0168	0,0184	0,0352	0,0409	0,0492
630	0,5529	0,5521	0,5715	0,5507	0,551	0,5466	0,5402	0,0008	-0,0186	0,0022	0,0019	0,0063	0,0127
640	0,5563	0,5552	0,5762	0,5599	0,567	0,5628	0,5569	0,0011	-0,0199	-0,0036	-0,0107	-0,0065	-0,0006
650	0,5604	0,5591	0,581	0,5666	0,576	0,5718	0,5662	0,0013	-0,0206	-0,0062	-0,0156	-0,0114	-0,0058
660	0,5649	0,5636	0,5862	0,5726	0,5835	0,5795	0,5732	0,0013	-0,0213	-0,0077	-0,0186	-0,0146	-0,0083
670	0,5663	0,5645	0,588	0,5747	0,5861	0,5819	0,5756	0,0018	-0,0217	-0,0084	-0,0198	-0,0156	-0,0093
680	0,5665	0,5648	0,5882	0,5753	0,587	0,5827	0,5765	0,0017	-0,0217	-0,0088	-0,0205	-0,0162	-0,0100
690	0,5671	0,5649	0,5885	0,5757	0,5873	0,5831	0,5767	0,0022	-0,0214	-0,0086	-0,0202	-0,0160	-0,0096
700	0,5687	0,5661	0,5905	0,5767	0,5885	0,5841	0,5781	0,0026	-0,0218	-0,0080	-0,0198	-0,0154	-0,0094
710	0,5676	0,5648	0,5891	0,5756	0,5869	0,5831	0,5773	0,0028	-0,0215	-0,0080	-0,0193	-0,0155	-0,0097
720	0,5701	0,5674	0,592	0,5782	0,5901	0,5862	0,58	0,0027	-0,0219	-0,0081	-0,0200	-0,0161	-0,0099
730	0,5741	0,5702	0,5952	0,5822	0,5934	0,5896	0,584	0,0039	-0,0211	-0,0081	-0,0193	-0,0155	-0,0099

Tablica 43: Vrijednosti refleksije magenta komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +6%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge

nm	podloga	M											
		M5%+6	M9%+6	M50%+6	M81%+6	M95%+6	M100%+6	pod- (M5%+6)	pod- (M9%+6)	pod- (M50%+6)	pod- (M91%+6)	pod- (M95%+6)	pod- (M100%+6)
380	0,2778	0,2732	0,2631	0,1658	0,1046	0,1018	0,0932	0,0046	0,0147	0,1120	0,1732	0,1760	0,1846
390	0,2922	0,2871	0,2762	0,1711	0,1068	0,1041	0,0953	0,0051	0,0160	0,1211	0,1854	0,1881	0,1969
400	0,3209	0,3148	0,3025	0,1818	0,1113	0,1088	0,0994	0,0061	0,0184	0,1391	0,2096	0,2121	0,2215
410	0,3934	0,3857	0,3708	0,2164	0,1283	0,1263	0,1154	0,0077	0,0226	0,1770	0,2651	0,2671	0,2780
420	0,4573	0,4489	0,4317	0,2474	0,1455	0,1428	0,1303	0,0084	0,0256	0,2099	0,3118	0,3145	0,3270
430	0,4896	0,4819	0,4644	0,2675	0,1586	0,1564	0,1414	0,0077	0,0252	0,2221	0,3310	0,3332	0,3482
440	0,5066	0,5002	0,4819	0,2814	0,1696	0,1669	0,1519	0,0064	0,0247	0,2252	0,3370	0,3397	0,3547
450	0,5183	0,5119	0,4938	0,2864	0,1721	0,1698	0,1539	0,0064	0,0245	0,2319	0,3462	0,3485	0,3644
460	0,5273	0,5211	0,5012	0,2803	0,1633	0,1606	0,1458	0,0062	0,0261	0,2470	0,3640	0,3667	0,3815
470	0,5329	0,526	0,5037	0,2665	0,1477	0,1456	0,1307	0,0069	0,0292	0,2664	0,3852	0,3873	0,4022
480	0,5378	0,5301	0,5053	0,2513	0,1313	0,1292	0,1152	0,0077	0,0325	0,2865	0,4065	0,4086	0,4226
490	0,5435	0,5344	0,5073	0,2371	0,1166	0,1147	0,1014	0,0091	0,0362	0,3064	0,4269	0,4288	0,4421
500	0,5494	0,5397	0,5099	0,2237	0,1032	0,1014	0,0889	0,0097	0,0395	0,3257	0,4462	0,4480	0,4605
510	0,5519	0,5411	0,5086	0,2074	0,0886	0,0871	0,0753	0,0108	0,0433	0,3445	0,4633	0,4648	0,4766
520	0,5504	0,5383	0,503	0,1896	0,0742	0,0729	0,0624	0,0121	0,0474	0,3608	0,4762	0,4775	0,4880
530	0,5472	0,5341	0,4976	0,1783	0,066	0,0647	0,0551	0,0131	0,0496	0,3689	0,4812	0,4825	0,4921
540	0,5465	0,5333	0,4962	0,1746	0,0634	0,0623	0,0527	0,0132	0,0503	0,3719	0,4831	0,4842	0,4938
550	0,5484	0,535	0,4961	0,1685	0,0587	0,0578	0,0488	0,0134	0,0523	0,3799	0,4897	0,4906	0,4996
560	0,5481	0,5332	0,4921	0,1553	0,0499	0,0491	0,0411	0,0149	0,0560	0,3928	0,4982	0,4990	0,5070
570	0,5483	0,5323	0,4889	0,1432	0,0429	0,0421	0,0353	0,0160	0,0594	0,4051	0,5054	0,5062	0,5130
580	0,5507	0,5367	0,4952	0,1597	0,0544	0,0536	0,0458	0,0140	0,0555	0,3910	0,4963	0,4971	0,5049
590	0,5573	0,5507	0,5206	0,2453	0,1256	0,1238	0,1113	0,0066	0,0367	0,3120	0,4317	0,4335	0,4460
600	0,5598	0,5604	0,5436	0,3761	0,2698	0,2666	0,2494	-0,0006	0,0162	0,1837	0,2900	0,2932	0,3104
610	0,5601	0,5642	0,5552	0,4781	0,4167	0,4126	0,3965	-0,0041	0,0049	0,0820	0,1434	0,1475	0,1636
620	0,5612	0,5666	0,5608	0,5291	0,5047	0,5005	0,4881	-0,0054	0,0004	0,0321	0,0565	0,0607	0,0731
630	0,563	0,5688	0,5638	0,5499	0,5441	0,5399	0,53	-0,0058	-0,0008	0,0131	0,0189	0,0231	0,0330
640	0,5665	0,5725	0,5684	0,5602	0,5619	0,5577	0,5487	-0,0060	-0,0019	0,0063	0,0046	0,0088	0,0178
650	0,5704	0,5768	0,5731	0,5672	0,5723	0,5676	0,5591	-0,0064	-0,0027	0,0032	-0,0019	0,0028	0,0113
660	0,575	0,5818	0,5785	0,5734	0,5809	0,5755	0,5671	-0,0068	-0,0035	0,0016	-0,0059	-0,0005	0,0079
670	0,576	0,5831	0,5803	0,5756	0,5841	0,5787	0,5698	-0,0071	-0,0043	0,0004	-0,0031	-0,0027	0,0062
680	0,5762	0,5831	0,5803	0,5755	0,585	0,5791	0,5696	-0,0069	-0,0041	0,0007	-0,0038	-0,0029	0,0066
690	0,5766	0,5831	0,5813	0,5756	0,5854	0,5796	0,5706	-0,0065	-0,0047	0,0010	-0,0038	-0,0030	0,0060
700	0,578	0,5848	0,5827	0,5764	0,5859	0,5797	0,5712	-0,0068	-0,0047	0,0016	-0,0079	-0,0017	0,0068
710	0,5771	0,5838	0,582	0,5751	0,584	0,5779	0,5696	-0,0067	-0,0049	0,0020	-0,0069	-0,0008	0,0075
720	0,5792	0,5854	0,5841	0,5772	0,5865	0,5804	0,5723	-0,0062	-0,0049	0,0020	-0,0073	-0,0012	0,0069
730	0,5825	0,5892	0,5874	0,5817	0,5928	0,5866	0,5785	-0,0067	-0,0049	0,0008	-0,0103	-0,0041	0,0040



Tablica 44: Vrijednosti refleksije magenta komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +3%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge

nm	podloga	M5%+3	M9%+3	M50%+3	M91%+3	M95%+3	M100%+3	pod- (M5%+3)	pod- (M9%+3)	pod- (M50%+3)	pod- (M91%+3)	pod- (M95%+3)	pod- (M100%+3)
380	0,2778	0,2797	0,2655	0,1798	0,1062	0,104	0,1011	-0,0019	0,0123	0,0980	0,1716	0,1738	0,1767
390	0,2922	0,2935	0,2794	0,1854	0,1089	0,1063	0,1033	-0,0013	0,0128	0,1068	0,1833	0,1859	0,1889
400	0,3209	0,3209	0,3071	0,1965	0,1143	0,111	0,1077	0,0000	0,0138	0,1244	0,2066	0,2099	0,2132
410	0,3934	0,3906	0,3786	0,2317	0,1346	0,1284	0,1246	0,0028	0,0148	0,1617	0,2588	0,2650	0,2688
420	0,4573	0,4538	0,4429	0,265	0,1528	0,1446	0,1412	0,0035	0,0144	0,1923	0,3045	0,3127	0,3161
430	0,4896	0,4866	0,4741	0,2862	0,1662	0,1569	0,155	0,0030	0,0155	0,2034	0,3234	0,3327	0,3346
440	0,5066	0,5032	0,4921	0,3007	0,1771	0,1675	0,1652	0,0034	0,0145	0,2059	0,3295	0,3391	0,3414
450	0,5183	0,5148	0,5031	0,3069	0,1799	0,1699	0,1684	0,0035	0,0152	0,2114	0,3384	0,3484	0,3499
460	0,5273	0,5231	0,5104	0,3011	0,1716	0,161	0,1598	0,0042	0,0169	0,2262	0,3557	0,3663	0,3675
470	0,5329	0,5276	0,5131	0,2886	0,1564	0,1459	0,1447	0,0053	0,0198	0,2443	0,3765	0,3870	0,3882
480	0,5378	0,5317	0,5148	0,2736	0,1401	0,1297	0,1287	0,0061	0,0230	0,2642	0,3977	0,4081	0,4091
490	0,5435	0,5355	0,5169	0,2601	0,1255	0,1156	0,1143	0,0080	0,0266	0,2834	0,4180	0,4279	0,4292
500	0,5494	0,5404	0,5197	0,247	0,1122	0,1024	0,1013	0,0090	0,0297	0,3024	0,4372	0,4470	0,4481
510	0,5519	0,5419	0,5191	0,2308	0,0975	0,0884	0,087	0,0100	0,0328	0,3211	0,4544	0,4635	0,4649
520	0,5504	0,5394	0,5139	0,213	0,0829	0,0743	0,073	0,0110	0,0365	0,3374	0,4675	0,4761	0,4774
530	0,5472	0,5356	0,5087	0,2015	0,0745	0,0664	0,0648	0,0116	0,0385	0,3457	0,4727	0,4808	0,4824
540	0,5465	0,5345	0,5072	0,1979	0,0718	0,0638	0,0624	0,0120	0,0393	0,3486	0,4747	0,4827	0,4841
550	0,5484	0,5358	0,508	0,1921	0,0671	0,0595	0,058	0,0126	0,0404	0,3563	0,4813	0,4889	0,4904
560	0,5481	0,5345	0,5046	0,1788	0,0579	0,0509	0,0495	0,0136	0,0435	0,3693	0,4902	0,4972	0,4986
570	0,5483	0,5339	0,5015	0,1665	0,0503	0,0442	0,0425	0,0144	0,0468	0,3818	0,4980	0,5041	0,5058
580	0,5507	0,5367	0,508	0,1831	0,0621	0,0552	0,0539	0,0140	0,0427	0,3676	0,4886	0,4955	0,4968
590	0,5573	0,5464	0,5322	0,2684	0,1335	0,1235	0,1235	0,0109	0,0251	0,2889	0,4238	0,4338	0,4338
600	0,5598	0,552	0,5541	0,395	0,2737	0,262	0,2654	0,0078	0,0057	0,1648	0,2861	0,2978	0,2944
610	0,5601	0,554	0,5648	0,4895	0,4111	0,4024	0,4102	0,0061	-0,0047	0,0706	0,1490	0,1577	0,1499
620	0,5612	0,5551	0,5692	0,5349	0,4911	0,4858	0,4974	0,0061	-0,0080	0,0263	0,0701	0,0754	0,0638
630	0,563	0,5565	0,5722	0,553	0,5255	0,5226	0,5364	0,0065	-0,0092	0,0100	0,0375	0,0404	0,0266
640	0,5665	0,5593	0,5757	0,5622	0,5409	0,5388	0,554	0,0072	-0,0092	0,0043	0,0256	0,0277	0,0125
650	0,5704	0,5629	0,5801	0,569	0,5495	0,5474	0,5638	0,0075	-0,0097	0,0014	0,0209	0,0230	0,0066
660	0,575	0,5671	0,5846	0,5748	0,5564	0,5543	0,5718	0,0079	-0,0096	0,0002	0,0186	0,0207	0,0032
670	0,576	0,5678	0,5857	0,5769	0,5592	0,5566	0,575	0,0082	-0,0097	-0,0009	0,0168	0,0194	0,0010
680	0,5762	0,5674	0,5854	0,5767	0,559	0,5569	0,5751	0,0088	-0,0092	-0,0005	0,0172	0,0193	0,0011
690	0,5766	0,568	0,5856	0,5771	0,5592	0,5569	0,5753	0,0086	-0,0090	-0,0005	0,0174	0,0197	0,0013
700	0,578	0,569	0,5871	0,5776	0,5591	0,5563	0,5753	0,0090	-0,0091	0,0004	0,0189	0,0217	0,0027
710	0,5771	0,5677	0,5859	0,5758	0,5573	0,5541	0,5728	0,0094	-0,0088	0,0013	0,0198	0,0230	0,0043
720	0,5792	0,5694	0,5876	0,5783	0,5593	0,5562	0,5752	0,0098	-0,0084	0,0009	0,0199	0,0230	0,0040
730	0,5825	0,5729	0,5921	0,5831	0,5646	0,562	0,5815	0,0096	-0,0096	-0,0006	0,0179	0,0205	0,0010

Tablica 45: Vrijednosti refleksije magenta komponente u vidljivom dijelu spektra za polja bez modificiranog prirasta rasterskog elementa; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge

nm	podloga	M5%	M9%	M50%	M91%	M95%	M100%	pod-					
		norm	norm	norm	norm	norm	norm	(M5%)	(M9%)	(M50%)	(M91%)	(M95%)	(M100%)
380	0,2861	0,2826	0,2699	0,1965	0,1062	0,1078	0,1039	0,0035	0,0162	0,0896	0,1799	0,1783	0,1822
390	0,2997	0,2967	0,2833	0,2032	0,1089	0,1102	0,1061	0,0030	0,0164	0,0965	0,1908	0,1895	0,1936
400	0,3267	0,3249	0,3102	0,2165	0,1143	0,1152	0,1106	0,0018	0,0165	0,1102	0,2124	0,2115	0,2161
410	0,3951	0,396	0,3794	0,2571	0,1346	0,1337	0,1274	-0,0009	0,0157	0,1380	0,2605	0,2614	0,2677
420	0,4557	0,4577	0,4381	0,2935	0,1528	0,1519	0,1437	-0,0020	0,0176	0,1622	0,3029	0,3038	0,3120
430	0,4879	0,4902	0,4685	0,3161	0,1662	0,1656	0,1571	-0,0023	0,0194	0,1718	0,3217	0,3223	0,3308
440	0,5046	0,5069	0,4849	0,3314	0,1771	0,1771	0,1686	-0,0023	0,0197	0,1732	0,3275	0,3275	0,3360
450	0,5165	0,5187	0,496	0,3384	0,1799	0,1803	0,1716	-0,0022	0,0205	0,1781	0,3366	0,3362	0,3449
460	0,5253	0,5269	0,5033	0,3348	0,1716	0,1718	0,1627	-0,0016	0,0220	0,1905	0,3537	0,3535	0,3626
470	0,5309	0,5316	0,5063	0,3237	0,1564	0,1564	0,1472	-0,0007	0,0246	0,2072	0,3745	0,3745	0,3837
480	0,5356	0,5358	0,5083	0,311	0,1401	0,1401	0,1307	-0,0002	0,0273	0,2246	0,3955	0,3955	0,4049
490	0,5414	0,5405	0,5109	0,2989	0,1255	0,1256	0,1162	0,0009	0,0305	0,2425	0,4159	0,4158	0,4252
500	0,5479	0,5462	0,5148	0,2877	0,1122	0,1122	0,103	0,0017	0,0331	0,2602	0,4357	0,4357	0,4449
510	0,551	0,5479	0,5144	0,2727	0,0975	0,0973	0,0884	0,0031	0,0366	0,2783	0,4535	0,4535	0,4626
520	0,5494	0,5453	0,5095	0,2555	0,0829	0,0825	0,0741	0,0041	0,0399	0,2939	0,4665	0,4669	0,4753
530	0,5463	0,5417	0,5045	0,2441	0,0745	0,0739	0,0657	0,0046	0,0418	0,3022	0,4718	0,4724	0,4806
540	0,5458	0,5408	0,5029	0,2405	0,0718	0,0712	0,0632	0,0050	0,0429	0,3053	0,4740	0,4746	0,4826
550	0,5485	0,5425	0,5037	0,2347	0,0671	0,0666	0,0589	0,0060	0,0448	0,3138	0,4814	0,4819	0,4896
560	0,5483	0,5413	0,5002	0,2214	0,0579	0,0574	0,0502	0,0070	0,0481	0,3269	0,4904	0,4909	0,4981
570	0,5488	0,5407	0,4972	0,209	0,0503	0,0497	0,0433	0,0081	0,0516	0,3398	0,4985	0,4991	0,5055
580	0,5508	0,544	0,5037	0,2265	0,0621	0,0618	0,0544	0,0068	0,0471	0,3243	0,4887	0,4890	0,4964
590	0,558	0,5547	0,5265	0,3109	0,1335	0,1354	0,1265	0,0033	0,0315	0,2471	0,4245	0,4226	0,4315
600	0,5604	0,5604	0,5463	0,4259	0,2737	0,2806	0,2734	0,0000	0,0141	0,1345	0,2867	0,2798	0,2870
610	0,5605	0,5626	0,5557	0,5046	0,4111	0,4208	0,4176	-0,0021	0,0048	0,0559	0,1494	0,1397	0,1429
620	0,5617	0,5641	0,56	0,5396	0,4911	0,5009	0,5002	-0,0024	0,0017	0,0221	0,0706	0,0608	0,0615
630	0,5636	0,5658	0,5625	0,5535	0,5255	0,5356	0,5364	-0,0022	0,0011	0,0101	0,0381	0,0280	0,0272
640	0,5669	0,5691	0,5662	0,561	0,5409	0,5511	0,5524	-0,0022	0,0007	0,0059	0,0260	0,0158	0,0145
650	0,5707	0,5731	0,5707	0,5667	0,5495	0,5599	0,562	-0,0024	0,0000	0,0040	0,0212	0,0108	0,0087
660	0,5756	0,5777	0,5758	0,5723	0,5564	0,5668	0,5689	-0,0021	-0,0002	0,0033	0,0192	0,0088	0,0067
670	0,5765	0,5785	0,5767	0,5735	0,5592	0,5692	0,5714	-0,0020	-0,0002	0,0030	0,0173	0,0073	0,0051
680	0,5767	0,579	0,577	0,5737	0,559	0,5699	0,5723	-0,0023	-0,0003	0,0030	0,0177	0,0068	0,0044
690	0,5772	0,579	0,5773	0,5737	0,5592	0,5701	0,5726	-0,0018	-0,0001	0,0035	0,0180	0,0071	0,0046
700	0,5786	0,5804	0,5788	0,575	0,5591	0,5713	0,5742	-0,0018	-0,0002	0,0036	0,0195	0,0073	0,0044
710	0,5779	0,5791	0,578	0,5736	0,5573	0,5695	0,572	-0,0012	-0,0001	0,0043	0,0206	0,0084	0,0059
720	0,5798	0,5811	0,5793	0,5762	0,5593	0,5721	0,5746	-0,0013	0,0005	0,0036	0,0205	0,0077	0,0052
730	0,5839	0,5847	0,5834	0,5796	0,5646	0,577	0,5799	-0,0008	0,0005	0,0043	0,0193	0,0069	0,0040



Tablica 46: Vrijednosti refleksije žute komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +9%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge

nm	podloga	Y5%+9	Y9%+9	Y50%+9	Y91%+9	Y95%+9	Y100%+9	pod- (Y5%+9)	pod- (Y9%+9)	pod- (Y50%+9)	pod- (Y91%+9)	pod- (Y95%+9)	pod- (Y100%+9)
380	0,2737	0,2725	0,2665	0,1191	0,0621	0,0591	0,0576	0,0012	0,0072	0,1546	0,2116	0,2146	0,2161
390	0,2869	0,2862	0,2781	0,1202	0,0619	0,059	0,0574	0,0007	0,0088	0,1667	0,2250	0,2279	0,2295
400	0,3134	0,3137	0,3016	0,1222	0,0613	0,0588	0,057	-0,0003	0,0118	0,1912	0,2521	0,2546	0,2564
410	0,3813	0,384	0,363	0,1298	0,059	0,0576	0,0552	-0,0027	0,0183	0,2515	0,3223	0,3237	0,3261
420	0,4422	0,4466	0,4188	0,1362	0,0584	0,0572	0,0549	-0,0044	0,0234	0,3060	0,3838	0,3850	0,3873
430	0,4744	0,478	0,4463	0,1381	0,0565	0,0555	0,0529	-0,0036	0,0281	0,3363	0,4179	0,4189	0,4215
440	0,4912	0,4945	0,4601	0,1376	0,055	0,054	0,0508	-0,0033	0,0311	0,3536	0,4362	0,4372	0,4404
450	0,5034	0,5066	0,4714	0,1403	0,056	0,0545	0,0518	-0,0032	0,0320	0,3631	0,4474	0,4489	0,4516
460	0,5125	0,5159	0,481	0,1468	0,0593	0,0582	0,0551	-0,0034	0,0315	0,3657	0,4532	0,4543	0,4574
470	0,5186	0,5225	0,4873	0,1512	0,062	0,0609	0,0576	-0,0039	0,0313	0,3674	0,4566	0,4577	0,4610
480	0,5235	0,5281	0,4949	0,1619	0,0694	0,0682	0,0651	-0,0046	0,0286	0,3616	0,4541	0,4553	0,4584
490	0,5295	0,5368	0,5094	0,2014	0,0993	0,098	0,095	-0,0073	0,0201	0,3281	0,4302	0,4315	0,4345
500	0,5364	0,5475	0,5339	0,3035	0,1931	0,192	0,1898	-0,0111	0,0025	0,2329	0,3433	0,3444	0,3466
510	0,5392	0,5543	0,5527	0,4415	0,3572	0,3568	0,3548	-0,0151	-0,0135	0,0977	0,1820	0,1824	0,1844
520	0,538	0,554	0,5576	0,5175	0,4745	0,4747	0,4711	-0,0160	-0,0196	0,0205	0,0635	0,0633	0,0669
530	0,535	0,5515	0,556	0,5374	0,5129	0,5132	0,5088	-0,0165	-0,0210	-0,0024	0,0221	0,0218	0,0262
540	0,5347	0,5508	0,556	0,5437	0,526	0,5265	0,5212	-0,0161	-0,0213	-0,0090	0,0087	0,0082	0,0135
550	0,5373	0,5531	0,5587	0,55	0,5353	0,5358	0,5302	-0,0158	-0,0214	-0,0127	0,0020	0,0015	0,0071
560	0,5373	0,5529	0,5588	0,5526	0,54	0,5404	0,5351	-0,0156	-0,0215	-0,0153	-0,0027	-0,0031	0,0022
570	0,5382	0,5533	0,5593	0,5548	0,5439	0,5447	0,5389	-0,0151	-0,0211	-0,0166	-0,0057	-0,0065	-0,0007
580	0,5403	0,5555	0,5618	0,5593	0,5502	0,5508	0,5447	-0,0152	-0,0215	-0,0190	-0,0099	-0,0105	-0,0044
590	0,5469	0,5618	0,5684	0,5688	0,561	0,5621	0,5555	-0,0149	-0,0215	-0,0219	-0,0141	-0,0152	-0,0086
600	0,5495	0,5641	0,5709	0,5723	0,5656	0,567	0,5599	-0,0146	-0,0214	-0,0228	-0,0161	-0,0175	-0,0104
610	0,55	0,5643	0,5712	0,5728	0,5668	0,5682	0,5609	-0,0143	-0,0212	-0,0228	-0,0168	-0,0182	-0,0109
620	0,5511	0,5654	0,5723	0,574	0,5679	0,5693	0,5621	-0,0143	-0,0212	-0,0229	-0,0168	-0,0182	-0,0110
630	0,5529	0,567	0,5739	0,576	0,5702	0,5715	0,5638	-0,0141	-0,0210	-0,0231	-0,0173	-0,0186	-0,0109
640	0,5563	0,5704	0,5773	0,5799	0,5741	0,5752	0,5673	-0,0141	-0,0210	-0,0236	-0,0178	-0,0189	-0,0110
650	0,5604	0,5745	0,5818	0,5843	0,5791	0,5794	0,5716	-0,0141	-0,0214	-0,0239	-0,0187	-0,0190	-0,0112
660	0,5649	0,5793	0,5867	0,5895	0,5848	0,5845	0,5771	-0,0144	-0,0218	-0,0246	-0,0199	-0,0196	-0,0122
670	0,5663	0,5805	0,5876	0,5906	0,5863	0,5856	0,578	-0,0142	-0,0213	-0,0243	-0,0200	-0,0193	-0,0117
680	0,5665	0,5808	0,588	0,5901	0,5865	0,5848	0,5775	-0,0143	-0,0215	-0,0236	-0,0200	-0,0183	-0,0110
690	0,5671	0,5812	0,5884	0,5904	0,5869	0,5846	0,5778	-0,0141	-0,0213	-0,0233	-0,0198	-0,0175	-0,0107
700	0,5687	0,5822	0,5898	0,5916	0,5887	0,5864	0,5791	-0,0135	-0,0211	-0,0229	-0,0200	-0,0177	-0,0104
710	0,5676	0,5822	0,5892	0,5912	0,5883	0,5856	0,5784	-0,0146	-0,0216	-0,0236	-0,0207	-0,0180	-0,0108
720	0,5701	0,5833	0,5906	0,5931	0,5906	0,5876	0,5804	-0,0132	-0,0205	-0,0230	-0,0205	-0,0175	-0,0103
730	0,5741	0,587	0,5948	0,5981	0,5953	0,5922	0,5849	-0,0129	-0,0207	-0,0240	-0,0212	-0,0181	-0,0108

Tablica 47: Vrijednosti refleksije žute komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +6%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge

nm	podloga	Y5%+6	Y9%+6	Y50%+6	Y91%+6	Y95%+6	Y100%+6	pod- (Y5%+6)	pod- (Y9%+6)	pod- (Y50%+6)	pod- (Y91%+6)	pod- (Y95%+6)	pod- (Y100%+6)
380	0,2737	0,272	0,2624	0,1301	0,0627	0,0621	0,0573	0,0017	0,0113	0,1436	0,2110	0,2116	0,2164
390	0,2869	0,2844	0,2736	0,1315	0,0626	0,062	0,0571	0,0025	0,0133	0,1554	0,2243	0,2249	0,2298
400	0,3134	0,309	0,2959	0,1345	0,0625	0,0618	0,0568	0,0044	0,0175	0,1789	0,2509	0,2516	0,2566
410	0,3813	0,373	0,3552	0,1454	0,062	0,0613	0,0557	0,0083	0,0261	0,2359	0,3193	0,3200	0,3256
420	0,4422	0,4297	0,4083	0,155	0,0612	0,0611	0,0557	0,0125	0,0339	0,2872	0,3810	0,3811	0,3865
430	0,4744	0,4601	0,4362	0,1575	0,0594	0,0593	0,0536	0,0143	0,0382	0,3169	0,4150	0,4151	0,4208
440	0,4912	0,4761	0,4512	0,1583	0,0578	0,0576	0,0521	0,0151	0,0400	0,3329	0,4334	0,4336	0,4391
450	0,5034	0,4882	0,4628	0,1613	0,0591	0,0588	0,0531	0,0152	0,0406	0,3421	0,4443	0,4446	0,4503
460	0,5125	0,4976	0,4721	0,1674	0,0623	0,0619	0,0562	0,0149	0,0404	0,3451	0,4502	0,4506	0,4563
470	0,5186	0,5042	0,4787	0,1719	0,0652	0,0645	0,0588	0,0144	0,0399	0,3467	0,4534	0,4541	0,4598
480	0,5235	0,5101	0,4863	0,1824	0,0724	0,0723	0,0664	0,0134	0,0372	0,3411	0,4511	0,4512	0,4571
490	0,5295	0,5201	0,4999	0,2202	0,1031	0,1027	0,0963	0,0094	0,0296	0,3093	0,4264	0,4268	0,4332
500	0,5364	0,533	0,5223	0,3162	0,1978	0,1978	0,191	0,0034	0,0141	0,2202	0,3386	0,3386	0,3454
510	0,5392	0,541	0,5392	0,4424	0,3595	0,3624	0,3571	-0,0018	0,0000	0,0968	0,1797	0,1768	0,1821
520	0,538	0,5416	0,5433	0,5098	0,4708	0,4775	0,4744	-0,0036	-0,0053	0,0282	0,0672	0,0605	0,0636
530	0,535	0,5388	0,5413	0,5266	0,5058	0,5143	0,5127	-0,0038	-0,0063	0,0084	0,0292	0,0207	0,0223
540	0,5347	0,5383	0,5414	0,532	0,5176	0,5268	0,5258	-0,0036	-0,0067	0,0027	0,0171	0,0079	0,0089
550	0,5373	0,5406	0,5443	0,5372	0,5255	0,5355	0,5351	-0,0033	-0,0070	0,0001	0,0118	0,0018	0,0022
560	0,5373	0,5402	0,5444	0,5388	0,5289	0,5396	0,54	-0,0029	-0,0071	-0,0015	0,0084	-0,0023	-0,0027
570	0,5382	0,5406	0,5452	0,5405	0,5317	0,5429	0,5438	-0,0024	-0,0070	-0,0023	0,0065	-0,0047	-0,0056
580	0,5403	0,5433	0,5481	0,5451	0,5376	0,5496	0,5508	-0,0030	-0,0078	-0,0048	0,0027	-0,0093	-0,0105
590	0,5469	0,5498	0,5557	0,5547	0,5497	0,5618	0,5635	-0,0029	-0,0088	-0,0078	-0,0028	-0,0149	-0,0166
600	0,5495	0,552	0,5586	0,5585	0,5546	0,5671	0,569	-0,0025	-0,0091	-0,0090	-0,0051	-0,0176	-0,0195
610	0,55	0,5522	0,5592	0,5593	0,5556	0,5682	0,5704	-0,0022	-0,0092	-0,0093	-0,0056	-0,0182	-0,0204
620	0,5511	0,5532	0,5605	0,5606	0,5567	0,5695	0,5722	-0,0021	-0,0094	-0,0095	-0,0056	-0,0184	-0,0211
630	0,5529	0,5549	0,5627	0,5625	0,5587	0,5717	0,5745	-0,0020	-0,0098	-0,0096	-0,0058	-0,0188	-0,0216
640	0,5563	0,5583	0,5663	0,566	0,5618	0,5753	0,5783	-0,0020	-0,0100	-0,0097	-0,0055	-0,0190	-0,0220
650	0,5604	0,5621	0,5706	0,5703	0,566	0,5793	0,583	-0,0017	-0,0102	-0,0099	-0,0056	-0,0189	-0,0226
660	0,5649	0,5668	0,5756	0,575	0,5706	0,5844	0,5886	-0,0019	-0,0107	-0,0101	-0,0057	-0,0195	-0,0237
670	0,5663	0,5679	0,5769	0,5761	0,5715	0,5854	0,5898	-0,0016	-0,0106	-0,0098	-0,0052	-0,0191	-0,0235
680	0,5665	0,568	0,5773	0,5759	0,5711	0,5848	0,5897	-0,0015	-0,0108	-0,0094	-0,0046	-0,0183	-0,0232
690	0,5671	0,5682	0,5776	0,5764	0,5707	0,5845	0,5897	-0,0011	-0,0105	-0,0093	-0,0036	-0,0174	-0,0226
700	0,5687	0,5693	0,5795	0,5773	0,5721	0,5859	0,5911	-0,0006	-0,0108	-0,0086	-0,0034	-0,0172	-0,0224
710	0,5676	0,5688	0,5786	0,5766	0,5713	0,5852	0,5907	-0,0012	-0,0110	-0,0090	-0,0037	-0,0176	-0,0231
720	0,5701	0,5713	0,5806	0,5793	0,5732	0,5872	0,5928	-0,0012	-0,0105	-0,0092	-0,0031	-0,0171	-0,0227
730	0,5741	0,574	0,5848	0,5831	0,5779	0,5919	0,5975	0,0001	-0,0107	-0,0090	-0,0038	-0,0178	-0,0234



Tablica 48: Vrijednosti refleksije žute komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +3%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge

nm	podloga	Y5%+3	Y9%+3	Y50%+3	Y91%+3	Y95%+3	Y100%+3	pod-(Y5%+3)	pod-(Y9%+3)	pod-(Y50%+3)	pod-(Y91%+3)	pod-(Y95%+3)	pod-(Y100%+3)
380	0,2737	0,2663	0,264	0,138	0,0649	0,0632	0,0569	0,0074	0,0097	0,1357	0,2088	0,2105	0,2168
390	0,2869	0,2791	0,2757	0,1399	0,0649	0,0632	0,0571	0,0078	0,0112	0,1470	0,2220	0,2237	0,2298
400	0,3134	0,3047	0,2991	0,1437	0,065	0,0633	0,0574	0,0087	0,0143	0,1697	0,2484	0,2501	0,2560
410	0,3813	0,3712	0,3608	0,1572	0,0653	0,0634	0,0589	0,0101	0,0205	0,2241	0,3160	0,3179	0,3224
420	0,4422	0,4352	0,4153	0,1697	0,0648	0,064	0,0583	0,0070	0,0269	0,2725	0,3774	0,3782	0,3839
430	0,4744	0,4673	0,443	0,1735	0,0635	0,0621	0,0574	0,0071	0,0314	0,3009	0,4109	0,4123	0,4170
440	0,4912	0,4844	0,4565	0,1746	0,0616	0,0605	0,0557	0,0068	0,0347	0,3166	0,4296	0,4307	0,4355
450	0,5034	0,4966	0,4662	0,1782	0,0629	0,0613	0,0566	0,0068	0,0372	0,3252	0,4405	0,4421	0,4468
460	0,5125	0,5064	0,4745	0,1846	0,0666	0,0652	0,0601	0,0061	0,0380	0,3279	0,4459	0,4473	0,4524
470	0,5186	0,5132	0,4799	0,1888	0,0696	0,0678	0,0628	0,0054	0,0387	0,3298	0,4490	0,4508	0,4558
480	0,5235	0,52	0,4861	0,1992	0,0773	0,0759	0,0704	0,0035	0,0374	0,3243	0,4462	0,4476	0,4531
490	0,5295	0,5289	0,4977	0,2354	0,1089	0,1067	0,1011	0,0006	0,0318	0,2941	0,4206	0,4228	0,4284
500	0,5364	0,5414	0,5167	0,3267	0,2048	0,202	0,196	-0,0050	0,0197	0,2097	0,3316	0,3344	0,3404
510	0,5392	0,549	0,5306	0,4435	0,3649	0,3629	0,3595	-0,0098	0,0086	0,0957	0,1743	0,1763	0,1797
520	0,538	0,5494	0,5334	0,5046	0,4724	0,4726	0,4727	-0,0114	0,0046	0,0334	0,0656	0,0654	0,0653
530	0,535	0,5467	0,5311	0,5195	0,5055	0,507	0,5089	-0,0117	0,0039	0,0155	0,0295	0,0280	0,0261
540	0,5347	0,5469	0,5306	0,5241	0,5167	0,5189	0,5214	-0,0122	0,0041	0,0106	0,0180	0,0158	0,0133
550	0,5373	0,55	0,5325	0,5286	0,5245	0,5273	0,5304	-0,0127	0,0048	0,0087	0,0128	0,0100	0,0069
560	0,5373	0,5507	0,5323	0,5302	0,5285	0,5319	0,5351	-0,0134	0,0050	0,0071	0,0088	0,0054	0,0022
570	0,5382	0,552	0,5327	0,5319	0,5318	0,5355	0,5392	-0,0138	0,0055	0,0063	0,0064	0,0027	-0,0010
580	0,5403	0,555	0,5349	0,5356	0,5381	0,5418	0,546	-0,0147	0,0054	0,0047	0,0022	-0,0015	-0,0057
590	0,5469	0,5618	0,5408	0,5436	0,5494	0,5532	0,5577	-0,0149	0,0061	0,0033	-0,0025	-0,0063	-0,0108
600	0,5495	0,564	0,543	0,5464	0,5539	0,558	0,5625	-0,0145	0,0065	0,0031	-0,0044	-0,0085	-0,0130
610	0,55	0,5646	0,5435	0,5469	0,5547	0,5594	0,5636	-0,0146	0,0065	0,0031	-0,0047	-0,0094	-0,0136
620	0,5511	0,5661	0,5441	0,5479	0,5563	0,561	0,5656	-0,0150	0,0070	0,0032	-0,0052	-0,0099	-0,0145
630	0,5529	0,5686	0,5456	0,5496	0,5585	0,5631	0,5677	-0,0157	0,0073	0,0033	-0,0056	-0,0102	-0,0148
640	0,5563	0,5724	0,5489	0,553	0,562	0,5666	0,5718	-0,0161	0,0074	0,0033	-0,0057	-0,0103	-0,0155
650	0,5604	0,577	0,5529	0,5568	0,5665	0,5707	0,5762	-0,0166	0,0075	0,0036	-0,0061	-0,0103	-0,0158
660	0,5649	0,5823	0,5573	0,5613	0,5714	0,5754	0,5815	-0,0174	0,0076	0,0036	-0,0065	-0,0105	-0,0166
670	0,5663	0,5837	0,5584	0,5623	0,5727	0,5765	0,5834	-0,0174	0,0079	0,0040	-0,0064	-0,0102	-0,0171
680	0,5665	0,5842	0,5584	0,5621	0,5721	0,5761	0,583	-0,0177	0,0081	0,0044	-0,0056	-0,0096	-0,0165
690	0,5671	0,5851	0,559	0,5625	0,5723	0,5764	0,5828	-0,0180	0,0081	0,0046	-0,0052	-0,0093	-0,0157
700	0,5687	0,5867	0,56	0,5637	0,5737	0,5775	0,5847	-0,0180	0,0087	0,0050	-0,0050	-0,0088	-0,0160
710	0,5676	0,5863	0,5595	0,5629	0,5727	0,5771	0,5842	-0,0187	0,0081	0,0047	-0,0051	-0,0095	-0,0166
720	0,5701	0,5889	0,5617	0,5649	0,5757	0,5792	0,5866	-0,0188	0,0084	0,0052	-0,0056	-0,0091	-0,0165
730	0,5741	0,5928	0,5645	0,5687	0,5791	0,5828	0,5903	-0,0187	0,0096	0,0054	-0,0050	-0,0087	-0,0162

Tablica 49: Vrijednosti refleksije žute komponente u vidljivom dijelu spektra za polja bez modificiranog prirasta rasterskog elementa; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge

nm	podloga	Y5% norm	Y9% norm	Y50% norm	Y91% norm	Y95% norm	Y100% norm	pod- (Y5% <i>n</i> )	pod- (Y9% <i>n</i> )	pod- (Y50% <i>n</i> )	pod- (Y91% <i>n</i> )	pod- (Y95% <i>n</i> )	pod- (Y100% <i>n</i> )
380	0,2861	0,2836	0,2728	0,1612	0,0661	0,0585	0,0602	0,0025	0,0133	0,1249	0,2200	0,2176	0,2259
390	0,2997	0,296	0,2855	0,1642	0,0661	0,0586	0,0602	0,0037	0,0142	0,1355	0,2336	0,2311	0,2395
400	0,3267	0,3208	0,3107	0,1701	0,0661	0,0588	0,0601	0,0059	0,0160	0,1566	0,2606	0,2579	0,2666
410	0,3951	0,3842	0,3759	0,1904	0,0661	0,0598	0,0601	0,0109	0,0192	0,2047	0,3290	0,3253	0,3350
420	0,4557	0,4415	0,4333	0,2065	0,0663	0,0705	0,06	0,0142	0,0224	0,2492	0,3894	0,3852	0,3957
430	0,4879	0,4721	0,4628	0,2144	0,0643	0,0687	0,0577	0,0158	0,0251	0,2735	0,4236	0,4192	0,4302
440	0,5046	0,4878	0,4774	0,2158	0,0629	0,0667	0,0565	0,0168	0,0272	0,2888	0,4417	0,4379	0,4481
450	0,5165	0,5003	0,4891	0,221	0,0636	0,0682	0,0574	0,0162	0,0274	0,2955	0,4529	0,4483	0,4591
460	0,5253	0,5095	0,498	0,2275	0,0667	0,072	0,0612	0,0158	0,0273	0,2978	0,4586	0,4533	0,4641
470	0,5309	0,5156	0,5042	0,2323	0,0698	0,0748	0,0636	0,0153	0,0267	0,2986	0,4611	0,4561	0,4673
480	0,5356	0,5211	0,5103	0,2425	0,0772	0,083	0,0714	0,0145	0,0253	0,2931	0,4584	0,4526	0,4642
490	0,5414	0,5288	0,5214	0,2778	0,1076	0,1152	0,1025	0,0126	0,0200	0,2636	0,4338	0,4262	0,4389
500	0,5479	0,5389	0,5373	0,3639	0,2015	0,2134	0,1997	0,0090	0,0106	0,1840	0,3464	0,3345	0,3482
510	0,551	0,5449	0,5482	0,4701	0,3599	0,374	0,3641	0,0061	0,0028	0,0809	0,1911	0,1770	0,1869
520	0,5494	0,5443	0,5492	0,5226	0,4678	0,4792	0,4754	0,0051	0,0002	0,0268	0,0816	0,0702	0,0740
530	0,5463	0,5417	0,5468	0,5346	0,5012	0,5109	0,5095	0,0046	-0,0005	0,0117	0,0451	0,0354	0,0368
540	0,5458	0,5411	0,5462	0,5383	0,5117	0,5212	0,521	0,0047	-0,0004	0,0075	0,0341	0,0246	0,0248
550	0,5485	0,5433	0,5488	0,5422	0,5182	0,5284	0,5293	0,0052	-0,0003	0,0063	0,0303	0,0201	0,0192
560	0,5483	0,5432	0,5483	0,5432	0,5205	0,5309	0,533	0,0050	0,0000	0,0051	0,0278	0,0174	0,0153
570	0,5488	0,5432	0,5484	0,5433	0,5222	0,5327	0,5357	0,0056	0,0004	0,0055	0,0266	0,0161	0,0131
580	0,5508	0,5455	0,551	0,5475	0,5276	0,5386	0,5422	0,0053	-0,0002	0,0033	0,0232	0,0122	0,0086
590	0,558	0,5525	0,5588	0,5582	0,5402	0,5522	0,5552	0,0055	-0,0008	-0,0002	0,0178	0,0058	0,0028
600	0,5604	0,555	0,5617	0,5628	0,546	0,5577	0,5609	0,0054	-0,0013	-0,0024	0,0144	0,0027	-0,0005
610	0,5605	0,5556	0,5626	0,5636	0,5473	0,5589	0,562	0,0049	-0,0021	-0,0031	0,0132	0,0016	-0,0015
620	0,5617	0,5568	0,5638	0,5649	0,5483	0,5603	0,5634	0,0049	-0,0021	-0,0032	0,0134	0,0014	-0,0017
630	0,5636	0,5588	0,5658	0,5668	0,5497	0,562	0,5656	0,0048	-0,0022	-0,0032	0,0139	0,0016	-0,0020
640	0,5669	0,5625	0,5692	0,5703	0,5526	0,5656	0,5693	0,0044	-0,0023	-0,0034	0,0143	0,0013	-0,0024
650	0,5707	0,567	0,5737	0,5747	0,5566	0,57	0,5737	0,0037	-0,0030	-0,0040	0,0141	0,0007	-0,0030
660	0,5756	0,5726	0,5787	0,5798	0,5611	0,575	0,5787	0,0030	-0,0031	-0,0042	0,0145	0,0006	-0,0031
670	0,5765	0,574	0,5801	0,5811	0,5621	0,5762	0,58	0,0025	-0,0036	-0,0046	0,0144	0,0003	-0,0035
680	0,5767	0,5748	0,5806	0,5811	0,562	0,5757	0,5797	0,0019	-0,0039	-0,0044	0,0147	0,0010	-0,0030
690	0,5772	0,5756	0,5812	0,5816	0,5615	0,5756	0,5795	0,0016	-0,0040	-0,0044	0,0157	0,0016	-0,0023
700	0,5786	0,5769	0,5825	0,5826	0,5627	0,5771	0,5809	0,0017	-0,0039	-0,0040	0,0159	0,0015	-0,0023
710	0,5779	0,5765	0,5818	0,582	0,5612	0,5754	0,5796	0,0014	-0,0039	-0,0041	0,0167	0,0025	-0,0017
720	0,5798	0,5784	0,5836	0,5836	0,5634	0,5777	0,5822	0,0014	-0,0038	-0,0038	0,0164	0,0021	-0,0024
730	0,5839	0,5823	0,5879	0,5878	0,5673	0,5817	0,5869	0,0016	-0,0040	-0,0039	0,0166	0,0022	-0,0030



Tablica 50: Vrijednosti refleksije crne komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modificiranim prirastom rasterskog elementa +9%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge

nm	podloga	pod-											
		K5%+9	K9%+9	K50%+9	K91%+9	K95%+9	K100%+9	pod- (K5%+9)	pod- (K9%+9)	pod- (K50%+9)	pod- (K91%+9)	pod- (K95%+9)	pod- (K100%+9)
380	0,2692	0,265	0,2449	0,0677	0,0238	0,0204	0,0203	0,0042	0,0243	0,2015	0,2454	0,2488	0,2489
390	0,2831	0,2786	0,256	0,0692	0,024	0,0208	0,0206	0,0045	0,0271	0,2139	0,2591	0,2623	0,2625
400	0,3112	0,306	0,2781	0,0719	0,0245	0,0214	0,0214	0,0052	0,0331	0,2393	0,2867	0,2898	0,2898
410	0,3829	0,3766	0,3383	0,0834	0,0264	0,0244	0,0248	0,0063	0,0446	0,2995	0,3565	0,3585	0,3581
420	0,4485	0,441	0,3918	0,0928	0,0284	0,026	0,027	0,0075	0,0567	0,3557	0,4201	0,4225	0,4215
430	0,4813	0,4728	0,4215	0,0984	0,0299	0,0283	0,028	0,0085	0,0598	0,3829	0,4514	0,4530	0,4533
440	0,4986	0,4907	0,4371	0,1024	0,0311	0,0291	0,0293	0,0079	0,0615	0,3962	0,4675	0,4695	0,4693
450	0,5105	0,502	0,4489	0,1053	0,0324	0,03	0,0303	0,0085	0,0616	0,4052	0,4781	0,4805	0,4802
460	0,519	0,5108	0,457	0,1079	0,0334	0,0309	0,0314	0,0082	0,0620	0,4111	0,4856	0,4881	0,4876
470	0,5248	0,5169	0,4631	0,1102	0,0345	0,0318	0,0323	0,0079	0,0617	0,4146	0,4903	0,4930	0,4925
480	0,5296	0,5218	0,4681	0,112	0,0352	0,0328	0,0333	0,0078	0,0615	0,4176	0,4944	0,4968	0,4963
490	0,5351	0,5273	0,4736	0,1143	0,0363	0,0338	0,0342	0,0078	0,0615	0,4208	0,4988	0,5013	0,5009
500	0,5415	0,5333	0,4793	0,1165	0,0372	0,0347	0,0351	0,0082	0,0622	0,4250	0,5043	0,5068	0,5064
510	0,544	0,5361	0,4824	0,118	0,0381	0,0356	0,0361	0,0079	0,0616	0,4260	0,5059	0,5084	0,5079
520	0,5421	0,535	0,4817	0,119	0,0389	0,0363	0,0366	0,0071	0,0604	0,4231	0,5032	0,5058	0,5055
530	0,5386	0,5324	0,4795	0,1196	0,0394	0,037	0,0373	0,0062	0,0591	0,4190	0,4992	0,5016	0,5013
540	0,5376	0,5323	0,4794	0,1204	0,0401	0,0376	0,0379	0,0053	0,0582	0,4172	0,4975	0,5000	0,4997
550	0,5394	0,5348	0,4816	0,1218	0,0408	0,0383	0,0388	0,0046	0,0578	0,4176	0,4986	0,5011	0,5006
560	0,5384	0,5349	0,4818	0,1224	0,0415	0,0389	0,0394	0,0035	0,0566	0,4160	0,4969	0,4995	0,4990
570	0,5383	0,5355	0,4824	0,1234	0,0422	0,0397	0,0399	0,0028	0,0559	0,4149	0,4961	0,4986	0,4984
580	0,541	0,538	0,485	0,1246	0,0428	0,0405	0,0406	0,0030	0,0560	0,4164	0,4982	0,5005	0,5004
590	0,5492	0,545	0,4916	0,1267	0,0439	0,0414	0,0418	0,0042	0,0576	0,4225	0,5053	0,5078	0,5074
600	0,5526	0,5477	0,4942	0,1281	0,0448	0,0422	0,0425	0,0049	0,0584	0,4245	0,5078	0,5104	0,5101
610	0,5535	0,5485	0,4949	0,1291	0,0455	0,043	0,0433	0,0050	0,0586	0,4244	0,5080	0,5105	0,5102
620	0,5544	0,5496	0,4961	0,1301	0,0461	0,0437	0,0439	0,0048	0,0583	0,4243	0,5083	0,5107	0,5105
630	0,5566	0,5516	0,4978	0,1313	0,0468	0,0445	0,0447	0,0050	0,0588	0,4253	0,5098	0,5121	0,5119
640	0,5596	0,5549	0,5009	0,1326	0,0477	0,0453	0,0455	0,0047	0,0587	0,4270	0,5119	0,5143	0,5141
650	0,564	0,5588	0,5048	0,1341	0,0486	0,0461	0,0463	0,0052	0,0592	0,4299	0,5154	0,5179	0,5177
660	0,5687	0,5631	0,5095	0,1356	0,0494	0,0471	0,0472	0,0056	0,0592	0,4331	0,5193	0,5216	0,5215
670	0,5695	0,5642	0,5107	0,1366	0,0502	0,0478	0,0478	0,0053	0,0588	0,4329	0,5193	0,5217	0,5217
680	0,5698	0,5644	0,511	0,1373	0,0508	0,0483	0,0485	0,0054	0,0588	0,4325	0,5190	0,5215	0,5213
690	0,5703	0,5649	0,5117	0,1381	0,0511	0,049	0,0491	0,0054	0,0586	0,4322	0,5192	0,5213	0,5212
700	0,5717	0,5663	0,5129	0,139	0,0522	0,0498	0,0499	0,0054	0,0588	0,4327	0,5195	0,5219	0,5218
710	0,5707	0,5656	0,5128	0,1396	0,0525	0,0505	0,0504	0,0051	0,0579	0,4311	0,5182	0,5202	0,5203
720	0,5726	0,5677	0,5141	0,1407	0,0535	0,051	0,051	0,0049	0,0585	0,4319	0,5191	0,5216	0,5216
730	0,5769	0,5714	0,5184	0,1425	0,0547	0,0525	0,0527	0,0055	0,0585	0,4344	0,5222	0,5244	0,5242

Tablica 51: Vrijednosti refleksije crne komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modifikiranim prirastom rasterskog elementa +6%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge

nm	podloga	pod-											
		K5%+6	K9%+6	K50%+6	K91%+6	K95%+6	K100%+6	pod- (K5%+6)	pod- (K9%+6)	pod- (K50%+6)	pod- (K91%+6)	pod- (K95%+6)	pod- (K100%+6)
380	0,2692	0,2665	0,241	0,055	0,0133	0,014	0,0125	0,0027	0,0282	0,2142	0,2559	0,2552	0,2567
390	0,2831	0,2805	0,252	0,0562	0,0134	0,0142	0,0125	0,0026	0,0311	0,2269	0,2697	0,2689	0,2706
400	0,3112	0,3085	0,274	0,0584	0,0137	0,0145	0,0128	0,0027	0,0372	0,2528	0,2975	0,2967	0,2984
410	0,3829	0,3806	0,3342	0,0682	0,0148	0,0162	0,0137	0,0023	0,0487	0,3147	0,3681	0,3667	0,3692
420	0,4485	0,4454	0,388	0,0767	0,0159	0,0151	0,0153	0,0031	0,0605	0,3718	0,4326	0,4334	0,4332
430	0,4813	0,4772	0,4168	0,0813	0,0165	0,0168	0,0147	0,0041	0,0645	0,4000	0,4648	0,4645	0,4666
440	0,4986	0,4943	0,4312	0,0841	0,0167	0,017	0,0162	0,0043	0,0674	0,4145	0,4819	0,4816	0,4824
450	0,5105	0,5057	0,4425	0,0865	0,0178	0,0178	0,0165	0,0048	0,0680	0,4240	0,4927	0,4927	0,4940
460	0,519	0,5142	0,4503	0,089	0,018	0,0178	0,0168	0,0048	0,0687	0,4300	0,5010	0,5012	0,5022
470	0,5248	0,5198	0,4562	0,0909	0,0186	0,0185	0,0173	0,0050	0,0686	0,4339	0,5062	0,5063	0,5075
480	0,5296	0,5242	0,4606	0,0923	0,0189	0,0189	0,0177	0,0054	0,0690	0,4373	0,5107	0,5107	0,5119
490	0,5351	0,5295	0,4662	0,094	0,0194	0,0196	0,0182	0,0056	0,0689	0,4411	0,5157	0,5155	0,5169
500	0,5415	0,535	0,4724	0,0958	0,02	0,0201	0,0187	0,0065	0,0691	0,4457	0,5215	0,5214	0,5228
510	0,544	0,5374	0,4753	0,0972	0,0205	0,0205	0,0193	0,0066	0,0687	0,4468	0,5235	0,5235	0,5247
520	0,5421	0,5356	0,4745	0,098	0,0208	0,0209	0,0196	0,0065	0,0676	0,4441	0,5213	0,5212	0,5225
530	0,5386	0,5323	0,4718	0,0986	0,0212	0,0213	0,0199	0,0063	0,0668	0,4400	0,5174	0,5173	0,5187
540	0,5376	0,5314	0,4716	0,0991	0,0216	0,0215	0,0203	0,0062	0,0660	0,4385	0,5160	0,5161	0,5173
550	0,5394	0,5331	0,4734	0,1002	0,0222	0,022	0,0206	0,0063	0,0660	0,4392	0,5172	0,5174	0,5188
560	0,5384	0,5324	0,4733	0,1009	0,0223	0,0225	0,021	0,0060	0,0651	0,4375	0,5161	0,5159	0,5174
570	0,5383	0,5323	0,4734	0,1018	0,0228	0,0228	0,0213	0,0060	0,0649	0,4365	0,5155	0,5155	0,5170
580	0,541	0,535	0,4765	0,1028	0,0233	0,0232	0,0218	0,0060	0,0645	0,4382	0,5177	0,5178	0,5192
590	0,5492	0,543	0,4844	0,1049	0,0238	0,024	0,0225	0,0062	0,0648	0,4443	0,5254	0,5252	0,5267
600	0,5526	0,5467	0,4882	0,1062	0,0245	0,0244	0,0229	0,0059	0,0644	0,4464	0,5281	0,5282	0,5297
610	0,5535	0,5477	0,4896	0,1072	0,0248	0,0247	0,0234	0,0058	0,0639	0,4463	0,5287	0,5288	0,5301
620	0,5544	0,5488	0,4911	0,1081	0,0252	0,0251	0,0237	0,0056	0,0633	0,4463	0,5292	0,5293	0,5307
630	0,5566	0,5505	0,4931	0,109	0,0258	0,0255	0,0242	0,0061	0,0635	0,4476	0,5308	0,5311	0,5324
640	0,5596	0,5537	0,4963	0,11	0,0262	0,0261	0,0247	0,0059	0,0633	0,4496	0,5334	0,5335	0,5349
650	0,564	0,5577	0,5003	0,1115	0,0267	0,0264	0,0251	0,0063	0,0637	0,4525	0,5373	0,5376	0,5389
660	0,5687	0,5622	0,5049	0,1129	0,0272	0,0271	0,0257	0,0065	0,0638	0,4558	0,5415	0,5416	0,5430
670	0,5695	0,5633	0,5063	0,1136	0,0276	0,0273	0,0261	0,0062	0,0632	0,4559	0,5419	0,5422	0,5434
680	0,5698	0,5635	0,5067	0,1141	0,028	0,0277	0,0265	0,0063	0,0631	0,4557	0,5418	0,5421	0,5433
690	0,5703	0,5638	0,5071	0,1148	0,0283	0,0281	0,0268	0,0065	0,0632	0,4555	0,5420	0,5422	0,5435
700	0,5717	0,5651	0,5089	0,1156	0,0288	0,0284	0,0273	0,0066	0,0628	0,4561	0,5429	0,5433	0,5444
710	0,5707	0,5648	0,5081	0,116	0,0291	0,029	0,0275	0,0059	0,0626	0,4547	0,5416	0,5417	0,5432
720	0,5726	0,5659	0,5103	0,1172	0,0297	0,0297	0,0281	0,0067	0,0623	0,4554	0,5429	0,5429	0,5445
730	0,5769	0,5693	0,5134	0,1181	0,0309	0,0309	0,029	0,0076	0,0635	0,4588	0,5460	0,5460	0,5479

Tablica 52: Vrijednosti refleksije crne komponente u vidljivom dijelu spektra za polja s modifikiranim prirastom rasterskog elementa +3%; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge

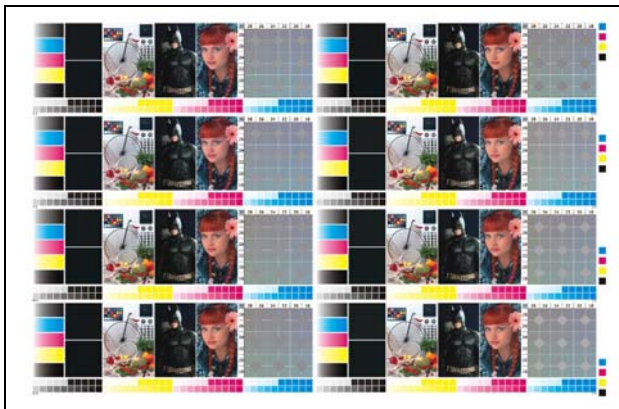
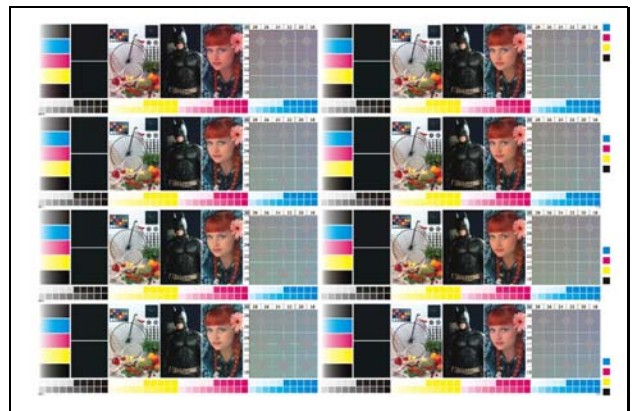
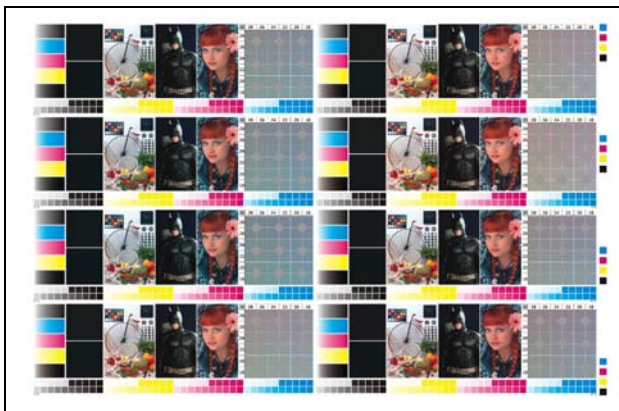
nm	podloga	pod-											
		K5%+3	K9%+3	K50%+3	K91%+3	K95%+3	K100%+3	K5%+3	(K9%+3)	(K50%+3)	(K91%+3)	(K95%+3)	(K100%+3)
380	0,2692	0,2693	0,256	0,0703	0,0174	0,0168	0,0168	-0,0001	0,0132	0,1989	0,2518	0,2524	0,2524
390	0,2831	0,2828	0,2676	0,0717	0,0175	0,0169	0,0168	0,0003	0,0155	0,2114	0,2656	0,2662	0,2663
400	0,3112	0,3096	0,2906	0,0746	0,0176	0,0171	0,0168	0,0016	0,0206	0,2366	0,2936	0,2941	0,2944
410	0,3829	0,3787	0,3522	0,0867	0,0181	0,0177	0,0168	0,0042	0,0307	0,2962	0,3648	0,3652	0,3661
420	0,4485	0,4432	0,4095	0,0972	0,0201	0,0195	0,0178	0,0053	0,0390	0,3513	0,4284	0,4290	0,4307
430	0,4813	0,4759	0,4393	0,104	0,0211	0,0201	0,0184	0,0054	0,0420	0,3773	0,4602	0,4612	0,4629
440	0,4986	0,4928	0,4547	0,1074	0,0217	0,0209	0,0191	0,0058	0,0439	0,3912	0,4769	0,4777	0,4795
450	0,5105	0,5043	0,4656	0,111	0,0225	0,0215	0,0198	0,0062	0,0449	0,3995	0,4880	0,4890	0,4907
460	0,519	0,5128	0,4736	0,1134	0,023	0,022	0,0204	0,0062	0,0454	0,4056	0,4960	0,4970	0,4986
470	0,5248	0,5184	0,4792	0,1159	0,0238	0,0229	0,0209	0,0064	0,0456	0,4089	0,5010	0,5019	0,5039
480	0,5296	0,5228	0,4839	0,1179	0,0245	0,0236	0,0215	0,0068	0,0457	0,4117	0,5051	0,5060	0,5081
490	0,5351	0,5278	0,4889	0,1201	0,0251	0,0242	0,0223	0,0073	0,0462	0,4150	0,5100	0,5109	0,5128
500	0,5415	0,5334	0,4946	0,1222	0,0259	0,0249	0,0228	0,0081	0,0469	0,4193	0,5156	0,5166	0,5187
510	0,544	0,5356	0,4973	0,124	0,0264	0,0255	0,0234	0,0084	0,0467	0,4200	0,5176	0,5185	0,5206
520	0,5421	0,5338	0,4962	0,1249	0,027	0,0261	0,0239	0,0083	0,0459	0,4172	0,5151	0,5160	0,5182
530	0,5386	0,5303	0,4936	0,1254	0,0275	0,0266	0,0243	0,0083	0,0450	0,4132	0,5111	0,5120	0,5143
540	0,5376	0,5294	0,4931	0,1263	0,0281	0,027	0,0248	0,0082	0,0445	0,4113	0,5095	0,5106	0,5128
550	0,5394	0,5313	0,4951	0,1277	0,0286	0,0276	0,0253	0,0081	0,0443	0,4117	0,5108	0,5118	0,5141
560	0,5384	0,5309	0,495	0,1285	0,0291	0,028	0,0258	0,0075	0,0434	0,4099	0,5093	0,5104	0,5126
570	0,5383	0,5311	0,4955	0,1295	0,0295	0,0287	0,0263	0,0072	0,0428	0,4088	0,5088	0,5096	0,5120
580	0,541	0,5335	0,4978	0,1308	0,0303	0,0292	0,0268	0,0075	0,0432	0,4102	0,5107	0,5118	0,5142
590	0,5492	0,5406	0,504	0,1329	0,031	0,0302	0,0276	0,0086	0,0452	0,4163	0,5182	0,5190	0,5216
600	0,5526	0,5436	0,5059	0,1345	0,0316	0,0306	0,0281	0,0090	0,0467	0,4181	0,5210	0,5220	0,5245
610	0,5535	0,5439	0,5063	0,1353	0,0321	0,0311	0,0285	0,0096	0,0472	0,4182	0,5214	0,5224	0,5250
620	0,5544	0,545	0,5075	0,1365	0,0326	0,0318	0,0289	0,0094	0,0469	0,4179	0,5218	0,5226	0,5255
630	0,5566	0,5468	0,5093	0,1376	0,0333	0,0323	0,0295	0,0098	0,0473	0,4190	0,5233	0,5243	0,5271
640	0,5596	0,55	0,5123	0,139	0,0338	0,033	0,0302	0,0096	0,0473	0,4206	0,5258	0,5266	0,5294
650	0,564	0,5542	0,5157	0,1404	0,0344	0,0336	0,0306	0,0098	0,0483	0,4236	0,5296	0,5304	0,5334
660	0,5687	0,5585	0,5201	0,1422	0,0352	0,0342	0,0314	0,0102	0,0486	0,4265	0,5335	0,5345	0,5373
670	0,5695	0,5594	0,5211	0,143	0,0357	0,0349	0,0316	0,0101	0,0484	0,4265	0,5338	0,5346	0,5379
680	0,5698	0,5596	0,5215	0,1437	0,0361	0,0353	0,0324	0,0102	0,0483	0,4261	0,5337	0,5345	0,5374
690	0,5703	0,56	0,5216	0,1445	0,0366	0,0359	0,0327	0,0103	0,0487	0,4258	0,5337	0,5344	0,5376
700	0,5717	0,5619	0,5234	0,1456	0,0374	0,0363	0,0333	0,0098	0,0483	0,4261	0,5343	0,5354	0,5384
710	0,5707	0,5608	0,5229	0,146	0,0375	0,037	0,0339	0,0099	0,0478	0,4247	0,5332	0,5337	0,5368
720	0,5726	0,5628	0,5247	0,1475	0,0385	0,0372	0,0347	0,0098	0,0479	0,4251	0,5341	0,5354	0,5379
730	0,5769	0,566	0,5282	0,149	0,0394	0,039	0,0358	0,0109	0,0487	0,4279	0,5375	0,5379	0,5411

Tablica 53: Vrijednosti refleksije crne komponente u vidljivom dijelu spektra za polja bez modificiranog prirasta rasterskog elementa; vrijednosti refleksije uz eliminiran utjecaj podloge

nm	podloga	norm					norm					pod- (K5%n)	pod- (K9%n)	pod- (K50%n)	pod- (K91%n)	pod- (K95%n)	pod- (K100%n)
		K5%	K9%	K50%	K91%	K95%	K100%	K5%	K9%	K50%	K91%						
380	0,2861	0,2712	0,2667	0,1089	0,0241	0,0214	0,0164	0,0149	0,0194	0,1772	0,2620	0,2647	0,2697				
390	0,2997	0,2844	0,2785	0,1111	0,0244	0,0215	0,0165	0,0153	0,0212	0,1886	0,2753	0,2782	0,2832				
400	0,3267	0,3109	0,3022	0,1154	0,025	0,0219	0,0167	0,0158	0,0245	0,2113	0,3017	0,3048	0,3100				
410	0,3951	0,3788	0,3643	0,1315	0,0278	0,0234	0,0178	0,0163	0,0308	0,2636	0,3673	0,3717	0,3773				
420	0,4557	0,4385	0,4197	0,1476	0,0303	0,0257	0,0192	0,0172	0,0360	0,3081	0,4254	0,4300	0,4365				
430	0,4879	0,4709	0,4501	0,157	0,0315	0,027	0,0198	0,0170	0,0378	0,3309	0,4564	0,4609	0,4681				
440	0,5046	0,4882	0,466	0,1624	0,0332	0,0282	0,0205	0,0164	0,0386	0,3422	0,4714	0,4764	0,4841				
450	0,5165	0,5013	0,4785	0,1672	0,0343	0,0294	0,0212	0,0152	0,0380	0,3493	0,4822	0,4871	0,4953				
460	0,5253	0,511	0,4874	0,1706	0,0357	0,0302	0,0222	0,0143	0,0379	0,3547	0,4896	0,4951	0,5031				
470	0,5309	0,5178	0,4938	0,1739	0,0362	0,0313	0,0229	0,0131	0,0371	0,3570	0,4947	0,4996	0,5080				
480	0,5356	0,5232	0,4991	0,1762	0,0374	0,0322	0,0235	0,0124	0,0365	0,3594	0,4982	0,5034	0,5121				
490	0,5414	0,5298	0,5052	0,1791	0,0385	0,0333	0,0241	0,0116	0,0362	0,3623	0,5029	0,5081	0,5173				
500	0,5479	0,537	0,5121	0,1819	0,0394	0,0342	0,0249	0,0109	0,0358	0,3660	0,5085	0,5137	0,5230				
510	0,551	0,5408	0,5158	0,184	0,0405	0,0351	0,0256	0,0102	0,0352	0,3670	0,5105	0,5159	0,5254				
520	0,5494	0,5399	0,5151	0,1847	0,041	0,0358	0,0262	0,0095	0,0343	0,3647	0,5084	0,5136	0,5232				
530	0,5463	0,5375	0,5132	0,1849	0,0417	0,0363	0,0266	0,0088	0,0331	0,3614	0,5046	0,5100	0,5197				
540	0,5458	0,5374	0,5131	0,1857	0,0424	0,0371	0,0273	0,0084	0,0327	0,3601	0,5034	0,5087	0,5185				
550	0,5485	0,54	0,5157	0,1872	0,0433	0,0379	0,0279	0,0085	0,0328	0,3613	0,5052	0,5106	0,5206				
560	0,5483	0,5402	0,5159	0,1879	0,0439	0,0385	0,0284	0,0081	0,0324	0,3604	0,5044	0,5098	0,5199				
570	0,5488	0,5407	0,5165	0,1888	0,0446	0,0392	0,0291	0,0081	0,0323	0,3600	0,5042	0,5096	0,5197				
580	0,5508	0,5434	0,5195	0,1901	0,0453	0,04	0,0296	0,0074	0,0313	0,3607	0,5055	0,5108	0,5212				
590	0,558	0,5501	0,5261	0,1927	0,0463	0,041	0,0305	0,0079	0,0319	0,3653	0,5117	0,5170	0,5275				
600	0,5604	0,553	0,5287	0,1942	0,0472	0,0417	0,0311	0,0074	0,0317	0,3662	0,5132	0,5187	0,5293				
610	0,5605	0,5534	0,5298	0,1951	0,0479	0,0424	0,0317	0,0071	0,0307	0,3654	0,5126	0,5181	0,5288				
620	0,5617	0,5547	0,5311	0,196	0,0486	0,0432	0,0323	0,0070	0,0306	0,3657	0,5131	0,5185	0,5294				
630	0,5636	0,5565	0,5331	0,1971	0,0494	0,044	0,0329	0,0071	0,0305	0,3665	0,5142	0,5196	0,5307				
640	0,5669	0,56	0,5367	0,1987	0,0502	0,0447	0,0337	0,0069	0,0302	0,3682	0,5167	0,5222	0,5332				
650	0,5707	0,5638	0,5408	0,2005	0,0511	0,0456	0,0342	0,0069	0,0299	0,3702	0,5196	0,5251	0,5365				
660	0,5756	0,5683	0,5456	0,2024	0,052	0,0465	0,0352	0,0073	0,0300	0,3732	0,5236	0,5291	0,5404				
670	0,5765	0,5697	0,5468	0,2031	0,0527	0,0472	0,0355	0,0068	0,0297	0,3734	0,5238	0,5293	0,5410				
680	0,5767	0,5699	0,5475	0,2039	0,0533	0,0477	0,0361	0,0068	0,0292	0,3728	0,5234	0,5290	0,5406				
690	0,5772	0,5706	0,5482	0,2044	0,0541	0,0482	0,0366	0,0066	0,0290	0,3728	0,5231	0,5290	0,5406				
700	0,5786	0,5717	0,5494	0,2054	0,0547	0,049	0,0374	0,0069	0,0292	0,3732	0,5239	0,5296	0,5412				
710	0,5779	0,5712	0,5492	0,2056	0,0553	0,0498	0,0381	0,0067	0,0287	0,3723	0,5226	0,5281	0,5398				
720	0,5798	0,573	0,5515	0,207	0,0562	0,0508	0,0385	0,0068	0,0283	0,3728	0,5236	0,5290	0,5413				
730	0,5839	0,577	0,5552	0,2089	0,0579	0,0519	0,04	0,0069	0,0287	0,3750	0,5260	0,5320	0,5439				



## 10.4 Prilog 4



Slika 96: Tiskovna forma korištena u istraživanju

## *Životopis*

Eugen Dobrić, dipl. ing. graf. teh. rođen je 28. svibnja 1977. godine u Osijeku. Nakon završene Prirodoslovno-matematičke gimnazije (III.) u Osijeku, 1995. godine upisao je Grafički fakultet u Zagrebu, smjer Tehničko-tehnološki.

Diplomirao je 2000. godine na Grafičkom fakultetu s temom diplomskog rada „Odabir postupka reciklacije otisaka iz digitalnog tiska“, mentor prof. dr. sc. Zdenka Bolanča.

Nakon završenog fakulteta zaposlen je u poduzeću “Diogen”, Osijek, gdje je na mjestu voditelja proizvodnje organizirao poslove uslužnih, marketinških i promotorskih djelatnosti.

2003. godine započeo je suradnju s poduzećem Europapress Holding za izdanja Jutarnji list, Globus i Poslovni dnevnik na poslovima infografičara-ilustratora. Od tada je surađivao i s mnogim drugim tiskanim medijima u Hrvatskoj, Austriji i Sloveniji -Business.hr, Nacional, Readers Digest, Die Woche, Žurnal24.

Upisao je 2004. godine poslijediplomski znanstveni studij na Grafičkom fakultetu u Zagrebu, a doktorski studij 2006. godine.

2007. godine primljen je u punopravno članstvo Hrvatskog novinarskog društva kao urednik infografike u tjedniku Globus.

2008. godine započeo je suradnju s poduzećem m4! u sklopu koncerna Styria Media Group AG na poslovima grafičke ekspertize, kontrole kvalitete u proizvodnji Tiskare Zagreb te poboljšanju radnih tokova.

2010. godine obnašao je dužnost savjetnika, eksperta na projektu poboljšanja kvalitete dnevnih novina 24sata. Održao je nekoliko predavanja na temu grafičkog dizajna, napredne pripreme za tisak i kontrole kvalitete.

2011. godine sudjelovao je na međunarodnom kongresu za vizualno novinarstvo Malofiej u Pamploni, Španjolska.

Sudjelovao je na nizu međunarodnih i domaćih znanstvenih i stručnih konferencija. Objavio je nekoliko poglavlja u međunarodnim znanstvenim knjigama.

## ***Popis objavljenih radova***

***Izvorni znanstveni i pregledni radovi objavljeni u časopisu A kategorije indeksiranom u bazama podataka Science Citation Indeks (SCI) ili Current Contents (CC):***

1. Dobrić, Eugen; Bates, Irena; Zjakić, Igor.

**THE INFLUENCE OF IMPURITIES IN PRINTING SUBSTRATE ON THE DEFORMATION OF SCREEN ELEMENT AND DOT GAIN IN COLDCSET PRINT.** // *Tehnički vjesnik: znanstveno-stručni časopis tehničkih fakulteta Sveučilišta u Osijeku.* (2013),

### ***Poglavlja u knjizi:***

1. Dobrić, Eugen; Kumpar, Dejan; Golubović, Kristijan; Zjakić, Igor.

**GAMUT OF NEWSPAPER PRINTS IN FUNCTION OF THE ENVIRONMENT.** // *DAAAM International Scientific Book* / Katalinić, Branko (ur.); Vienna: DAAAM International Vienna, 2011.

2. Dobrić, Eugen; Bolanča, Zdenka; Sinđić, Igor.

**GAMUT OF INK JET PRINTS IN FUNCTION OF THE ENVIRONMENT.** // *DAAAM International Scientific Book* / Katalinić, Branko (ur.); Vienna: DAAAM International Vienna, 2009. Str. 703-713

3. Sinđić, Igor; Dobrić, Eugen; Bolanča Mirković, Ivana; Bolanča, Zdenka.

**STUDY OF INKJET PRINTS PROPERTIES.** // *DAAAM International Scientific Book* / Katalinić Branko (ur.); Vienna: DAAAM International Vienna, 2006. Str. 561-568

### ***Znanstveni radovi u drugim časopisima:***

1. Dobrić, Eugen; Bolanča, Zdenka; Sinđić, Igor.

**DURABILITY OF INK JET PRINTS.** // *Journal of physics.* / Conference series 231 (2010), 01; 1-10 (članak znanstveni)

### ***Znanstveni radovi u zbornicima skupova s međunarodnim recenzijama:***

1. Dobrić, Eugen; Golubović, Kristijan; Kumpar, Dejan.

**OVISNOST GUSTOĆE OBOJENJA I PRIRASTA RASTERSKOG ELEMENTA U NOVINSKOM ROTO-OFFSET TISKU KAO KLJUČ KVALITETNE REPRODUKCIJE.** // *15th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Blaž Baromić 2011 - Proceedings* / Mikota, Miroslav (ur.); Senj: Croatian

Society of Graphic Artists, 2011. Str. 274-282 (poster, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni)

2. Dobrić, Eugen; Kumpar, Dejan; Golubović, Kristijan.

**SVJETLOSTALNOST NOVINSKOG TISKA OTISNUTOG UZ KORIŠTENJE MODERNIH REPRODUCIJSKIH MATERIJALA.** // *14th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Blaž Baromić 2010 - Proceedings* / Mikota, Miroslav (ur.); Senj: Croatian Society of Graphic Artists, 2010. Str. 158-165 (poster, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni)

3. Sindić, Igor; Dobrić, Eugen; Bolanča, Zdenka.

**THE LIGHT FASTNESS OF INK-JET PRINTS.** // *10th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Blaž Baromić 2006 - Proceedings* / Bolanča, Zdenka; Mikota, Miroslav (ur.); Zagreb: Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2006. Str. 225-250 (poster, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni)

4. Sindić, Igor; Dobrić, Eugen.

**COMPARISON OF INK JET PRINTS MADE WITH DYE AND PIGMENT INKS.** // *9th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Blaž Baromić 2005 - Proceedings* / Bolanča, Zdenka; Mikota, Miroslav (ur.); Zagreb: Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2005. Str. 231-236 (poster, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni)

5. Sindić, Igor; Dobrić, Eugen; Pučić, Ivan.

**INFLUENCE OF DIFFERENT KINDS OF PRINT MEDIA ON REPRODUCTION QUALITY IN LARGE FORMAT PRINTING.** // *9th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Blaž Baromić 2005 - Proceedings* / Bolanča, Zdenka; Mikota, Miroslav (ur.); Zagreb: Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2005. Str. 237-242 (poster, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni)

#### **Pregledni radovi u zbornicima skupova s međunarodnim recenzijama**

1. Dobrić, Eugen; Sindić, Igor.

**HUMIDITY INDUCED DEGRADATION OF INK JET PRINTS;** // *10th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Blaž Baromić 2006 - Proceedings* / Bolanča, Zdenka; Mikota, Miroslav (ur.); Zagreb: Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2006. Str. 273-275 (poster, međunarodna recenzija, objavljeni rad, pregledni)