

# Kolorimetrijske korekcije umjetničke reprodukcije za ink-jet tisak

---

**Pavlović, Mateja**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2011**

*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:216:839718>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-05**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

MATEJA PAVLOVIĆ

**KOLORIMETRIJSKE KOREKCIJE  
UMJETNIČKE REPRODUKCIJE ZA  
INK-JET TISAK**

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, 2011.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**GRAFIČKI FAKULTET**

**TEHNIČKO-TEHNOLOŠKI, MULTIMEDIJA**

**KOLORIMETRIJSKE KOREKCIJE  
UMJETNIČKE REPRODUKCIJE ZA  
INK-JET TISAK**

**DIPLOMSKI RAD**

**Mentor:**

**Doc.dr.sc. Igor Zjakić**

**Studentica:**

**Mateja Pavlović**

**ZAGREB, 2011.**

### *Zahvala*

*Ovim putem zahvaljujem se svom mentoru doc.dr.sc. Igoru Zjakiću na stručnoj pomoći prilikom stvaranja ovog rada.*

*Također se zahvaljujem gospodinu Željku Prstecu na pruženoj pomoći i ustupljenim materijalima.*

*Veliko hvala mojoj obitelji i Josipu, na potpori koju su mi pružili tijekom studiranja .*

## SAŽETAK

Reprodukcija umjetničke slike pomoću računala se ostvaruje korištenjem odgovarajuće programske podrške, računalne opreme, boje i tiskovne podloge. Osobiti značaj ima ink-jet pisač, izbor boje i tiskovne podloga. Kvaliteta reprodukcije je objektivno mjerljiva veličina i sastavni je dio reprodukcijuskog procesa, a omogućava ju primjena kolorimetrijske metode CIE L\*a\*b\*.

Cilj ovog rada je izmjeriti CIE L\*a\*b\* vrijednosti boja kojima se brojučano izražavaju kolorimetrijske karakteristike, a potom odrediti razlike za osam boja ( $\Delta E$ ) na šest različitih tiskovnih podloga (papira) te na temelju tako dobivenih vrijednosti i komparacijom rezultata izvršiti argumentirani izbor tiskovne podloge na kojoj je reprodukcija originala umjetničke slike najkvalitetnija.

Rezultati mjerenja i izračunate vrijednosti razlika boja ( $\Delta E$ ) pokazuju da je reprodukcija originala umjetničke slike na kojoj prevladavaju nijanse plave boje najkvalitetnija na papiru Fabriano Pittura.

**Ključne riječi:** kolorimetrija, reprodukcija, ink-jet, CIE L\*a\*b\*

## ABSTRACT

Reproduction of artistic painting by using computer is accomplished by using appropriate program support, computer equipment, color and printing plate. Especially significant are ink-jet printer, selection of color and printing plates. The quality of reproduction is a value that can be measured objectively, it is integral part of the reproduction process and it is facilitated by usage of colorimetric method CIE L\*a\*b\*.

The aim of this thesis is to measure CIE L\*a\*b\* values of color used to numerically express colorimetric characteristics and then to define differences for eight colors ( $\Delta E$ ) on six different printing plates (papers). Furthermore, on the basis of the obtained values and by comparison of the results, argumentative selection of printing plate for reproduction of artistic painting of the highest quality will be made.

The results of measurements and calculated values of differences in colors ( $\Delta E$ ) show that the reproduction of the original artistic painting with predominant shades of blue is of the highest quality on Fabriano Pittura paper.

**Key words:** colorimetry, reproduction, ink-jet, CIE L\*a\*b\*

# SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	GRAFIČKA REPRODUKCIJA.....	2
2.1.	Potrebe i načini reprodukcije.....	2
2.2.	Reprodukcija umjetničke slike pomoću računala.....	3
3.	INK-JET.....	4
3.1.	Ink-jet s varijabilnom binarnom deflekcijom (Hertz tehnologija).....	5
3.2.	Kontinuirani ink-jet s multidefleksijom.....	6
3.3.	Ink-jet s diskontinuiranim mlazom bojila.....	6
3.4.	Termalni diskontinuirani ink-jet.....	7
3.5.	Diskontinuirani Piezzo ink-jet.....	8
3.6.	Diskontinuirani elektrostatski ink-jet.....	9
3.6.1.	Elektrostatski ink-jet temeljen na Taylor-ovom efektu.....	10
3.6.2.	Elektrostatski ink-jet kombiniran s termalnim postupkom regulacije viskoznosti (gustoće) bojila.....	11
3.6.3.	Elektrostatski ink-jet temeljen na ultrasoničnom efektu.....	12
4.	TISKOVNI MATERIJAL.....	13
4.1.	Osnovne karakteristike papira.....	16
4.2.	Karakteristične vrste papira, kartona i ljepenki.....	18
4.3.	Standardni formati papira – A, B i C.....	18
5.	BOJA I LJUDSKO OKO.....	20
5.1.	Struktura oka.....	22
5.2.	Defektno viđenje boje.....	24
5.3.	Klasifikacija poremećaja kolornog vida.....	25
5.4.	Tiskarska bojila.....	28
5.5.	Pigmenti i bojila za tiskarske boje.....	29
5.6.	Tinte za ink-jet pisače.....	30
6.	IZRADA REPRODUKCIJE.....	32
6.1.	Priprema i obrada slike za reprodukciju.....	32
6.1.1.	Snimanje originala.....	32
6.1.2.	Poravnalje.....	33
6.1.3.	Izrezivanje.....	34

6.1.4. Podešavanje boje .....	35
6.1.5. Podešavanje tonskog opsega .....	36
6.1.6. Manipulacija tonovima.....	37
6.1.7. Pripremanje grafike za ispis.....	38
6.1.8. Podešavanje ispisa.....	39
6.2. Odabir papira i ispis reprodukcije.....	41
7. KOLORIMETRIJSKE KARAKTERISTIKE REPRODUKCIJE SLIKE.....	42
7.1. Mjerni uređaj.....	42
7.2. Cilj i plan istraživanja .....	46
7.3. Rezultati mjerenja CIE L*a*b* vrijednosti.....	47
7.3.1. Tablični prikaz rezultata.....	49
7.3.2. Grafički prikaz rezultata.....	50
7.3.3. Određivanje razlike među bojama ( $\Delta E$ ).....	55
7.3.4. Diskusija rezultata.....	56
8. ZAKLJUČAK.....	59
9. POPIS LITERATURE.....	60
10. PRILOZI.....	61
PRILOG 1. Reprodukcijska slika na ručno rađenom papiru - Silberburg, 110 g/m <sup>2</sup>	
PRILOG 2. Reprodukcijska slika na ručno rađenom papiru – Makedonija, 170 g/m <sup>2</sup>	
PRILOG 3. Reprodukcijska slika na papiru Artistico, 300 g/m <sup>2</sup>	
PRILOG 4. Reprodukcijska slika na papiru Cartacrea, 220 g/m <sup>2</sup>	
PRILOG 5. Reprodukcijska slika na papiru Fabriano Pittura, 400g/m <sup>2</sup>	
PRILOG 6. Reprodukcijska slika na ručno rađenom papiru – Losin, 250 g/m <sup>2</sup>	

## 1. UVOD

Čovjek je oduvijek imao potrebu svoju misao zabilježiti i sačuvati od zaborava. Pri tome je koristio, sukladno tehničko tehnološkom razvoju, različita sredstva i načine.

Suvremeni način života postavlja dodatne zahtjeve na stvaranje i prijenos grafičkih informacija. Primjena računala u grafičkoj struci kontinuirano evoluirala i teži optimalizaciji odnosa kvalitete, cijene i ekološke prihvatljivosti grafičkog proizvoda.

U ovom se radu kroz opći dio obrazlažu sastavnice grafičkog proizvoda vezanih uz računalo; dok se u posebnom dijelu, na primjeru izrade reprodukcije umjetničke slike „Sveti Vid“ autora Željka Prsteca, istražuje kolorimetrijska kvaliteta otisaka na šest različitih tiskovnih podloga (papira).

Tijek prvog dijela istraživanja odvijao se u ateljeu slikara uz korištenje fotoaparata Olympus 330E, računalnog programa Adobe CS2 i printera EPSON Stylus Photo 2100 te je detaljno opisan u šestom poglavlju.

Drugi dio istraživačkog rada se odnosi na mjerenje kolorimetrijskih karakteristika reprodukcija u laboratoriju Grafičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pomoću denzitometra SpectroEye x-rite, a u svrhu analize optičke točnosti reprodukcije. Detaljan opis mjerenja, rezultata, obrade i interpretacije sadržan je u sedmom poglavlju.

Nakon spomenutih opisa u diskusiji se razmatraju uočena zapažanja i rezultati te se predlažu moguća poboljšanja prilikom izrade umjetničke digitalne grafike.

U zaključku završnog rada se navode osnovne spoznaje o čimbenicima grafičke reprodukcije pomoću računala s posebnim osvrtom na svojstva tiskovne podloge te se ističe potreba i način eksplicitnog određivanja kolorimetrijskih karakteristika.



## **2. GRAFIČKA REPRODUKCIJA**

### **2.1. Potrebe i načini reprodukcije**

Potreba reproduciranja originala postojala je oduvijek. Način života i tehnološka dostignuća uvjetovala su tehniku i količinu reproduciranja. Reproducerala se slika, tekst, potpis, pečat i drugi grafički oblici izražavanja, a za određeni broj korisnika.

Umjetničko se djelo u načelu uvijek moglo reproducirati. Ono što su ljudi uradili, drugi ljudi su uvijek mogli i oponašati. Na početku ljudi su poznavali samo dva postupka tehničke reprodukcije umjetničkih djela: odljev i otisak. S litografijom tehnika reproduciranja doseže bitno novu stepenicu. Precizniji postupak koji je zamjenio urezivanje u komad drva ili jetkanje u bakrenoj ploči nanošenjem crteža u kamen, pružio je grafici mogućnost da svoje tvorevine donosi na tržište u manjim količinama. Međutim, već nekoliko desetljeća nakon litografije primat je pruzela fotografija. Fotografija je preuzela jednu od funkcija grafičke umjetnosti, prijenos vizualnih informacija prisiljavajući redefiniciju grafike na isključivo umjetničkoj razini.

Elektronske tehnologije danas oslobađaju ovisnost od tradicionalnih procesa pojednostavnjujući do krajnosti faze stvaranja i manipulacije. Mogućnost tehnologije da producira beskonačne inačice iz jedne ideje otvara mogućnosti koje su nezamislive iz perspective tradicionalnih grafičkih tehnika. Računalna grafika na koju su donedavna mnogi gledali s nepovjerenjem ili joj čak odricali status umjetničkoga medija danas je ravnopravno uključena u likovna izrazna sredstva. Najčešće se koristi ink-jet tehnologija. Susrećemo ih od malih pisača do strojeva koji tiskaju i do 20 metara duge gigantografije. Najčešće tehnologije ink-jet tiska jesu: termički inkjet (Bubble Jet), piezo ink-jet, a nerijetko se susreće elektrostatski ink-jet. Ink-jet tehnika tiska je u stvari pravi beskontaktni tisak. Na signal iz kompjutera, iz štrcaljke kapljica bojila stiže na tiskovnu podlogu te ispisuje red po red otiska. Danas su tehnika i tehnologija tako uznapredovale da se mogu ostvariti otisci vrlo visoke kvalitete.

## **2.2. Reprodukcija umjetničke slike pomoću računala**

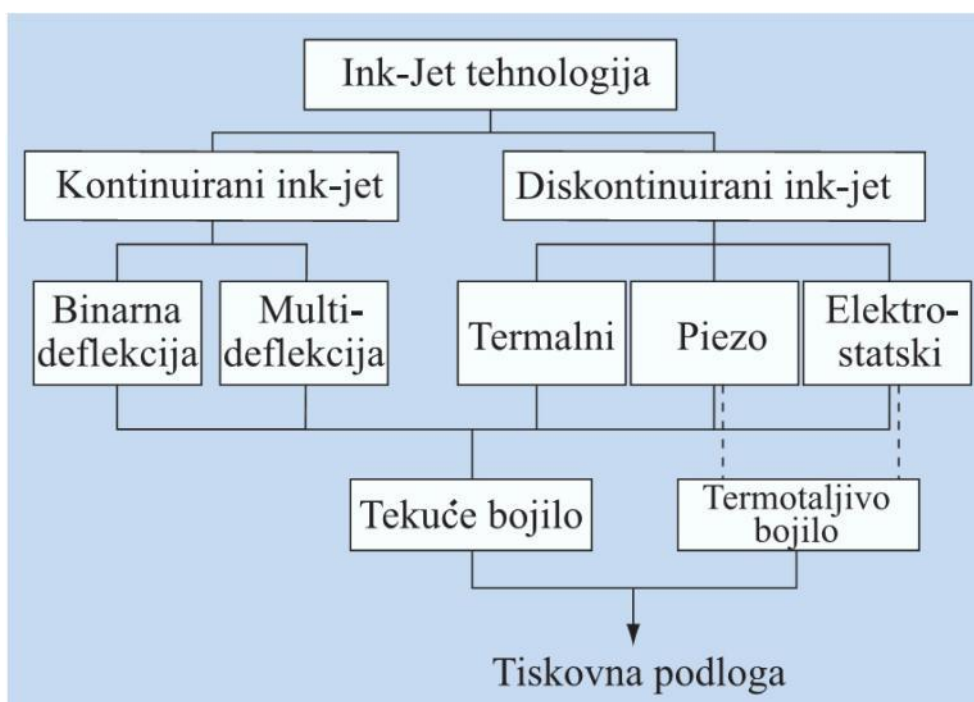
Reprodukcija umjetničkih slika pomoću računala, predstavlja velik izazov. Razlog tome su specifične formalne karakteristike i potrebe posebne zaštite tijekom izvođenja digitalizacije. Digitalizacija bi trebala omogućiti izradu kvalitetnih digitalnih kopija originala sa minimalnim odstupanja od originala i da pritom najmanje šteti originalu.

Glavne poteškoće kod digitaliziranja i reproduciranja umjetničkih slika su: velik raspon gustoće obojenja, raspon tonova i prisutnost nereproducibilnih boja. Dodatnu poteškoću pri digitaliziranju i reproduciranju često stvaraju teksturalni efekti zbog slikanja pastoznim bojama ili zbog korištenja slikarske podloge sa teksturalnim efektom. Kod slika naslikanih pastoznim slikarskim tehnikama, poput ulja, akrila ili tempere, veća debljina nanosa boje i varijacije u potezu kistom, često stvaraju teksturalne efekte koji, radi svoje "reljefnosti", utječu na izgled boja. Neželjene refleksije svjetla sa površine takvih slika, do kojih može doći prilikom snimanja tj. digitaliziranja, mogu znatno smanjiti zasićenje boja i uzrokovati gubitak detalja u tamnim dijelovima slika.

Pošto su umjetničke slike, tj. pigmenti kojima su naslikane, kemijski dosta nestabilne, posebnu pozornost potrebno je posvetiti nivou svjetlosnog i toplinskog zračenja tijekom provođenja procesa digitalizacije. Isto tako je važno da se prije početka same digitalizacije izvrše sve pripremne radnje oko osiguravanja adekvatnih uvjeta rada, te da se ti uvjeti tokom procesa digitalizacije kontroliraju i reguliraju ovisno o osjetljivosti umjetničkih slika koje se digitaliziraju. Također je potrebno skratiti vrijeme izloženosti originalnog umjetničkog djela svjetlosnom i toplinskom zračenju.

### 3. INK-JET

Predmet rada i istraživanja u diplomskom radu je izrada digitalne grafike. Koristit će se štampač koji radi na principu ink-jet tehnologije. Razlog izbora ink-jet tehnologije je taj što ta tehnologija proizvodi visoko kvalitetan otisak koji je potreban u tiskanju grafika. Uz korištenje visoko kvalitetnih bojila i tiskovnih podloga dobiva se visoko kvalitetan proizvod (grafika) koji je vodootporan i otporan na štetne utjecaje svjetlosti.



*Slika 2.1. Vrste Ink-jet tehnologije*

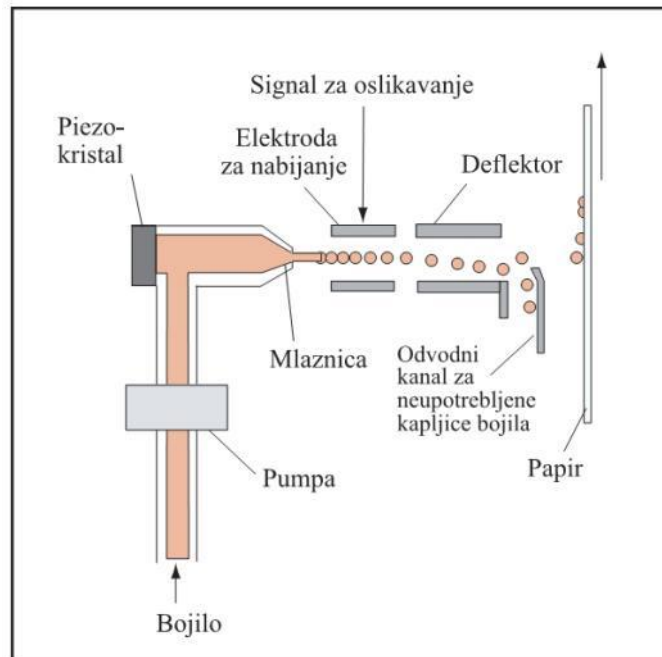
Ink-jet je najraširenija tehnologija digitalnog tiska. Kod ove tehnologije, informacija generirana u računalu prenosi se putem mlaznica na tiskovnu formu, zato nije potrebna latentna tiskovna forma.

Ovisno o principima prijenosa bojila pomoću mlaznica na tiskovni medij, ink-jet tehnologija se dijeli na dvije osnovne skupine:

- Ink-jet s kontinuiranim mlazom bojila prema podlozi kao na slici 2.2.

- Ink-jet s diskontinuiranim, tj. isprekidanim mlazom bojila na podlogute daljnju podjelu vidljivu sa slike 2.1.

U oba načina rada koristi se deflektor. Deflektor je uređaj koji određuje smjer kretanja nabijenih čestica tonera. Nabijene čestice suprotnog naboja na površini deflektora skreću se u odvodni kanal i vraćaju nazad u spremnik bojila, a čestice tonera koje nisu nabijene nesmetano prolaze kroz deflektor i padaju na površinu tiskovnonih medija.



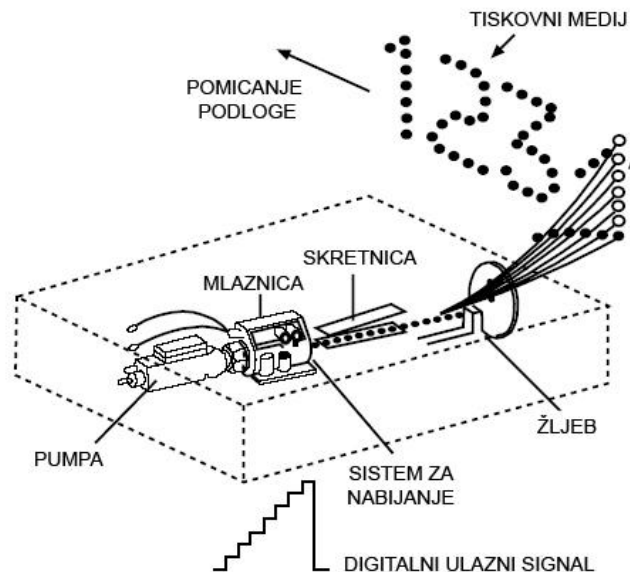
*Slika 2.2. Princip rada kontinuiranog Ink Jeta*

### **3.1. Ink-jet s varijabilnom binarnom deflekcijom (Hertz tehnologija)**

Kod ove tehnologije čestice tekućeg bojila kontinuirano putuju u smjeru tiskovne podloge. Ovisno o signalu za oslikavanje koji se generira u procesoru pisara, čestice mogu biti nabijene (stanje 1) ili nenabijene (stanje 0). Između mlaznice i deflektora nalaze se elektrode za nabijanje koje nabijaju čestice bojila. Hertz tehnologija omogućuje frekvenciju nabijanja čestica do 1 MHz, a mlaznice proizvode vrlo male kapljice volumena od oko 4 pikolitara, promjera oko 20 mikrometara i padaju na medij brzinom od oko 40 m/s

### 3.2. Kontinuirani ink-jet s multidefleksijom

Ovaj način rada temelji se na sličnom principu kao i binarna defleksija s razlikom da su sve čestice nabijene različitom količinom naboja. Defleksija (otklon) različito nabijenih čestica bojila pri izlazu iz mlaznice je također različita (varijabilno usmjerenje) te može imati smjer prema tisk podlozi ili odvodnom kanalu kako pokazuje slika 2.3.



Slika 2.3. Princip rada kontinuiranog Ink Jeta s multidefleksijom

### 3.3. Ink-jet s diskontinuiranim mlazom bojila.

Ovisno o signalu za oslikavanje generiranom u računalu, kapljice tonera iz mlaznice šalju se prema tiskovnom mediju diskontinuirano (s prekidima).

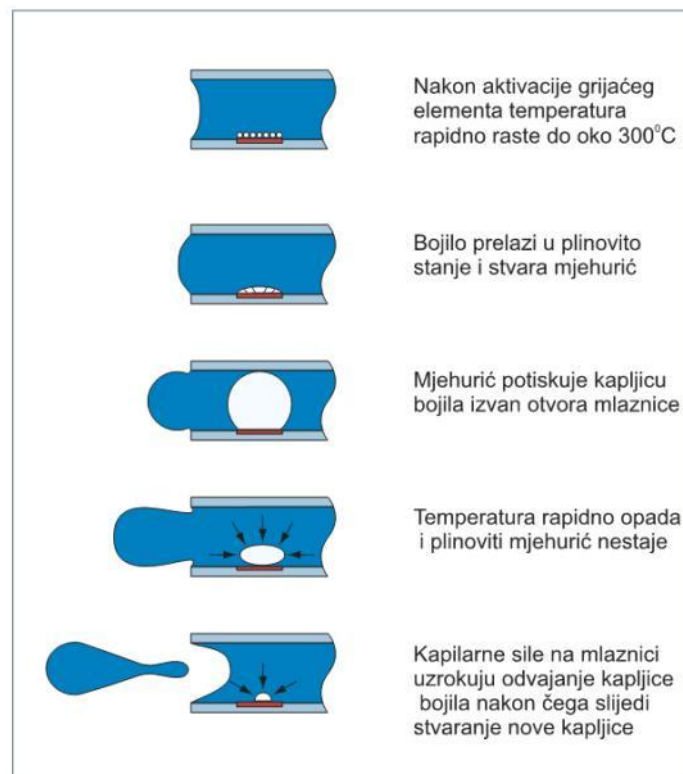
Tehnologiju diskontinuiranog ink-jeta može se podijeliti ovisno o metodi kreiranja pojedinih kapljica tonera na:

- Termalni diskontinuirani ink-jet
- Piezzo diskontinuirani ink-jet
- Elektrostatski diskontinuirani ink-jet.

### 3.4. Termalni diskontinuirani ink-jet

Temelji se na zagrijavanju tekućeg bojila u kapilarnim sapnicama (diznama, mlaznicama) do te mjere da tekuće bojilo prelazi u plinovito stanje. Zbog zagrijavanja dolazi do stvaranja plinskog mjehura i povišenja tlaka u mlaznici, te do formiranja mjehurića tekućeg bojila i njegovog izbacivanja na tiskovni medij.

Regulacijom zagrijavanja izvora topline regulira se volumen bojila, a time i količina bojila koja se izbacuje na tiskovni medij. Mjehurići imaju volumen 23 pikolitara i promjera su oko 30 mikrometara . Dobivanje kapljice prikazuje slika 2.4.

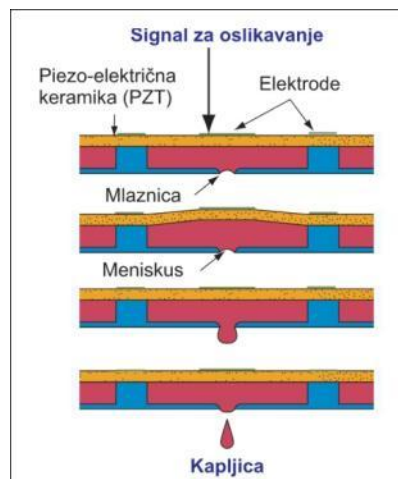
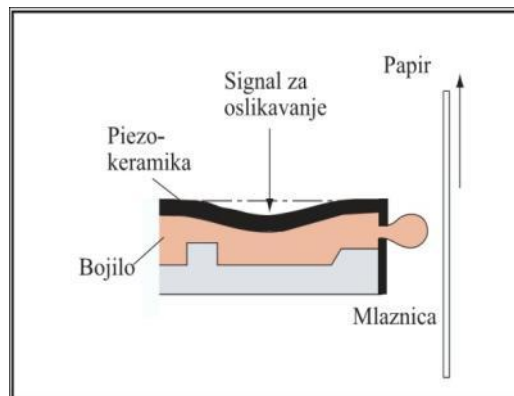


Slika 2.4. Dobivanje kapljice bojila kod termalnog Ink-jet-a

### 3.5. Diskontinuirani Piezzo ink-jet

Kod ovog načina rada kapljica izlazi iz mlaznice (kao i kod termalnog diskontinuiranog ink-jeta) zbog povišenja tlaka u dizni koji se generira mehaničkim postupkom tj savijanjem piezzo-keramičke pločice kao što prikazuje slika 2.5. Savijanje se izvršava na osnovi signala za oslikavanje iz računala, a njegova frekvencija može iznositi i do 1 KHz.

Za printanje u koloru koristi se ink-jet glavu s 96 mlaznica čime se dobiva rezoluciju od 300 dpi-a.



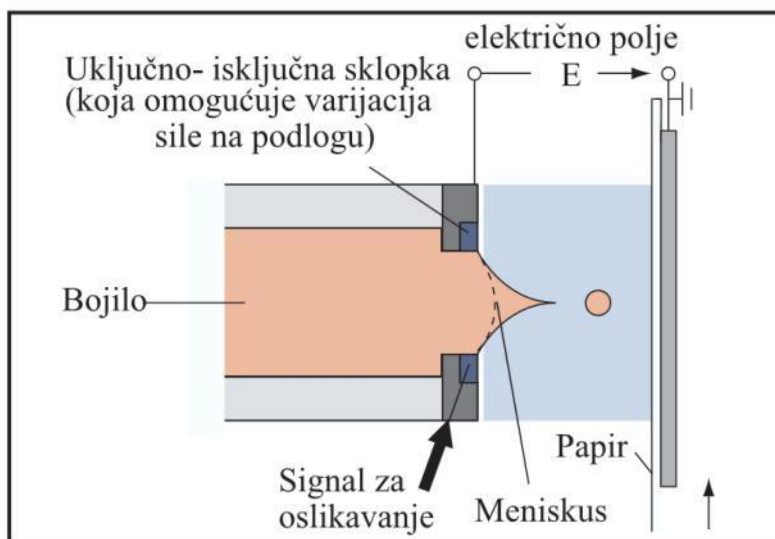
Slika 2.5. Kreiranje kapljice i princip rada kod diskontinuiranog piezzo ink-jeta

### 3.6. Diskontinuirani elektrostatski ink-jet

Diskontinuirani elektrostatski ink-jet koristi uključno-isključnu sklopku za odvajanje kapljica bojila tako što se pomicanjem svojih elemenata stvara površinska napetost u mlaznici (dizni), koja stvara mjehuriće bojila na izlazu iz mlaznice, a što je vidljivo na slici 2.6. Između tiskovne podloge i ink-jet sustava generira se umjetno električno polje određenog polariteta što pospješuje odvajanje bojila od mlaznice.

Ovisno o generiranju elektrostatskog polja tehnologija diskontinuiranog ink jet-a se dijeli u tri podskupine :

- Elektrostatski ink-jet temeljen na Taylor-ovom efektu.
- Elektrostatski ink-jet kombiniran s termalnim postupkom regulacije viskoznosti (gustoće) bojila
- Elektrostatski ink-jet temeljen na ultrasoničnom efektu (Mist jet).



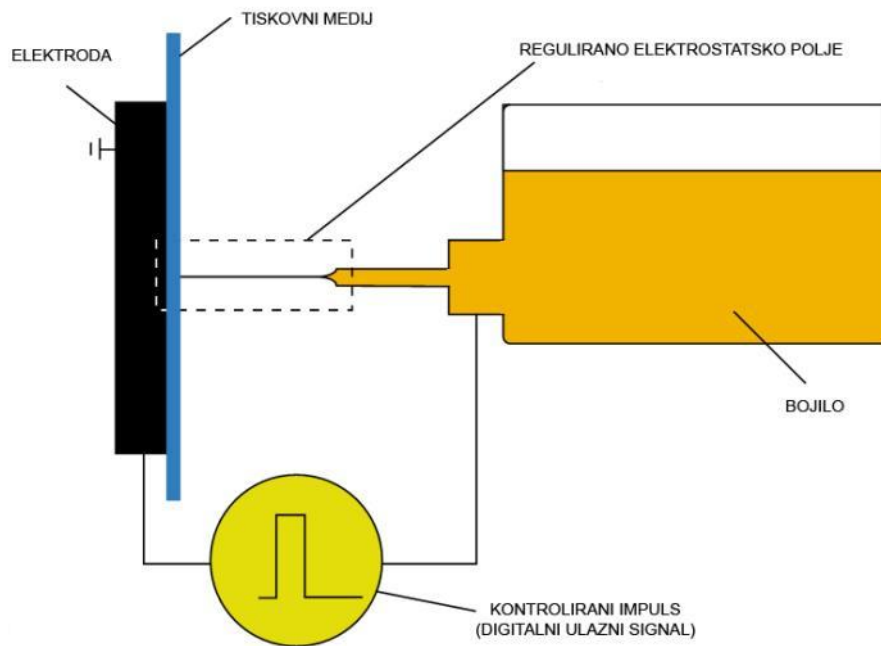
Slika 2.6. Princip rada diskontinuiranog elektrostatskog ink jet-a



### 3.6.1. Elektrostatski ink-jet temeljen na Taylor-ovom efektu

Kod ovog načina rada koristi se Taylor-ov efekt kod kojeg se bojilo iz mlaznice pomoću elektrostatskog polja formira u tanki mlaz bojila koji se odnosi u omjeru na mlaznicu 1:20. Prednost korištenja Taylor-ovog efekta je ta da se formiraju vrlo male kapljice u odnosu na velike mlaznice, čime se postiže mnogo sivih vrijednosti po otisnutom pixel-u. Volumen kapljica definiran je duljinom kontroliranih impulsa što prikazuje princip rada na slici 2.7.

Ovaj proces koristi topljiva bojila. Taylor-ov efekt i specijalan razmještaj mlaznica omogućava printanje u rezoluciji od 600 + dpi-a.

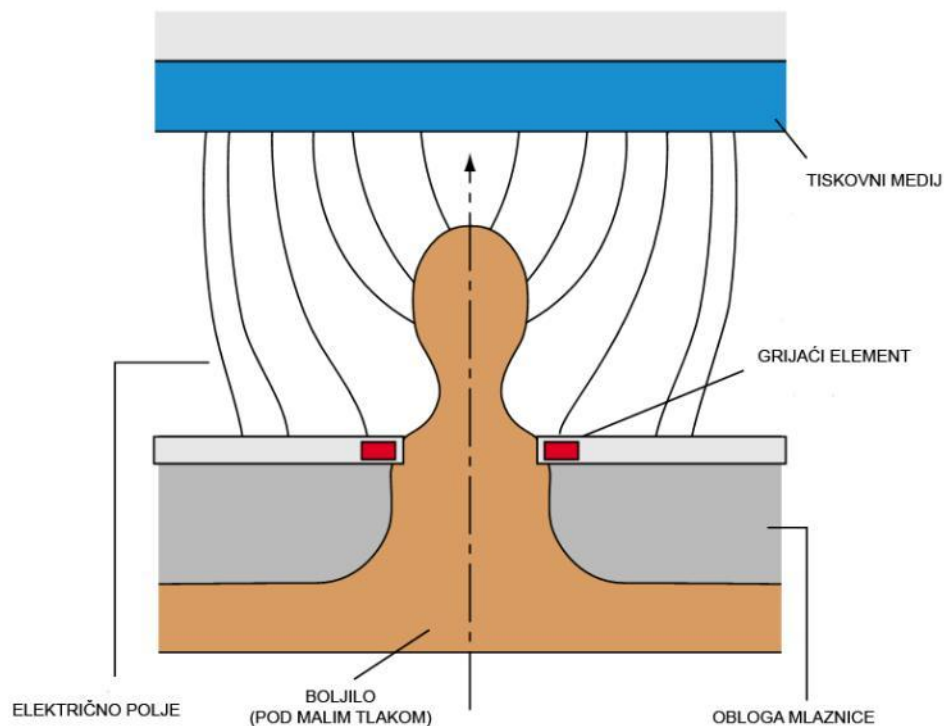


Slika 2. 7. Princip rada diskontinuiranog elektrostatskog ink jet-a temeljenog na Taylor-ovom efektu

### 3.6.2. Elektrostatski ink–jet kombiniran s termalnim postupkom regulacije viskoznosti (gustoće) bojila

Kod ove metode tekuće bojilo je pod laganim pritiskom. Pritisak u bojilu i električno polje između dizne i tiskovne podloge je uravnotežen u odnosu na površinsku napetost bojila na rubu dizne.

Sve dizne imaju prstenast grijač na rubu koji se može zasebno regulirati pomoću strujnog impulsa, što mijenja površinsku napetost bojila i kapljica se formira. Princip rada vidljiv je na slici 2.8.

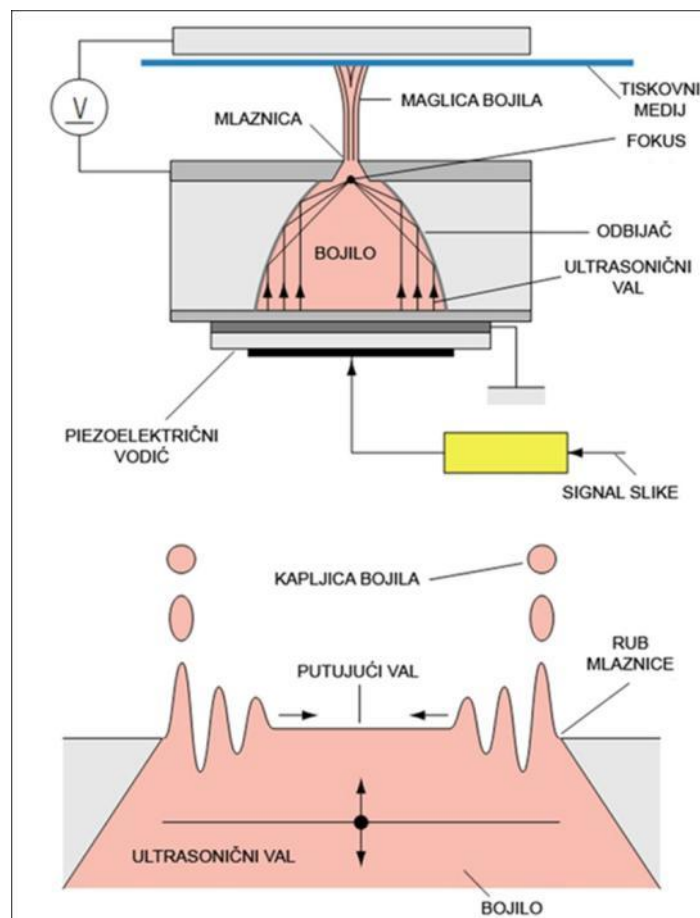


Slika 2.8. Princip rada elektrostatskog ink-jeta s termalnim postupkom regulacije gustoće bojila

### 3.6.3. Elektrostatski ink-jet temeljen na ultrasoničnom efektu

Ultrasonični valovi su fokusirani na izlazu iz mlaznice zbog čega dolazi do valova na površini otvora mlaznice, što rezultira izbacivanjem vrlo malih kapljica. Princip rada prikazan je na slici 2.9. Količina kapljica kontrolirana je visokofrekvencijskim signalom različitog trajanja.

Moguće je reproducirati otprilike 32 stupnja sivila u rezoluciji od 300 dpi-a.



Slika 2.9. Princip rada elektrostatskog ink-jet-a temeljen na ultrasoničnom efektu

#### 4. TISKOVNI MATERIJALI

Prve zabilješke, crteži na zidovima špilja, na glinenim pločicama te kasnije, tijekom drevne egipatske civilizacije na papirusu, govore o čovjekovoj težnji da svoju misao zabilježi i sačuva od zaborava, sežu u daleku ljudsku povijest. Papirus je antički materijal na kome se u to vrijeme pisalo i prenosilo poruku. Izrađivao se iz samonikle močvarne biljke iz doline Nila koju ilustrira slika 3.1.



*Slika 3.1. Berba papirusa u starom Egiptu*

Izrezane trake biljke slagale su se u dva sloja na tvrdu podlogu (kamenja ploča) pod pravim kutem. Oba sloja su se zatim prešala, a sok i škrob koji se cijedio iz srčike, međusobno je sljepljivao slojeve. Ovako dobiveni list sušio se na suncu a zatim glačao školjkom, kamenom ili kosti, te premazivao cedrovim uljem. Više tako izrađenih listova sastavljalo se u dugačku traku i namotavalo oko štapa u svitke. Uzorak papirusa prikazuje slika 3.2.

Dobiveni svitci služili su za pisanje pomoću kalamusa i tinte. Na papirus je bilo moguće pisati samo sa jedne strane, bio je dosta krut, lomljiv i lako zapaljiv.



*Slika 3.2. Uzorak papirusa*

Na prelasku u novu eru izumljena je pergamena. Ona se izrađivala od prepariranih koža životinja koza, ovaca, teladi, magaraca pa i zmija, a budući da je trajnija od papirusa, kao pisaći materijal upotrebljavala se do sredine 14. stoljeća kada ju je iz uporabe istisnuo papir.

Papir je prvi put bio proizveden u Kini. “Do tada se u Kini pisalo na svili” [3]. Postoje zapisi da je u 1. stoljeću Tsai Lun smrvio koru drveta, stari konop, krpe i ribarske mreže, sprešao, osušio ih i tako dobio čvrst i tanak list papira. Kinezi su papir izrađivali ručno od sirovina koje u osnovi imaju vlaknastu strukturu.

Materijali su se usitnjavali tucanjem u kamenim posudama ili mljeli u kamenim mlinovima s ciljem da se dobiju udrobljena sitna vlakna. Udrobljena vlakna su se zatim stavljala u posudu, prelila vapnenom vodom i kuhala. Takvu smjesu nalijevali su na drveno sito, čiju su mrežicu činila vlakna od svilenih niti ili tankih štapića, izrezanih od stabljika bambusa i ocjeđivali. Vlažan list, formiran na situ, odvojio se od sita i stavljao na glatki kamen na sušenje. Osušeni listovi, poslije faze lijepljenja i sušenja slagali su se u kupove, prešali u drvenim prešama, a zatim su se pojedinačni listovi glačali na mramornoj ploči. Dugo godina je proizvodnja papira u Kini bila strogo čuvana tajna. Tek 500 godina kasnije papir

se počeo proizvoditi u Koreji oko 610. godine i nešto kasnije, u Japanu. Oko 750. godine Arapi su doznali tajnu izrade papira od ratnih zarobljenika i počeli proizvodnju papira iz lanenih krpa i lana, koje su mljeli u kamenim mlinovima i tako dobijali potrebna vlakanca. Daljnji postupak bio je isti kao u Kini. No, Arapi su upotrebljavali sita sa mrežicom ispletenom iz metalnih niti, a kao ljepljivo koristili su škrob dobijen iz prosijanog pšeničnog brašna. Arapi su prvi počeli bojiti i izrezivati papir u više određenih formata i pakirati ih u pakete od po 500 araka (rizma). [3]

Zbog zatvorenosti kineskih krajeva ostatku svijeta, tehnologija izradbe papira je ostala tajnom punih šest stoljeća.

Tijekom 7. stoljeća Arapi saznaju tajnu izradbe papira te započinju njegovu proizvodnju i korištenje. U Europu je papir stigao u 12. stoljeću kao trgovačka roba iz arapskoga svijeta i s vremenom je potpuno istisnuo pergamenu.

U Europi se papir počeo proizvoditi tek oko 1100. godine. U to vrijeme javile su se prve radionice za ručnu izradu papira i to na Siciliji i u Španjolskoj. U Italiji se javljaju prve radionice za izradu papira u 13. stoljeću, a u Francuskoj i Njemačkoj u 14. stoljeću.

Izumom pomičnih slova i drvene preše za tisak (Johan Gutenberg, oko 1440. godine, Mainz) započinje era "modernog" tiskarstva koja ubrzo uzrokuje znatno povećanje potrošnje papira. Usporedo se počinje polako razvijati manufakturna proizvodnja papira, a kao sirovine koriste se pamuk, lan, konoplja i stare krpe.

Upotrebom parnih strojeva krajem 18. i početkom 19. stoljeća započela je industrijska proizvodnja papira koja se bazira na raznim vrstama sirovina, tekstilnim vlaknima lana, miješanjem tekstila, drvenih vlakana i celuloze.



*Slika 3.3. Stroj za izradu papira*

No, pravi tehnološki napredak za masovnu industrijsku proizvodnju papira, i upotreba drveta kao baze za osnovnu sirovinu, počeo je tek u prvoj polovici dvadesetog stoljeća. (slika 3.3.)

#### **4.1. Osnovne karakteristike papira**

Papir ima nekoliko svojih osnovnih karakteristika koje utječu na prikladnost za određeni rad. Odabir pravog papira može biti odlučujući za izgled našeg budućeg otiska.

- **Površina**

Površina papira utječe na izgled, osjećaj i tiskarske karakteristike papira. Može biti hrapav, gladak, sjajan ili mat.

- **Boja i svjetlina**

Boja papira je možda jedna od najlakše uočljivih karakteristika papira. Bijela je naravno najpopularnija boja i u pravilu se koristi za sve vrste tiska. Svjetlina i boja nisu ista stvar. Svjetlina je važna jer utječe na čitljivost – papir velike svjetline (sjaja) prouzrokuje napor oka, dok papir niskoga sjaja odaje dojam neoštrog. Svjetlina ili sjaj

papira mjeri postotak svjetla koji se reflektira s površine papira. Većina papira reflektira otprilike 60 do 90% svjetla. Za razliku od boje svjetlina se lagano može mjeriti i odrediti. Uobičajeno se koristi sustav CIE, a izražava se u  $L^*a^*b^*$  vrijednostima. Za savršenu bjelinu L je 100, a potpuno crnu 0 (nula). Jedinica "a" pokazuje crveno i zeleno. Jedinica "b" pokazuje žutilo i plavilo.

- **Prozirnost ili opacitet**

Prozirnost papira je karakteristika kod koje se gleda da li se na drugoj strani papira vidi otisak na prvoj strani.

- **Tok papira**

Tok papira opisuje smjer tj. položaj vlakana od kojih je papir napravljen. Ako su vlakna papira paralelna s dužom stranicom govori se o dugačkom toku papira, ili ako su paralelni na širinu, onda je riječ o kratkom toku. Čvrstoća papira i savitljivost (fleksibilnost) papira samo su neke od karakteristika koje direktno zavise o toku papira.

- **Težina**

Težina papira se računa kao težina jednoga arka veličine jednog kvadratnog metra. Obzirom da se papiri najčešće prodaju po kilogramu, razumijevanje težine papira je važno kako bi se znala naručiti ispravna količina papira.

- **Volumen**

Voluminoznost papira označava odnos debljine arka papira u odnosu na njegovu osnovnu težinu.



## 4.2. Karakteristične vrste papira, kartona i ljepenki

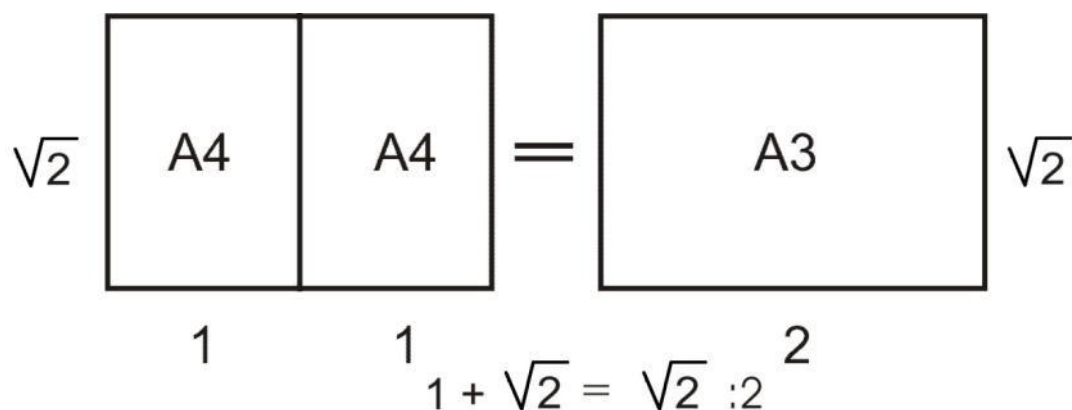
Postoji više vrsta papira s posebnim svojstvima za određene namjene: akvarelni papir, bezdrvni, biblijski, AP – papiri, cigaretni, etiketni, natron papiri, rebrasti, papiri sa strukturom, novinski, premazni, papiri za predlist, kromo-karton, ljepenke, valovita ljepenka...

Za slikarsku tehniku akvarel kao podloga porteban je karton koji nije upojan, a otporan je na habanje, odnosno brisanje i trljanje. Površina ovog materijala može biti mat ili sjajne strukture. Osim sjaja površina može biti hrapava, finožrnata ili kao grubo platno.

## 4.3. Standardni formati papira – A, B i C

Papiri koji se koriste za tisak i izradu grafičkih proizvoda, a po projektu grafičkih dizajnera, određeni su međunarodnim standardom ISO216. Temelj standarda je odnos širine i visine stranica arka papira, a koji je uvijek  $1:\sqrt{2}$  odnosno kao stranica bilo kojeg kvadrata prema dijagonali tog istog kvadrata. Obzirom da je  $1:\sqrt{2} = \sqrt{2}:2$  tj. da se uvijek manja stranica minor (m) odnosi prema većoj stranici major (M) kao veća prema dvostruko manjoj stranici ili  $m:M = M:2m$ . U praksi to znači ako se raspolovi jedan ili sastavim dva arka standardnog formata dobit će se opet format istih proporcija.

Standardni formati obuhvaćaju takozvani glavni red A i dopunske redove B, C i D. Svaki od redova papira podijeljen je na razrede od 0 do 12, a svaki razred dobije se tako da se veća stranica predhodnog formata svije na pola. Stoga se površine dviju susjednih razreda arka papira odnose kao 2 : 1.



Slika 3.4. Kako izračunati dimenziju formata papira formata

**Tabela formata papira:**

Format	Dimenzije u mm	Format	Dimenzije u mm	Format	Dimenzije u mm	Format	Dimenzije u mm
A0	841 x 1188	B0	1000 x 1414	C0	917 x 1296	D0	771 x 1090
A1	594 x 841	B1	707 x 1000	C1	648 x 917	D1	545 x 771
A2	420 x 594	B2	500 x 707	C2	458 x 648	D2	385 x 545
A3	297 x 420	B3	353 x 500	C3	324 x 458	D3	272 x 385
A4	210 x 297	B4	250 x 353	C4	229 x 324	D4	192 x 272
A5	148 x 210	B5	176 x 250	C5	162 x 229	D5	136 x 192
A6	105 x 148	B6	125 x 176	C6	114 x 162	D6	96 x 136
A7	74 x 105	B7	88 x 125	C7	81 x 114	D7	68 x 96
A8	52 x 74	B8	62 x 88	C8	57 x 81	D8	48 x 68
A9	37 x 52	B9	44 x 62	C9	40 x 57	D9	34 x 48
A10	26 x 37	B10	31 x 44	C10	28 x 40	D10	24 x 34

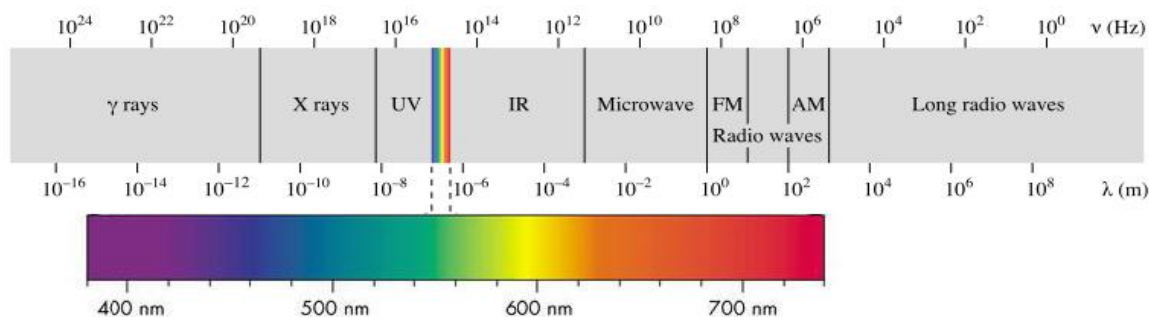
Slika3.5. Tablica formata papira

Za odabir i označavanje bilo kojeg formata dovoljno je navesti red i razred željenog arka papira (A4, B1, C3,...) Nije potrebno pamti sve redove papira. U mnogim priručnicima, rokovnicima može se naći tablice redova papira.

Na primjer, većina zna red i razred papira A4 210 x 297. Za red A3 manju stranicu (širinu) pomnožimo sa 2 i dobijemo dimenzije formata A3 290 x 420, ista stvar je ako trebamo niži format veću stranicu A4 podjeli se sa 2 i dobije se format A5 148 x 210.” [2]

## 5. BOJA I LJUDSKO OKO

Boja je subjektivan psihofizički doživljaj ili subjektivan osjet. Taj osjet u oku nastaje kao posljedica djelovanja elektromagnetskog zračenja koje izaziva fizikalni podražaj ili stimulus. Isti fizikalni podražaji (stimulusi) mogu izazvati različite osjete boja kod različitih ljudi odnosno isti spektralni sastav svjetla kod različitih uvjeta promatranja izazvat će različite osjete kod istog promatrača. Ljudsko oko osjetljivo je samo na "vidljivo" svjetlo zapravo elektromagnetske valove duljine od oko  $\lambda = 380-760$  nm, što pokazuje slika 4.1.



Slika 4.1. vidljivi dio spectra

Ovisno o valnoj duljini zračenja koja će različito podraživati receptore u oku, dobiva se doživljaj određene boje. U vidnom spektru, odnosno skupu boja, koje ljudsko oko može raspoznati, dolaze redom crvena, narančasta, žuta, zelena, plava, ljubičasta, kako se vidi na slici 6.2. Zbog toga je i naziv za područje u spektru elektromagnetskih valova učestalosti (frekvencije) ispod one svjetlosnog vala koji odgovara crvenoj boji infracrveno zračenje, a iznad učestalosti vala za ljubičastu boju ultraljubičasto zračenje. Ljudsko ga oko ne zapaža, ali ga zapažaju vidni organi nekih životinja, npr. pčela. Spektar boja se može vidjeti ako se snop bijele svjetlosti usmjeri na prizmu, čime dolazi do njena rasapa. Infracrveni val se može opaziti na drugi način: nađe li mu se na putu u rasutom spektru toplomjer, temperatura biva povišena - ljudski ga organizam doživljava kao toplinu.

<b>Boja</b>	<b>raspon valnih duljina</b>	<b>frekvencijski raspon</b>
crvena	~ 625 – 740 nm	~ 480 – 405 THz
narančasta	~ 590 – 625 nm	~ 510 – 480 THz
žuta	~ 565 – 590 nm	~ 530 – 510 THz
zeleno	~ 500 – 565 nm	~ 600 – 530 THz
cijan	~ 485 – 500 nm	~ 620 – 600 THz
plava	~ 440 – 485 nm	~ 680 – 620 THz
ljubičasta	~ 380 – 440 nm	~ 790 – 680 THz

*Slika 4.2. Boje vidljive ljudskom oku*

Tradicionalna podjela boja u umjetnosti je na osnovne i složene. Tri osnovne boje su: crvena, žuta i plava. One se zovu i primarne boje. Tri složene boje dobivaju se miješanjem osnovnih boja: crvena + žuta = narančasta, plava + žuta = zelena i plava + crvena = ljubičasta. Te boje se nazivaju i sekundarne. Tercijarne boje dobivaju se miješanjem primarnih i sekundarnih (npr. plavozelena, žutozelena i dr.).

Druga podjela boja je na tople (crvena, žuta, narančasta) i hladne (plava, ljubičasta, zelena). Tako su podijeljene zato što se u prirodi mogu zamijetiti uz određena toplinska stanja (crveno – vatra, plavo – more). U neutralne boje spadaju smeđa, kavna i sl..

Ljudsko oko zahvaljujući građi omogućava osjet vida i osjet boja.

Oko je često uspoređivano s fotoaparatom. Svjetlo ulazi kroz rožnicu, prozirni dio očne jabučice, količina svjetla koje ulazi kontrolirana je zjenicom, otvorom koji se otvara i zatvara. Nadalje oko ima leću koja fokusira dolazeće svjetlo. Svjetlost se fokusira na mrežnici gdje niz fotoosjetljivih stanica koje prekrivaju unutrašnju stranu očne jabučice reagira na dolazeće svjetlo i šalje podražaje putem vidnog živca u mozak. Kroz vid se prima skoro 90% informacija vanjskog svijeta.

## 5.1. Struktura oka

Građu oka čini optički i receptorni dio. Optički dio se sastoji od rožnice, zjenice i leće. Receptorni dio ili fotoreceptori (retina), sadrže fotokemijsku tvar koja apsorbira svjetlo.

Mrežnica (retina) je receptorni dio oka, nalazi se na pozadini oka i sastoji se od oko 6,5 milijuna čunjića i oko 120 milijuna štapića. Mrežnica je funkcionalno najvažniji dio oka, može se usporediti s filmom u fotoaparatu. Zjenica se refleksno sužava i širi, ovisno o količini svjetlosti. Leća (lens cristallina) je više ili manje ispupčena, da bi se slika predmeta koji se fiksira projicirala točno na mrežnicu. Ako se slika projicira ispred očituje se kao kratkovidnost, ako se projicira iza onda je dalekovidnost. Rožnica je prozirna struktura vanjske očne ovojnice smještena u prednjem dijelu oka, na njoj se prelama svjetlo pri ulasku u oko.

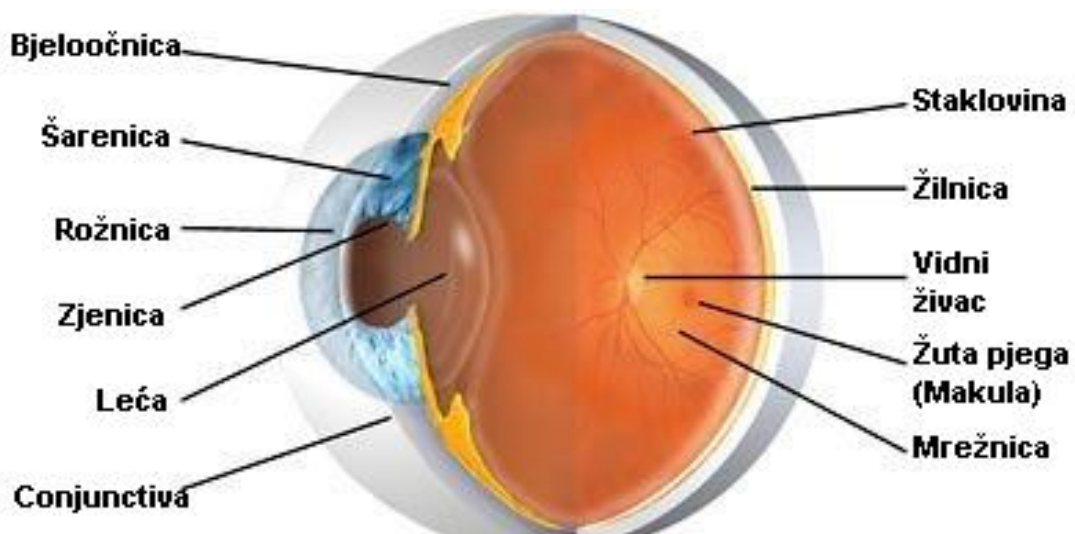
Čunjići su osjetljivi na boje i dnevno svjetlo, raspoređeni gusto po mrežnici, a posebno u centralnoj jamici gdje pada slika predmeta koji fiksiramo.

- čunjića ima oko 6-7 miliona
- nalaze se na središnjoj poziciji mrežnice (žuta pjega, fovea), promjer 1.5 mm
- čunjići su osjetljivi na boju
- svaki je povezan na svoj vlastiti živac
- omogućuju oštru i detaljnu sliku na jakom svjetlu

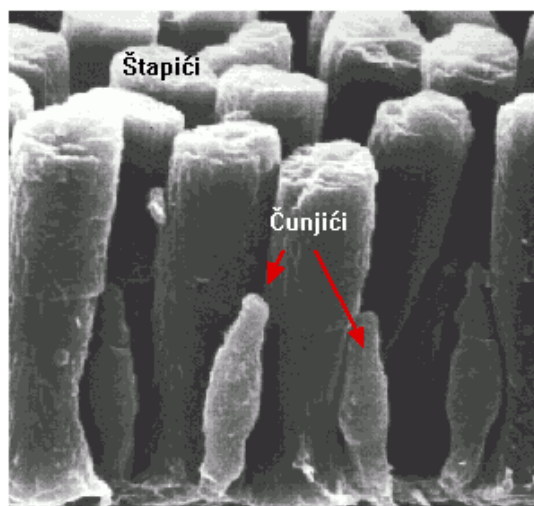
Štapići su osjetljivi na mrak, ali ne i na boje.

- štapića ima puno više: 75-150 miliona
- štapići su raspršeni periferalno (izvan fovee)
- nekoliko štapića je povezano na jedan živac što smanjuje oštrinu vida
- daju generalnu, široku sliku scene
- nisu osjetljivi na boju i služe pri slabom svjetlu
- zato se pri slabom svjetlu ne raspoznaju boje

Čunjići i štapići pretvaraju fizikalni podražaj u živčane impulse koji nakon toga prolaze živčanim vlaknima putuju do vidnog centra u zatiljnom dijelu korteksa. U vidnom centru postoje različite vrste živčanih stanica, koje detektiraju samo određena obilježja impulsa.



*Slika 4.3. Dijelovi ljudskog oko*



*Slika 4.4. Povećani prikaz čunjića i štapića*

U svakom oko ima oko milijun živčanih vlakana. Slijepa pjega naziva se mjesto gdje vidni živac izlazi iz oka jer na tom mjestu nema receptora. Da bi se moglo prostorno odnosno trodimenzionalno gledati, koriste se oba oka. Slika predmeta koji se fokusira pada direktno u centralnu jamicu oba oka, no ne na ista mjesta što uzrokuje stvaranje dvostruke slike u vidnom centru gdje se oblikuje u doživljaj dubine prostora.

Ako se gleda jednim okom, nema trodimenzionalnog vida, ali iskustvom se može prosuditi udaljenost. Živčana vlakna iz desne strane mrežnice oba oka idu u desnu stranu mozga, a iz lijeve strane oba oka u lijevu hemisferu, a križaju se u optičkoj hijazmi.

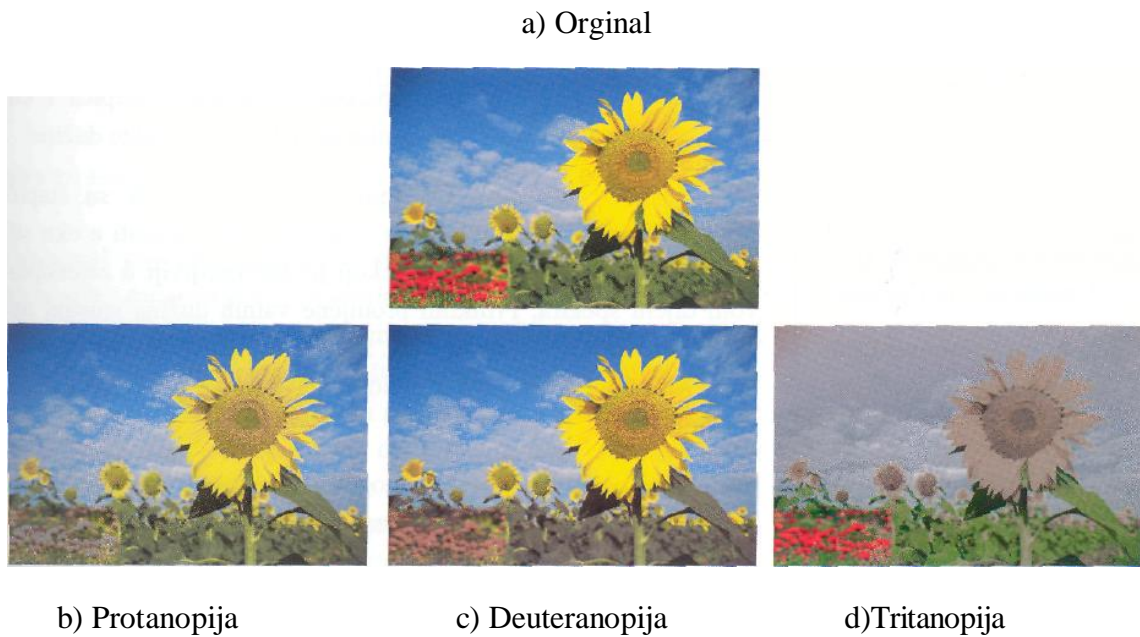
Podražaj generiraju elektromagnetski valovi u rasponu od 400-700 nm i čine vidni spektar.

Komponente svjetla su svjetlina, boja ili tonalitet i zasićenost ili saturacija.

Boja je subjektivna konstrukcija mozga temeljena na analizi valnih duljina svjetla. Vidljivo je oko 150 nijansi različite svjetline i saturacije u vidnom spektru: 400-700 nm ( $\Delta\lambda = 3$  nm), može se vidjeti više od 7 milijuna vidnih kvaliteta. Viđenje boja određeno je karakteristikama podražaja: valnom duljinom svjetla, okolnim kontekstom boje, karakteristikama osjetnog aparata.

## **5.2. Defektno viđenje boje**

Razlikovanje boja je senzorna sposobnost organa vida značajna. Ova sposobnost je različito razvijena kod ljudi, tako da isto obojene predmete različiti ljudi doživljavaju u različitim nijansama. Pojava koja uzrokuje izostanak fotopigmenata osjetljivih na duge valne dužine zove se protanopija, slika 4.5. b. Protanopija onemogućava razlikovanje crvene i djelomično zelene boje. Izostanak fotopigmenata koji reagiraju na srednje valne dužine onemogućava razlikovanje zelene i djelomično crvene boje i pojava se zove deutanopija, slika 4.5. c. Nemogućnost razlikovanja plave i žute boje uzrokovana je tritanopijom, slika 4.5. d. a pojavljuje se kada su fotopigmenti neosjetljivi na stimulaciju kratkim valnim dužinama.



*Slika 4.5. Dikromatsko viđenje boje*

### **5.3. Klasifikacija poremećaja kolornog vida**

Postoje mnogi tipovi sljepoće za boje. Najučestaliji su crveno-zeleni nasljedni fotoreceptorski poremećaji ali također su mogući stečeni oblici zbog oštećenja retine, optičkog živca ili viših moždanih centara. Viši moždani centri koji sudjeluju u procesuiranju boje su parvocelularni put i lateralne genikulatne jezgre talamusa te optičko područje V4 vidne kore. Stečena sljepoća za boje je često netipična za razliku od genetičkih poremećaja. Na primjer, moguća je stečena sljepoća za boje samo u maloj porciji vidnog područja dok je na drugim mjestima normalan kolorni vid održan. Neki oblici stečene sljepoće za boje su reverzibilni. Rijetko se prolazni poremećaji za boje javljaju u migrenskoj auri.

Različiti tipovi prirodnih sljepoća za boje mogu varirati od potpune do djelomične sljepoće za boje, i disfunkcijom različitih sustava čunjića. Kada je jedan sustav čunjića oštećen pojavljuje se dikromazija. Najčešći oblik sljepoće za boje u ljudi je rezultat osjetljivosti sustava čunjića na srednju ili veliku valnu duljinu i uključuje probleme u



razlikovanju crvene, žute i zelene, jednu od druge. Zajednički se nazivaju „crveno-zelena sljepoća za boje“ iako je naziv pojednostavljen i netočan. Ostali oblici sljepoće za boje su mnogo rjeđi. Uključuju probleme u razlikovanju plave od žute, i najrjeđi oblik je potpuna sljepoća za boje ili monokromazija, gdje oboljeli ne može razlučiti nijednu boju od sive, kao u crno-bijelom filmu.



*Slika 4.6. Dugine boje s normalnim osjetom za boje.*



*Slika 4.7. Dugine boje kako ih vidi osoba s protanopijom (poremećaj razlikovanja boja u zeleno-žuto-crvenom dijelu spektra, sa smanjenom osjetljivošću za crveno).*



*Slika 4.8. Dugine boje kako ih vidi osoba s deuteranopijom (poremećaj razlikovanja boja u zeleno-žuto-crvenom dijelu spektra, sa smanjenom osjetljivošću za zeleno).*



*Slika 4.9. Dugine boje kako ih vidi osoba s tritanopijom (slabije razlikovanje boja u plavo-žutom dijelu spektra).*

Prema etiologiji postoje stečeni i nasljeđeni oblici poremećaja. Stečeni nastaju tijekom života pod utjecajem određenih čimbenika, a nasljeđeni se očituju kao tri tipa poremećaja, I to kao, monokromazija, dikromazija te anomalna trikromazija.

Monokromazija, tj. totalna sljepoća za boje, je nemogućnost raspoznavanja boja; uzrokovana nedostatkom ili defektom čunjića.

Monokromazija se pojavljuje kada nedostaju dva ili tri pigmenta čunjića i percepcija boje i svjetla je svedena na jednu dimenziju. Monokromazija sa štapićima (akromatopsija) je rijetka neprogresivna nesposobnost raspoznavanja bilo koje boje zbog nedostatka ili disfunkcije čunjića. Također je prisutna fotofobija, nistagmus i mala vidna oštrina.

Monokromazija sa čunjićima je rijedak oblik totalne sljepoća za boje, međutim imaju normalnu vidnu oštrinu te normalan elektroretinogram i elektrookulogram.

Dikromazija je umjereno teška sljepoća za boje u kojoj nedostaje ili ne funkcioniše jedan od tri pigmenta za raspoznavanje boja. Nasljeđuje se X-vezano, pogađajući češće muškarce. Boja je svedena na dvije dimenzije. Protanopija- rijedak poremećaj, uzrokovan potpunim nedostatkom crvenog fotoreceptora. To je oblik dikromazije u kojem se crvena boja čini tamnom. Nasljedno je, X-vezano te je prisutna u 1% muškaraca. Deutanopija- poremećaj uzrokovan nedostatkom zelenog fotoreceptora. Oblik dikromazije u kojem su prisutna samo dva pigmenta čunjića. Nasljeđuje se X-vezano te također prisutna u 1% muškaraca. Tritanopija- iznimno rijedak poremećaj karakteriziran nedostatkom plavih fotoreceptora.

Anomalna trikromazija je učestali tip nasljedni poremećaja raspoznavanja boja, koji se javlja kada je jedan od tri pigmenta promijenjen. Rezultat je oštećenje a ne gubitak trikromazije (normalan 3D kolorni vid). Protanomaliya je blagi poremećaj raspoznavanja

boja, u kojem je promijenjena senzitivnost crvenih receptora, što rezultira slabim razlučivanjem crvene od zelene. Nasljedna je, X-vezana, pojavljuje se u 1% muškaraca. Često se prenosi s majke na dijete. Deuteranomaliya, uzrokovana sličnom promjenom u zelenim receptorima. Najčešći je tip poremećaja raspoznavanja boja, blago pogađa crveno zeleno raspoznavanje u 5% muškaraca. Nasljeđuje se X-vezano. Tritanomaliya je rijedak nasljedni poremećaj raspoznavanja boja koja pogađa raspoznavanje plave i žute. Za razliku od ostalih oblika ne prenosi se X-vezano. [10]

## 5.4. Tiskarska bojila

Poznato je da su Egipćani 2.500 godina p.n.e. pisali na papirusu bojom koja je bila izrađena od čađe.

Kinezi su u isto vrijeme proizvodili vrlo kvalitetno kinesko crnilo. Naglim razvojem tiskarstva započetim izumom Gutenbergove preše, raste i potreba za bojama, koja su se u to vrijeme pripravljalala u samim tiskarskim radionicama (uglavnom crne boje izrađene od čađe sa ugušćenim lanenim uljem kao vezivom), dok je prva prava tvornica tiskarskih boja podignuta u Engleskoj krajem 18. stoljeća.

“Kao osnovni materijal za tisak grafičkih proizvoda koriste se različite tiskovne podloge i odgovarajuće im grafičke odnosno tiskarske boje. Cilj izrade odnosno krajnji rezultat tiska i dorade je što vjernije reproducirati dizajnerski uradak u odgovarajući grafički proizvod. Različiti tiskovni procesi, tiskovne podloge te brzine tiska uvjetuju uporabu tiskarskih boja različitih svojstava koja odgovaraju konkretnoj tiskarskoj tehnici i tiskovnoj podlozi“. [2]

“Grafičke boje, za razliku od svih ostalih boja, prenose se na tiskovne podloge isključivo pomoću tiskarskih strojeva. Glavna funkcija tiskarske boje je da odrazi kontrast što bolje uočljiv od podloge, a primjetljiv u svim svojim detaljima (raster točkica) koji zajedno daju cjelinu reprodukcije.

- Grafičke, odnosno tiskarske boje su složeni koloidni ili molekularni disperzni sustavi, koji se sastoje od:
  - pigmenata ili bojila
  - punila (pomoćnog pigmenta)
  - veziva (izrađena na bazi umjetnih smola i mineralnih i vegetativnih ulja)

- smola
- otapala (hlapive organske tekućine) ili vode
- voskova
- sušila (sikativa)

Optimalnom kombinacijom, formuliranjem, navedenih komponenata dobivaju se boje koje su svojim sastavom te fizikalnim i kemijskim osobinama prikladne za tisak određenom tiskarskom tehnikom na odabranu tiskovnu podlogu uz poznatu brzinu tiska. Pogodnost boje za tisak s obzirom na tehniku tiska, konstrukciju i brzinu tiskarskog stroja, vrstu tiskovne forme, kvalitetu tiskovne podloge te ostalih faktora u procesu tiska, uvjetovana je svojstvima boje. Neka od važnijih svojstava su: konzistencija, viskoznost, ljepljivost, tečljivost, hlapljivost, sušivost, sposobnost močenja, pokritnost i izdašnost.

Tiskarske boje se prema konzistenciji dijele na pastozne (guste) i tekuće (fluidne, rijetke) boje. Prema tehnikama tiska dijele se na boje za konvencionalne tehnike tiska i bojila za digitalne tehnike tiska. Nadalje dijele se prema krajnjoj upotrebi (za novine, revije i časopise, za knjige, ambalažu, plakate, vrijedonosnice, tapete itd.) te prema načinu sušenja.” [5]

## **5.5. Pigmenti i bojila za tiskarske boje**

Pigmenti su prirodni ili umjetno dobiveni fini kruti prašci koji pomiješani s prikladnim tekućinama (vezivima) imaju svojstvo obojiti tiskarsku boju. Osnovno svojstvo koje karakterizira pigment je njegova netopivost u vodi odnosno vezivima u kojima se raspršuju, dispergiraju, i u kojima se trebaju dobro močiti.

O vrsti i svojstvima pigmenata ovise mnoga bitna svojstva tiskarske boje. Kvaliteta pigmenta se određuje prema obojenju, pokritnosti, utrošku ulja, veličini čestica, tvrdoći čestica, gustoći, svjetlostalnosti, otpornosti prema lužinama, toplini itd. Pigmenti se ne vežu s biljnim i životinjskim vlaknima i po tome se bitno razlikuju od bojila. Pigmenti daju obojenje bojama i oni su osnovni dio svake grafičke boje vidljiv oku za vrijeme procesa tiska i na tiskovnoj podlozi.

Bojila su krute organske tvari koje daju obojenje tiskarskim bojama. Za razliku od pigmenata bojila se uglavnom otapaju u otapalima (vezivu) s kojima tvore molekularne disperzije. Upravo zbog disperzije na molekularnoj razini, ove su otopine "čiste", prozirne. Bojila su zbog finog disperziteta sjajna, vrlo izdašna i transparentna.

## 5.6. Tinte za ink-jet pisače

Tinta kao i papir ima veliku ulogu u postizanju što kvalitetnijeg ispisa, a u ovisnosti o tipu pisača i kemijskom sastavu razlikujemo nekoliko osnovnih vrsta tinte. Tinte za termičke pisače prvenstveno moraju biti termostabilne i hlapljive što je manje moguće zbog toga jer je u procesu ispisivanja tinta podvrgnuta zagrijavanju, pa postoji mogućnost da se promjene njena svojstva pod utjecajem topline. Otisak se nakon izlaza iz pisača treba brzo osušiti, a suši se penetracijom i hlapljenjem. Korištenje manje kvalitetnih vrsta papira najčešće rezultira otiskom lošije kvalitete zbog toga jer tinta penetrira u papir što može dovesti do širenja kapljice što će nepovoljno utjecati na razlučivost otiska, a može dovesti i do većeg izobličenja otiska. Kod pisača na bazi piezoelektrične tehnologije koriste se tinte sa lakohlapljivim otapalom koje se suše hlapljenjem dok se vrlo malo suše penetracijom u papir. Zbog toga je kod takvih pisača moguće koristiti papir lošije kvalitete, koji može imati porozniju strukturu i unatoč tome dati zadovoljavajuće rezultate. Ink jet pisači danas uglavnom rade sa dvije vrste tinte – dye (na bazi bojila) i pigmentirane tinte (na bazi pigmenata). Temeljna razlika između ove dvije vrste tinte je ta što su dye tinte u potpunosti topive u otapalu dok to nije slučaj kod pigmentiranih tinta kod kojih čak imamo i zaostatke neotopljene tinte koji mogu ostati na površini papira.

“Dye vrsta tinti je najuobičajenija i gotovo svaki korisnik ink jet tehnologije susreo se s njima. Načinjene su uglavnom od bojila, deionizirane vode, alkohola, koji ubrzava sušenje tinte (bojila se u potpunosti otapaju u otopini). Ova jednostavna, osnovna formula kazuje da su ove tinte jeftine, ali također omogućavaju dobar otisak visoke rezolucije i širokog gamuta (raspona boja).

No, glavni nedostatak ovih tinti je upravo u samoj njihovoj osnovi - vodi, jer otisci znaju biti natopljeni tintom i zbog toga se razlijevaju i daju lošu kvalitetu otiska. Kako bi se rješio ovaj problem, dye tinte se rade s otapalima koji brzo hlape ili se otisci izlažu sušenju

toplim zrakom. Ostale metode uključuju izbor materijala s posebnim statički nabijenim premazima. Ako je tinta nabijena suprotno od naboja površine na koju se nanosi, površina privuče tintu i zadržava je na mjestu nanosa dok se otopina ne upije u površinu. Najpoznatiji takav premaz je polivinil pirolidon.

Zbog navedenih svojstava ovaj tip tinti koristi se kad otpornost na vodu nije uvjet, ali kad je bogatstvo dobivenih boja vrlo važno. Primjenjuju se za otisak fotorealističnih portreta i svih vrsta postera za unutrašnju upotrebu. Pigmentne disperzije (pigmentirane tinte) umjesto boje otopljene u vodi sadrže mikroskopske čestice pigmenta raspršene u otopini. Rezultat je otisak veće vodootpornosti od otiska dye tintama. Pigmentne disperzije imaju i svojih nedostataka – crna disperzija uglavnom u tisku daje vrlo tamnu ugljenu boju i samo uistinu dobre disperzije mogu dati prave crne tonove).” [5]

### **Trajnost digitalnog tiska ovisi o sljedećim faktorima:**

- Trajnosti nositelja
- Trajnosti osnove
- Trajnosti tinte

### **Tinte za ink-jet ispis:**

Najkritičnija komponenta ispisa je tinta kojom je otisnut.

Danas se proizvode tinte s bojilom (organska tvar topiva u vezivu) i pigmentom (prah netopiv u vezivu). Tinta s bojilom je manje trajna (iako danas neki proizvođači garantiraju trajnost tinte s bojilom, npr. Epson garantira trajnost do 200 godina), ali ima puno širu paletu tonova (gamut) i omogućuje vrlo kvalitetnu rezoluciju ispisa. Tinta s pigmentom je otpornija na djelovanje svjetla i trajnija te omogućuje bolju rezoluciju ispisa.

Mnogi kućni tintni pisači (ink-jet printeri) koriste tinte na bazi vode. One sadržavaju destiliranu vodu, glikol, bojila ili pigmente, te male količine ultraljubičastog inhibitora (zaštita od UV zračenja) i agensa za sušenje. Tradicionalni set sadrži cijan, magentu, žutu i crnu boju (CMYK), ali neke tvornice dodaju i druge. Vrlo često se koriste sedambojni, devetbojni, desetbojni pisači, a koriste još i sljedeće tinte: light (svijetli) Cijan, light (svijetlu) Magentu, ili narandžastu i zelenu, mat crnu, foto crnu, light (svijetlo) crnu, light light (svijeto, svijetlo) crnu, jasna (vivid) magenta, vivid light magenta ...“ [8]

## 6. IZRADA REPRODUKCIJE SLIKE

Za potrebe istraživačkog rada korišten je original umjetničke slike „Sveti Vid“ autora Željka Prsteca. Original je oslikan akrilnom bojom na platnu. Slika dočarava atmosferu zimskog, Božićnog ugođaja u starom dijelu Varaždina. U svom izučaju slikar se koristi bijelom bojom u kombinaciji sa „kraljevskom plavom“ bojom. Tim kombinacijama postiže dubinu slike i mističnost atmosfere koju potencira lik anđela u sredini slike.

### 6.1 Priprema i obrada slike za reprodukciju

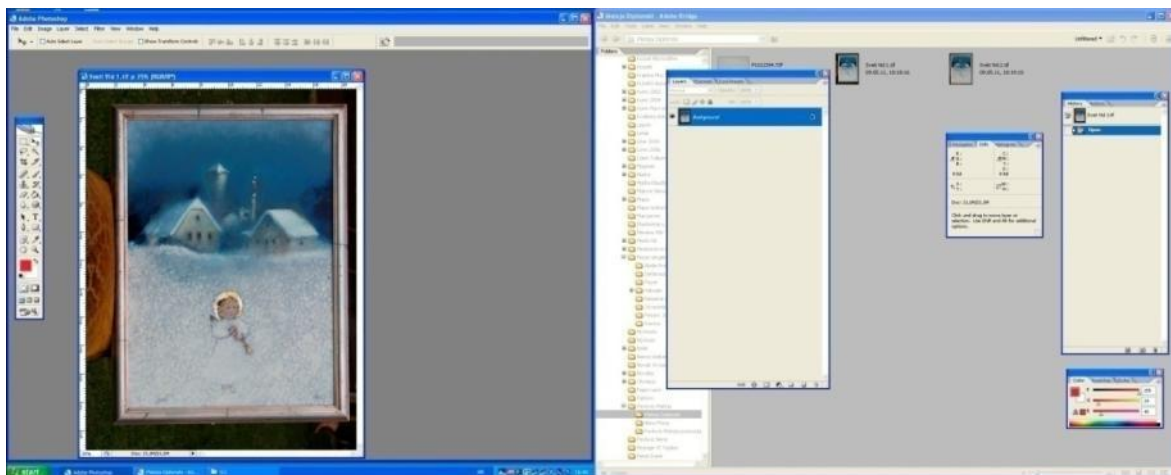
Prije početka snimanja originala bilo je potrebno odabrati mjesto snimanja i osigurati umjetničko djelo od mogućnosti oštećenja.

#### 6.1.1. Snimanje originala



*Slika 5.1. Snimljen original slike „ Sv. Vid“*

Snimanje originala slike akril na platnu dimenzija 50 x 70 cm, izvršeno je za vrijeme sunčanoga dana, pomoću fotoaparata Olympus 330E. Pritom je kalibrirana bijela boja (white balance) s osjetljivošću 100 ASA uz ekspoziciju 1/ 700 i otvor belende 8. Snimljeni original može se vidjeti na slici 5.1. Snimljeni rad arhiviran je u računalo i započinje njegova obrada grafičkim programom Adobe CS2. Prvi korak slike u photoshopu može se vidjeti na slici 5.2.

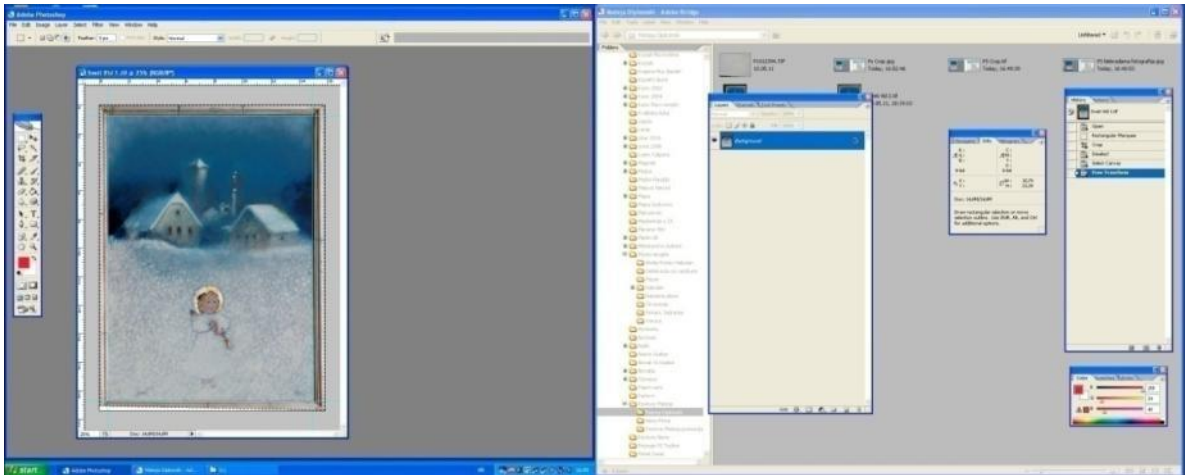


*Slika 5.2.Screenshot u Photoshopu CS2 otvaranje neobradene fotografije*

### **6.1.2. Poravnalje**

Označavanjem cijele slike potrebno je poravnati deformacije na slici uz pomoć alata na alatnoj traci: `edite_transforme_skew` . Postupak se može vidjeti na slici 5.3.

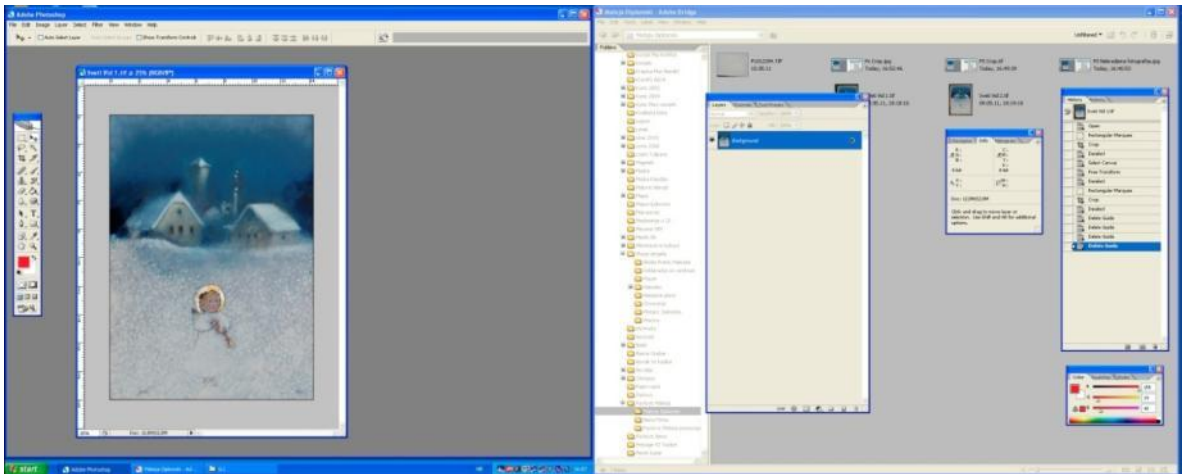




*Slika 5.3. Screenshot u Photoshopu CS2 poravnanje*

### **6.1.3. Izrezivanje**

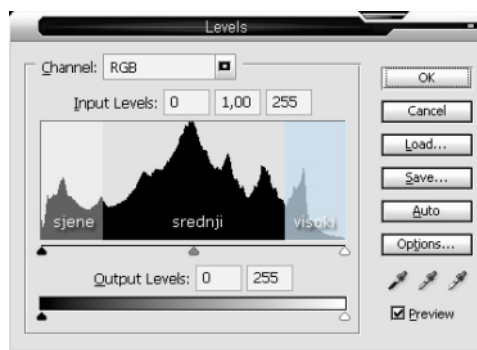
Pomoću alata Rectangular Marquee Toll označi se površina slike bez okvira te se alatom Crop izreže označena površina. Postupak se može vidjeti na slici 5.4.



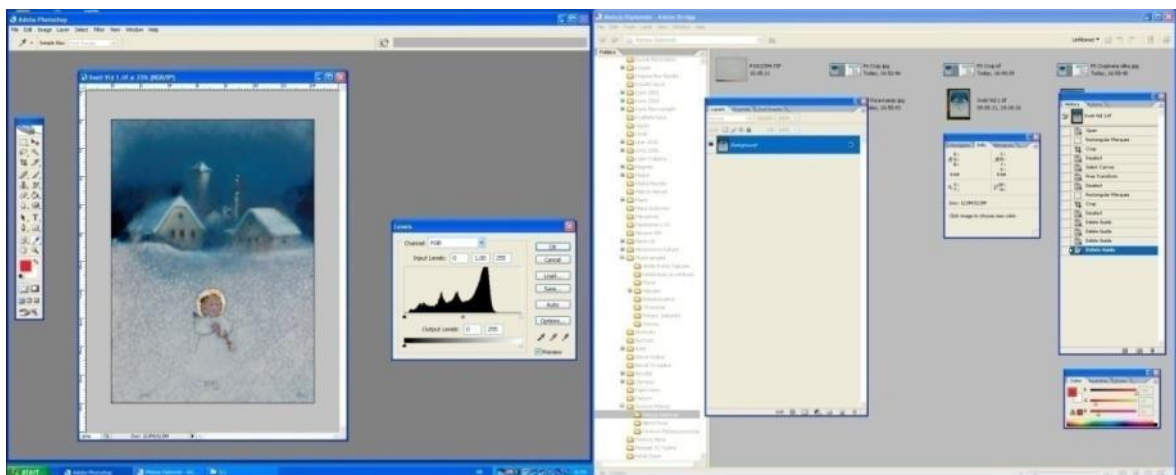
*Slika 5.4. Screenshot u Photoshopu CS2 izrezane slike spremne za obradu boja*

## 6.1.4. Podešavanje boje

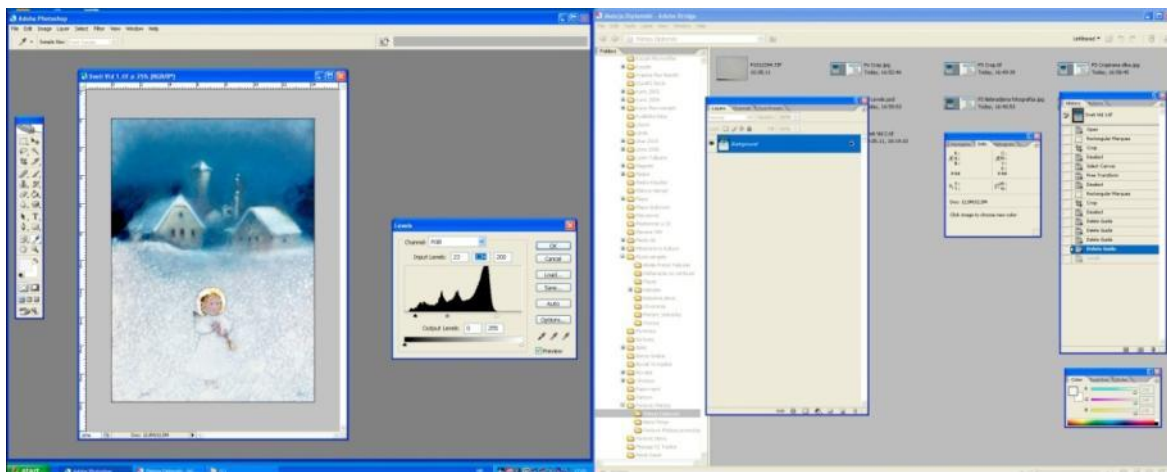
Podešavanje boje vrši se opcijom Levels. Levelsima se pristupa iz izbornika IMAGE> Adjustment>Levels. Prozor koji se otvori pokazuje histogram - graf koji govori o raspodjeli sjena, srednjih i visokih tonova. Izmjena kontrasta vrši se pomicanjem malih trokuta koji se nalaze odmah ispod prikaza histograma. Pomicanjem crnog, lijevog trokuta upravljamo tamnim tonovima. Sivi, srednji trokutać će se odraziti na srednje tonove, a bijeli trokutać na svijetle tonove. Histogram se može vidjeti na slici 5.5. , na slici 5.6. može se vidjeti slika prije korigiranja boje, te na slici 5.7. učinak Levels-a nakon korigiranja boje.



Slika 5.5. Histogram iz Photoshopa pod opcijom Levels



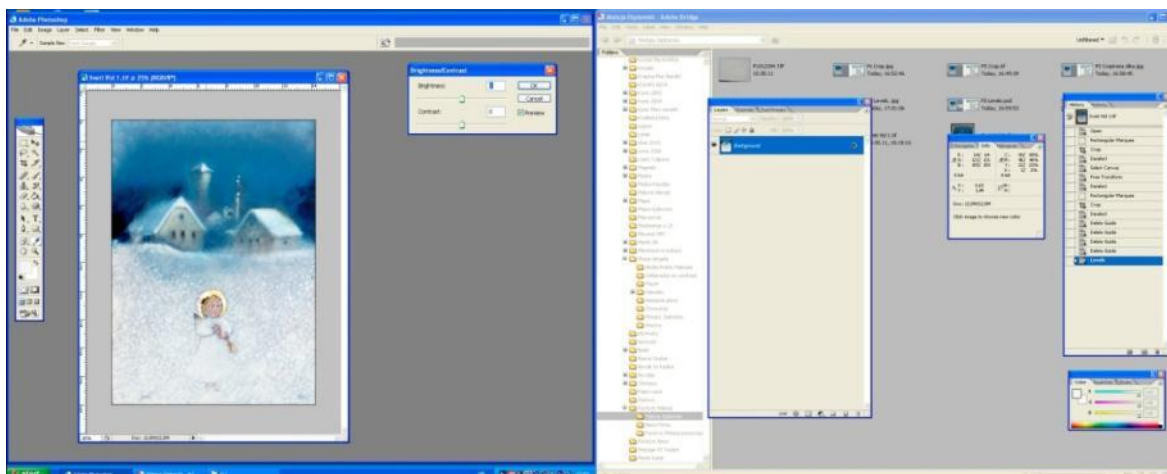
Slika 5.6. Screenshot u Photoshopu CS2 prije podešavanja boje



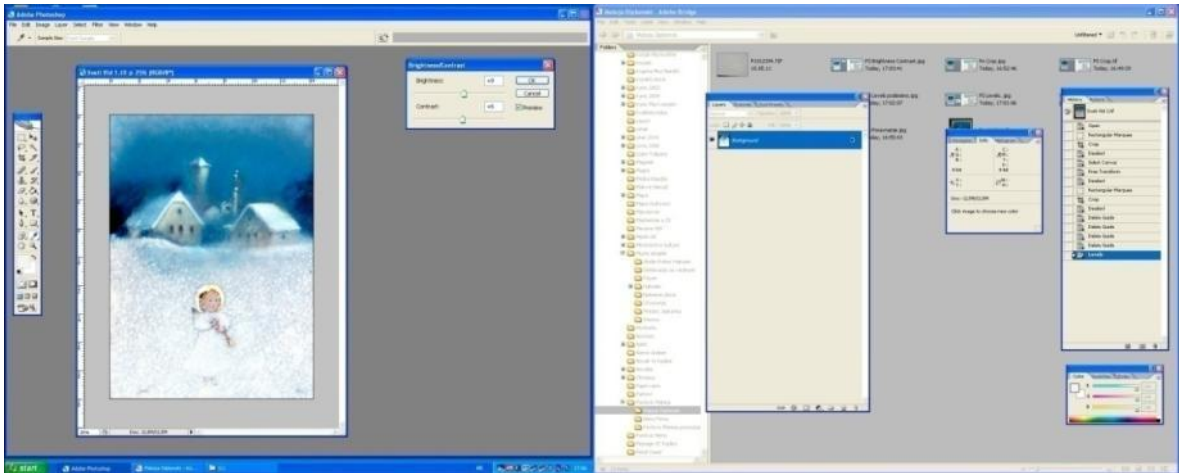
*Slika 5.7. Screenshot u Photoshopu CS2 poslije podešavanja boje*

### 6.1.5. Podešavnje tonskog opsega

Za podešavanje tonskog opsega slike koja je prilikom fotografiranja postala tamnija od originala koriste se alati Image- Adjustments-Brightness/Contrast. Opcija Brightness/Contrast primjenjuje istu korekciju na cijelu sliku. Nas likama 5.8. i 5.9. može se vidjeti slika prije i poslije korekcije.



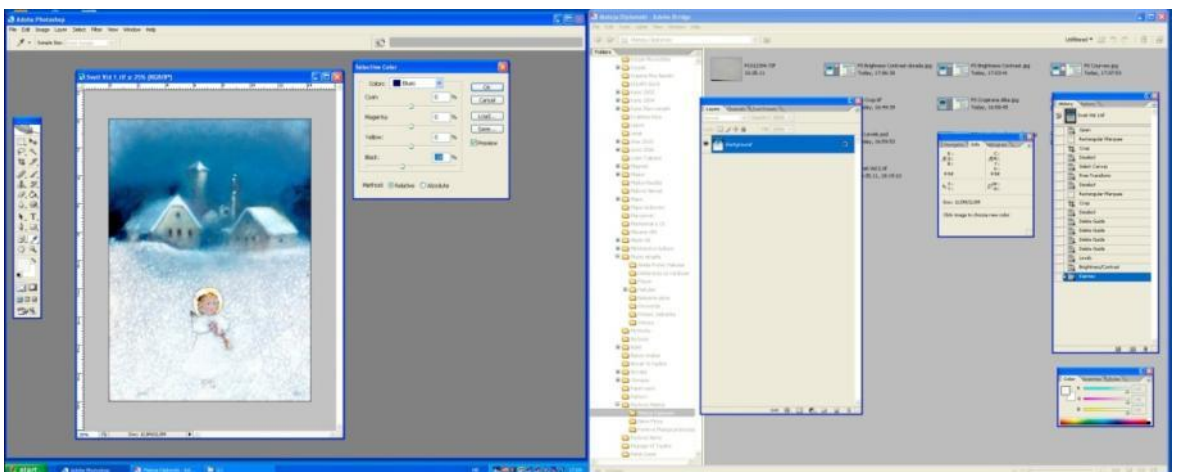
*Slika 5.8. Screenshot u Photoshopu CS2 prije podešavanja tonskog opsega*



*Slika 5.9. Screenshot u Photoshopu CS2 poslje podešanja tonskog opsega*

### 6.1.7. Manipulacija tonovima

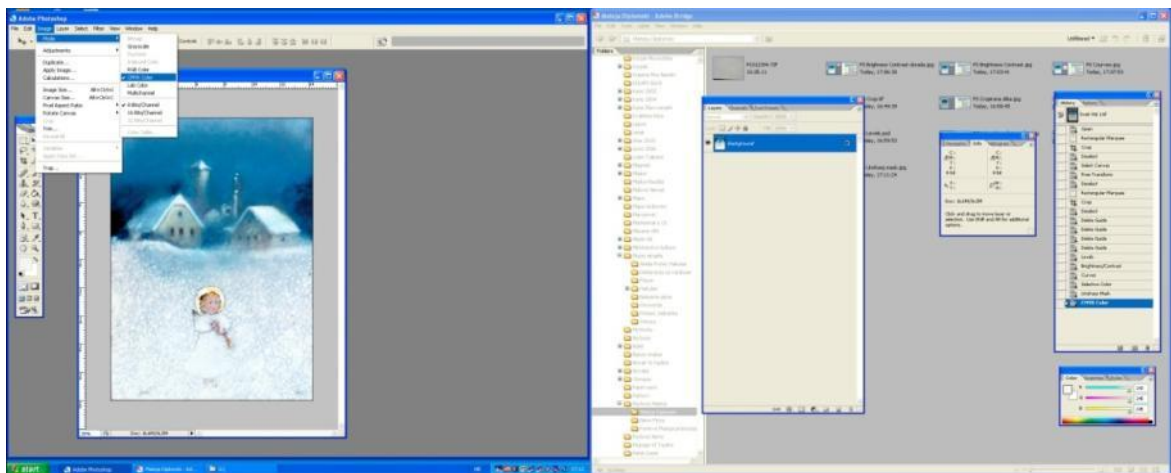
S obzirom da još uvijek nije dobivena dovoljno vjerna reprodukcija originala koriste se alati za manipulaciju tonovima, Image- Adjustment- selective colors i utjecaj crne boje smanjuje se za 19 %. Postupak se može vidjeti na slici 5.9.



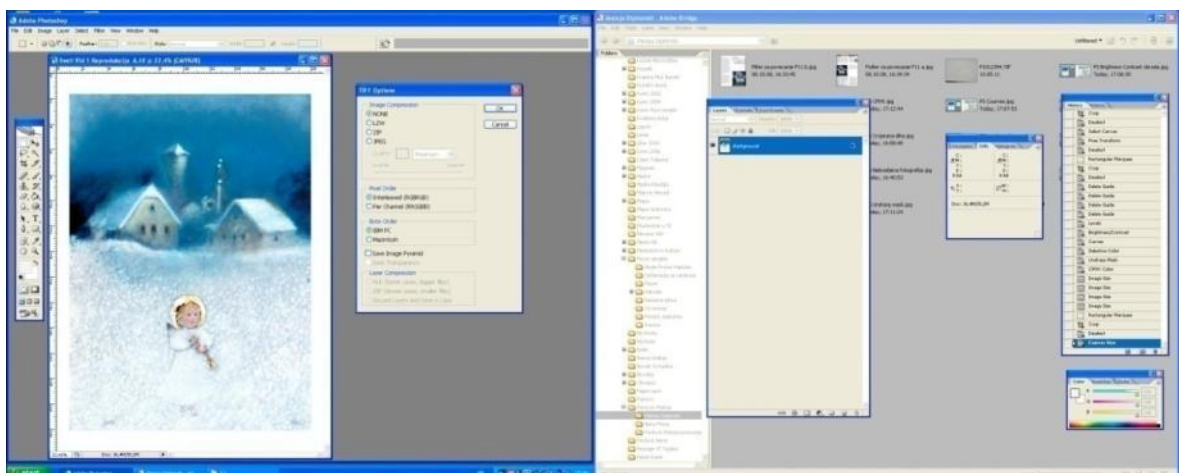
*Slika 5.9. Screenshot u Photoshopu CS2 manipulacija tonovima boje*

## 6.1.6. Pripremanje garfike za ispis

Prije ispisa slike potrebno je podesiti vrstu boje koju koristi printer pomoću kojeg će reprodukcija biti tiskana. Opcije koje se koriste za pripremu ispisa su: Image – Mode – CMYK color, ako se koristite boje koje nisu CMYK nego RGB, pantone će biti konvertirane u CMYK prilikom čega su mogući manji ili veći odmaci u vjernosti reprodukcije boja. Slika se sprema na 300 dpi i u TIFF formatu. Na slici 5.10. prikazan je postupak spremanja slike u CMYK color, a na slici 5.11. spremanje slike u TIFF formatu.



Slika 5.10. Screenshot u Photoshopu CS2 spremanje slike u CMYK

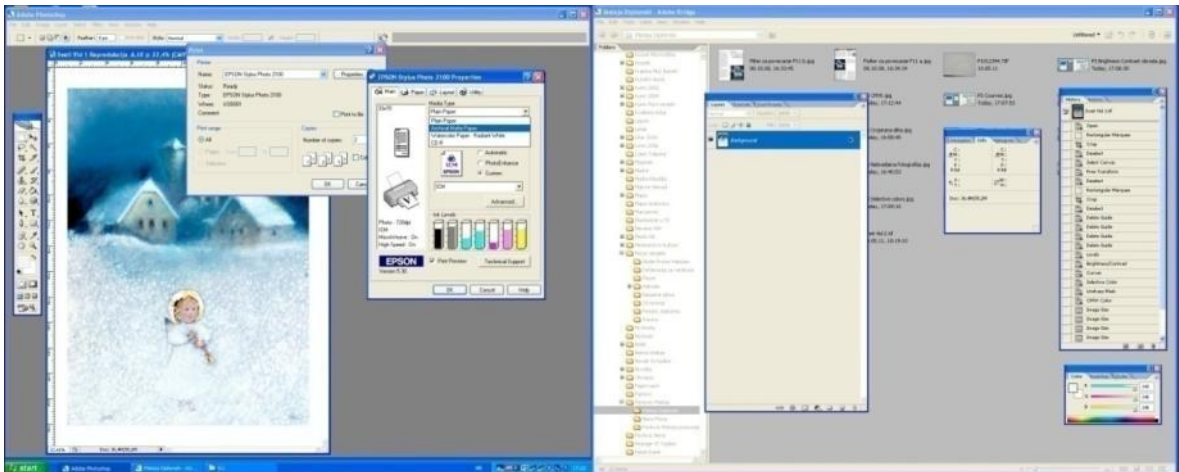


Slika 5.11. Screenshot u Photoshopu CS2 spremanje slike u TIFF formatu

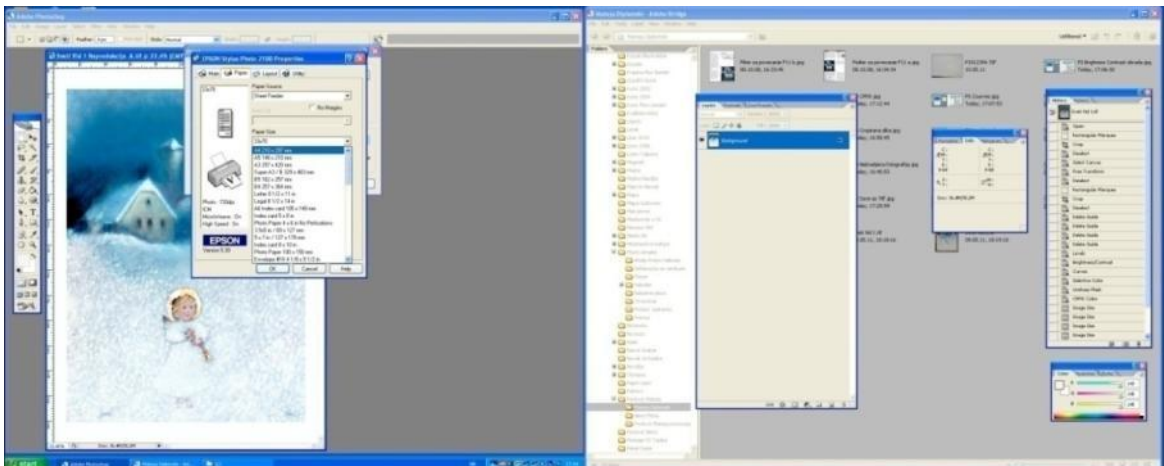


## 6.1.8. Podešavnje ispisa

Konačni izgled reprodukcije se dobije ispisom na Epson Stylus 2100. Zbog toga je potrebno podesiti ispis prema veličini papira, poziciji i orijentaciji slike, ICM profila te rezoluciji za kvalitetan ispis, obično 720 dpi

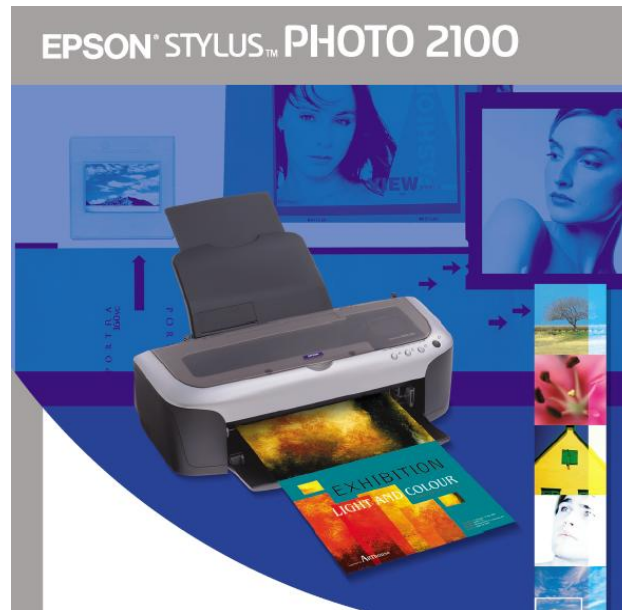


Slika 5.12. Screenshot u Photoshopu CS2 podešavanje parametara ispisa



Slika 5.13. Screenshot u Photoshopu CS2 podešavanje parametara ispisa

Za ispis reprodukcije slike koristi se printerom EPSON Stylus Photo 2100 kojeg se može vidjeti na slici 6.1.



*Slika 5.14. Epson Stylus Photo 2100*

Epson stylus 2100 je pred četiri godine bio jedan od najnaprednijih A3+ foto pisača.

Karakteristike ovog pisača su:

- foto ispis 2880 x 1440 dpi
- svjetlosno stabilan ispis
- 7 bojni ispis s novom sivom kao standard
- pojedinačni spremnici za boje za maksimalnu iskoristivost
- ispis na više vrsta materijala u roli ili pojedinačno

Ispisna glava ima 96 mlaznica za crnu i 96 mlaznica za boju (cyan, magenta, yellow, light cyan, light magenta, light black). Ispis se može vršiti na nekoliko različitih vrsta papira; obični bijeli, arhivski, akvarel papir, grafički, sjajni i mat.

Težina papira može biti od 64-260 gr/m<sup>2</sup>, a ako se koristi ubacivanje papira odostraga debljina medija može biti i do 1,3 mm. [9]

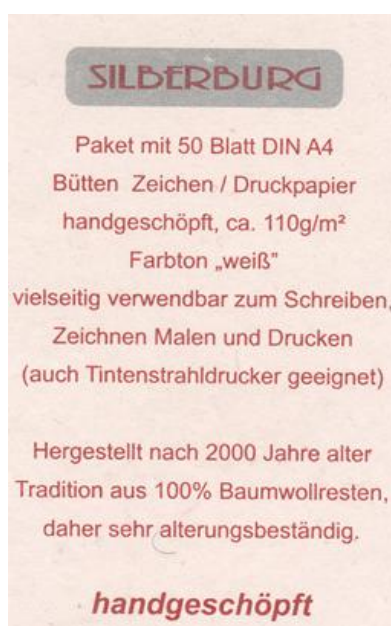
Glavna prednost Epson Stylusa je u tome da osim foto crne koristi i mat crnu boju. Za ovaj rad rad isključivo koristi mat crnu jer s foto crnom ne možemo dobiti zadovoljavajući ispis.

## 6.2. Odabir papira i ispis reprodukcije

Na tržištu papira prikladnih za ispis reprodukcije umjetničkih slika postoji određen broj vrsta papira između kojih umjetnici mogu birati. Za ispis reprodukcije slike „Sveti Vid“ odabrano je šest vrsta papira. Svaka od njih ima određene karakteristike koje utječu na vjerodostojnost ispisa reprodukcije originala slike.

1. Ručno rađeni papir Silberburg, 110 g/m<sup>2</sup>.

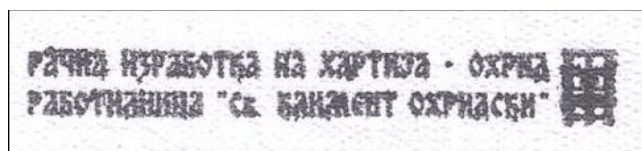
Karakteristike papira mogu se vidjeti na slici 5.15.



Slika 5.15. Karakteristike papira „ Silberburg“

2. Ručno rađeni papir Makedonija, 170 g/m<sup>2</sup>

Etiketa papira može se vidjeti na slici 5.16.



Slika 5.16. Etiketa ručno rađenog papira „Losin“



### 3. Fabriano Artistico, 300 g/m<sup>2</sup>

Papir proizveden od 100% pamuka ber klor i kiseline. Sadrži vodeni znak i specifično optrgane ribove. Idealan je za slikarske tehnike: akvarel, tempera, tuš, ugljen, grafika i crtanje. Koristi se i za sve tehnike tiska. Karakteristike papira mogu se vidjeti na slici 5.17.



Slika 5.17. Karakteristike papira „Artistico“

### 4. Fabriano Cartacrea, 220 g/m<sup>2</sup>

Glatko na jednoj strani, grubo na drugoj strani ELLE ERRE papir crtanje, izgradnju kolaža i poticanje kreativnosti.

Proizvedena sa 100% ECF celuloze (Elemental bez klor), FSC certifikatom (© 1996 šumama Vijeća AC), iz šume odgovorno upravlja poštivati okoliš, socijalnim i ekonomskim standardima. Karakteristike papira mogu se vidjeti na slici 5.18.



Slika 5.18. Karakteristike papira „Cartacrea“

5. Fabriano Pittura, 400g/m<sup>2</sup>

Papir izrađen od visoko kvalitetne celuloze, bez kiseline kao garancije dugovječnosti sa prirodnom zrnatom strukturom, pogodan za ulje, akril i temperu. Karakteristike papira mogu se vidjeti na slici 5.19.



Slika 5.19. Karakteristike papira „Fabriano Pittura“

6. Ručno rađeni papir Losin, 250 g/m<sup>2</sup>

Etiketa papira može se vidjeti na slici 5.16.



Slika 5.20. Etiketaručno rađenog papira „Losin“

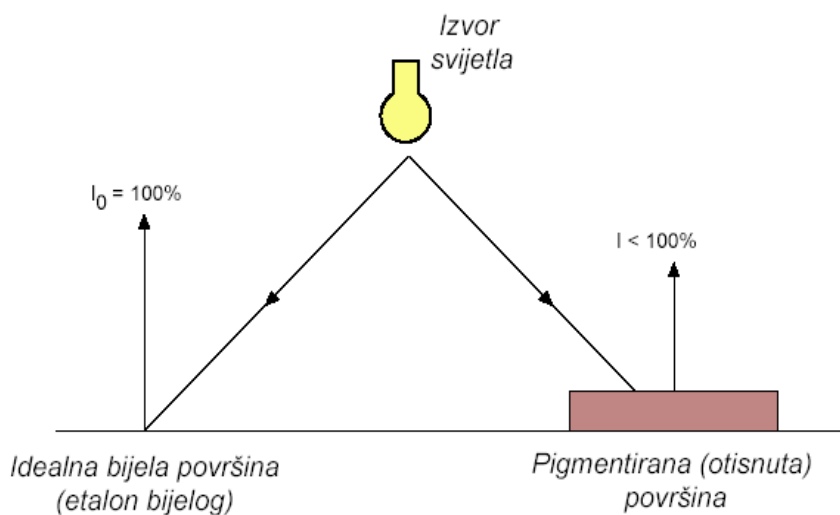
## 7. KOLORIMETRIJSKE KARAKTERISTIKE REPRODUKCIJE SLIKE

Nakon otiska reprodukcije umjetničke slike na šest različitih vrsta tiskovnih podloga pristupa se mjerenju kvalitete svake pojedine reprodukcije. Mjerenje je vršeno u laboratoriju Grafičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pomoću mjernog uređaja spektrofotometra SpectroEye X-rite.

### 7.1. Mjerni uređaj

U tiskarstvu se primjenjuju indirektno metode određivanja nanosa mjerenjem apsorbiranog svjetla sa otiska (denzitometrija) ili mjerenje vrijednost obojenja (kolorimetrija).

Denzitometar je jednostavni fotoelektrični uređaj koji mjeri reflektanciju odnosno transparentiju, s ciljem određivanja optičke gustoće koju označavamo sa  $D$ . Određivanje optičke gustoće obojenih uzoraka provodi se postupcima koji spadaju u denzitometrijske mjerne metode. Optička gustoća se izražava u obliku bezdimenzionalnih logaritamskih vrijednosti. Mjeri se u području od 0,01 do 3,5. Princip rada uređaja prikazuje slika 5.23.



Slika 5.23. Princip rada denzitometra

Spektrofotometri su mjerni uređaji koji cjelovito opisuju obojenje. Za razliku od denzitometra, spektrofotometrima određujemo: dominantne valne duljine, zasićenje i svjetlinu obojenja. Najčešće korišteni sustav opisivanja obojenja je CIE L\*a\*b\* sustav. Na temelju izmjerenih vrijednosti ova tri parametra određuju se 3D koordinate u prostoru boja. Koordinate obojenja moguće je uspoređivati s bilo kojim obojenim uzorkom (original, probni otisak, otisak iz naklade) bez obzira na tiskovne podloge, tip grafičkog bojila i tiskarskog procesa.

**SpectroEye** je ručni spektrofotometar koji osim standardnih densitometrijskih funkcija podržava i kolorimetrijske funkcije za brzo i jednostavno mjerenje i kontrolu boja. Idealan je za mjerenja u procesima gdje se osim primarnih CMYK boja upotrebljavaju i direktne (spot) boje. Uređaj je prikazan na slici 5.24.



*Slika 5.24. Uređaja za mjerenje boja SpectroEye X-rite*

**Karakteristike uređaja:**

**Menadžment potrošnje**

Tehnologija baterije	Nickel Metal Hydride
Potrošnja struje	220 - 240 V 50 - 60 Hz

**Težina i dimenzije**

Težina	990 g
visina	80 mm
širina	245 mm
dubina	83 mm

### **Tehnički detalji**

Otvor blende	3.2 - 4.5
Geometrija merenja	45°/0°
Opseg merenja	0.00 - 2.5 D
Mogućnost ponavljanja	+/- 0.01D
Slaganje uređaja	0.3 E
Vreme merenja	1.5 s
Interfejs	RS-232
Boja uređaja	Crno, Plavo
Displej	LCD
Linearnost	+/- 0.01 D

## **7.2. Cilj i plan istraživanja**

Cilj eksperimentalnog djela ovoga rada je izmjeriti CIE L\*a\*b\* vrijednosti boja, odrediti razlike za osam boja ( $\Delta E$ ) na šest različitih tiskovnih podloga (papira) u svrhu izbora najbolje tiskovne podloge za reprodukciju umjetničke slike.

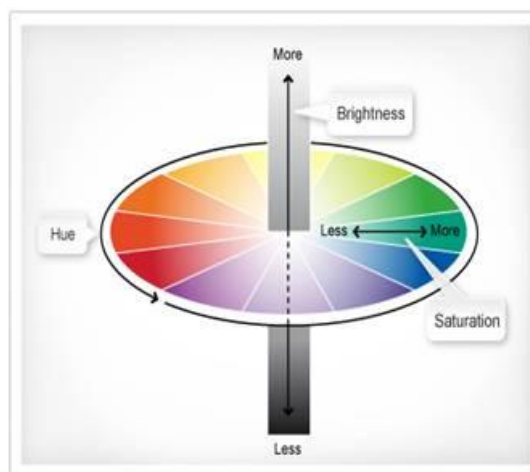
Plan realizacije cilja ostvaruje se kroz nekoliko koraka. Najprije se na unaprijed pripremljenim otiscima reprodukcije umjetničke slike s osam zadanih boja vrši mjerenje CIE L\*a\*b\* pomoću uređaja za mjerenje SpectroEye X-rite. Nakon mjerenja se upisuju izmjerene vrijednosti u pripremljenu tablicu. Temeljem vrijednosti iz tablice, a pomoću programa OrginLab daje se grafički prikaz izmjerenih vrijednosti. Za dvije odabrane, međusobno najudaljenije, točke na svakom grafikonu izračunava se razlika boja tj.  $\Delta E$  vrijednost koja omogućava komparaciju kvalitete otiska određenih boja na odrađenom papiru.

### 7.3. Rezultati mjerenja CIE L\*a\*b\* vrijednosti

Kod reprodukcije boja najteže je vjerno reproducirati boje. Cilj kod uspješne realizacije neke slike u tisku ili prijenosa slike sa jednog medija na drugi je očuvanje kvalitete i boja i tonova, i teži se optimalnom modelu koji bi to omogućio. Kako bi se neka slika vjerno reproducirala postoje sustavi boja koji to omogućavaju. Sustavi boja su definirani gamutom tj. opsegom boja kojeg mogu obuhvatiti i svaki je u nekim karakteristikama različit i time pogodniji za određene reprodukcije. Neki od tih sustava su RGB, kao sustav standardiziranih varijabilnih čimbenika u otvorenim sustavima, temelji se upravo na ideji optimalnog sustava sa najvećim gamutom. Koriste se osim toga Apple RGB, Adobe RGB, sRGB, ColorMatch RGB i niz drugih, koji su specifični po svojim karakteristikama i pogodni za različite reprodukcije boja, odnosno opisivanja značajka boja koje se pridružuju ulaznim uređajima.

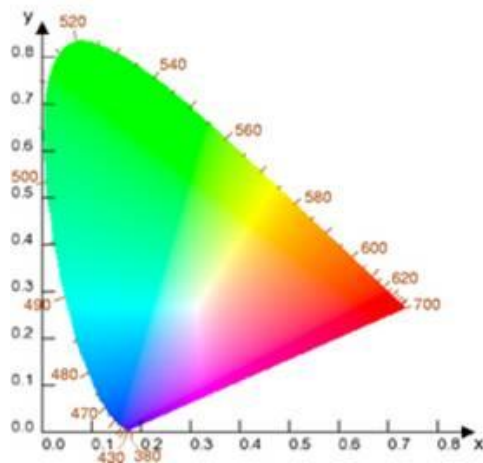
Ako se usporede različiti osjeti boje, može se zaključiti da se boje razlikuju po 3 „psihofizičke“ karakteristike, a to su:

1. ton boje, koji je određen valnom duljinom svjetla reflektiranog od objekta,
2. zasićenje boje koje pokazuje koliki je udio bijelog svjetla, tj opisuje čistoću.
3. svjetlina boje opisuje sličnost boje sa nizom akromatičnih boja, od crne, preko sivih do bijele.



Slika 5.21. CIE L\*a\*b\*

Prostori boja su trodimenzionalni modeli, uz pomoć kojih je moguće pobliže odrediti i vizualizirati sve vidljive boje i one koje se mogu koristiti u određenom reprodukcijskom sistemu. Postoji velik broj prostora boja, ali se osnovna podjela može napraviti radi li se o metodama reprodukcije boja ili na sustavima koji su bazirani na perceptivno- psihološkim mjerenjima boja koja polaze od psihofizičkih karakteristika a to su CIE prostori boja kao CIEXYZ te izvedeni prostori CIE L\*a\*b\* ili CIE L\*u\*v\*, koji su neovisni o uređaju (device independent).



*Slika 5.22. Kromatski dijagram*

### 7.3.1. Tablični prikaz rezultata

Rezultati dobiveni mjerenjem za svaku tiskovnu podlogu nalaze se u tablicama 1 do 6.

Tablica 1. CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti za reprodukciju slike na papiru Fabriano Cartacea

	Crvena	Plava	Žuta	Siva	Boja neba	Boja kože	Crna	Zelena
L	48,23	41,14	85,06	69,14	83,91	82,31	33,36	77,1
A	38,65	9,02	-4,61	1,11	-6,87	5,69	0,12	-36,19
B	20,96	-31,82	72,08	-4,24	-17,96	3,82	0,19	42,29

Tablica 2. CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti za reprodukciju slike na papiru Fabriano Artistico

	Crvena	Plava	Žuta	Siva	Boja neba	Boja kože	Crna	Zelena
L	50,3	42,88	84,03	66,98	81,37	83,06	34,79	75,77
A	33,51	8,13	-3,77	-2,12	-10,73	3,52	0,07	-36,85
B	20,1	-26,5	70,43	0,15	-13,81	9,97	1,01	41,86

Tablica 3. CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti za reprodukciju slike na ručno rađenom papiru Losin

	Crvena	Plava	Žuta	Siva	Boja neba	Boja kože	Crna	Zelena
L	48,44	40,89	84	66,3	81,33	79,85	36,38	74,09
A	35,9	7,13	-3,59	-2,08	-10,75	3,32	-0,94	-40,27
B	19,01	-28,68	70,43	0,61	-16,07	10,63	-0,62	43,35

Tablica 4. CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti za reprodukciju slike na ručno rađenom papiru

Makedonija

	Crvena	Plava	Žuta	Siva	Boja neba	Boja kože	Crna	Zelena
L	48,18	39,52	82,34	64,77	78,52	77,85	35,69	73,79
A	35,81	7,69	-4,02	0,55	-9,62	4,47	-0,69	-34,1
B	19,03	-26,62	67,45	-1,88	-13,47	9,08	-0,03	39,66



Tablica 5. CIE L\*a\*b\* vrijednosti za reprodukciju slike na ručno rađenom papiru Silberburg

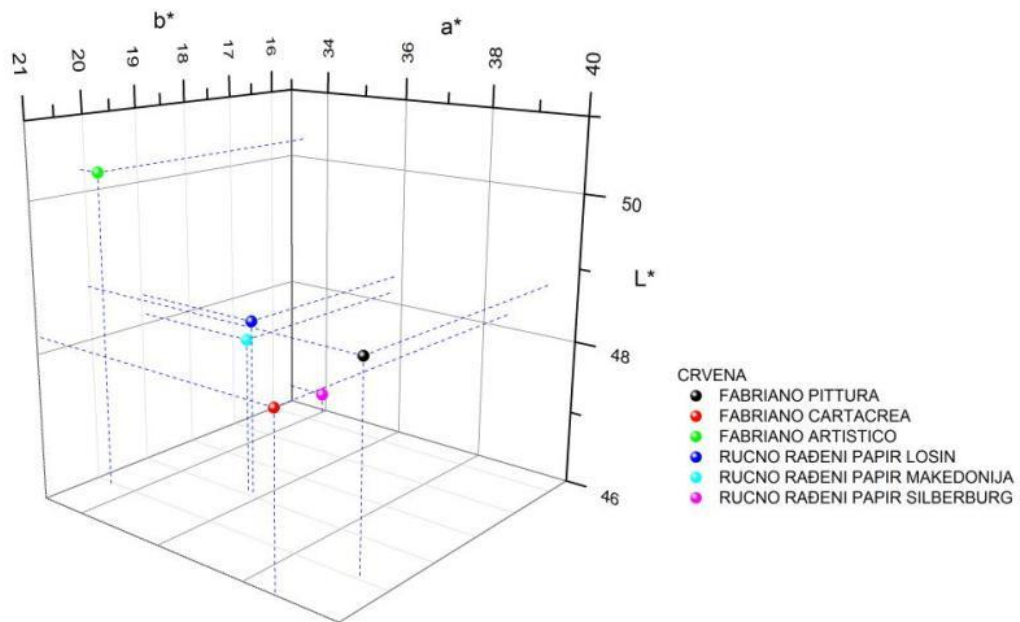
	Crvena	Plava	Žuta	Siva	Boja neba	Boja kože	Crna	Zelena
L	46,33	39,43	81,54	64,42	78,89	77,04	35,21	72,96
A	34,09	9,09	-4,78	-0,17	-6,18	5,42	-0,36	-38,87
B	15,69	-30,62	69,64	-4,78	-23,12	3,47	-2,13	40,15

Tablica 6. CIE L\*a\*b\* vrijednosti za reprodukciju slike na papiru Fabriano Pittura

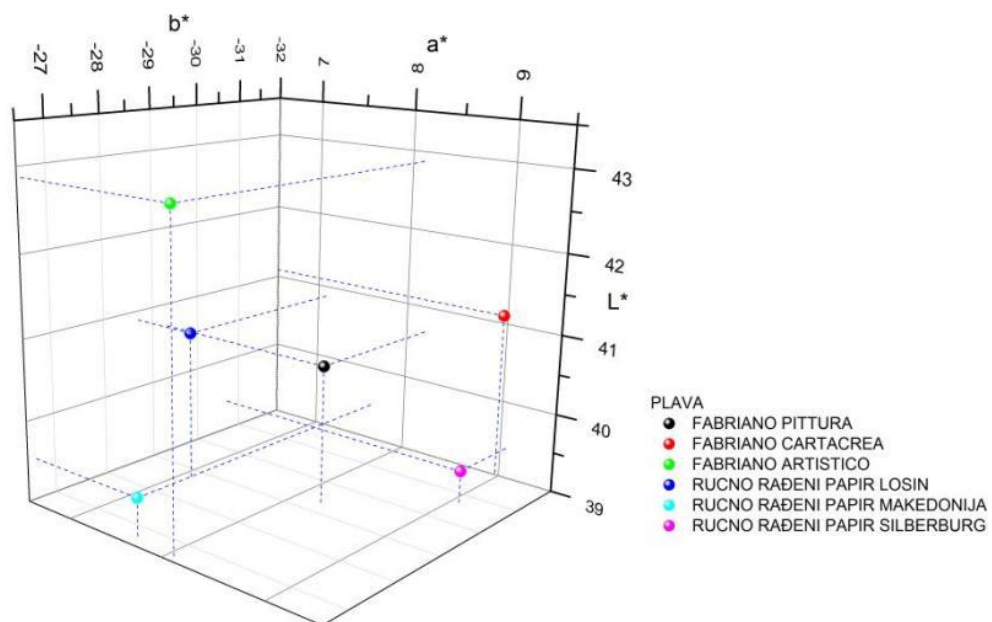
	Crvena	Plava	Žuta	Siva	Boja neba	Boja kože	Crna	Zelena
L	48,74	40,72	85,56	67,74	83,14	82,35	31,52	77,45
A	39,46	8,26	-4,05	0,25	-8,44	4,59	0,21	-38,05
B	20,05	-29,28	73,17	-2,67	-17,18	7,48	0,28	43,39

### 7.3.2. Grafički prikaz rezultata

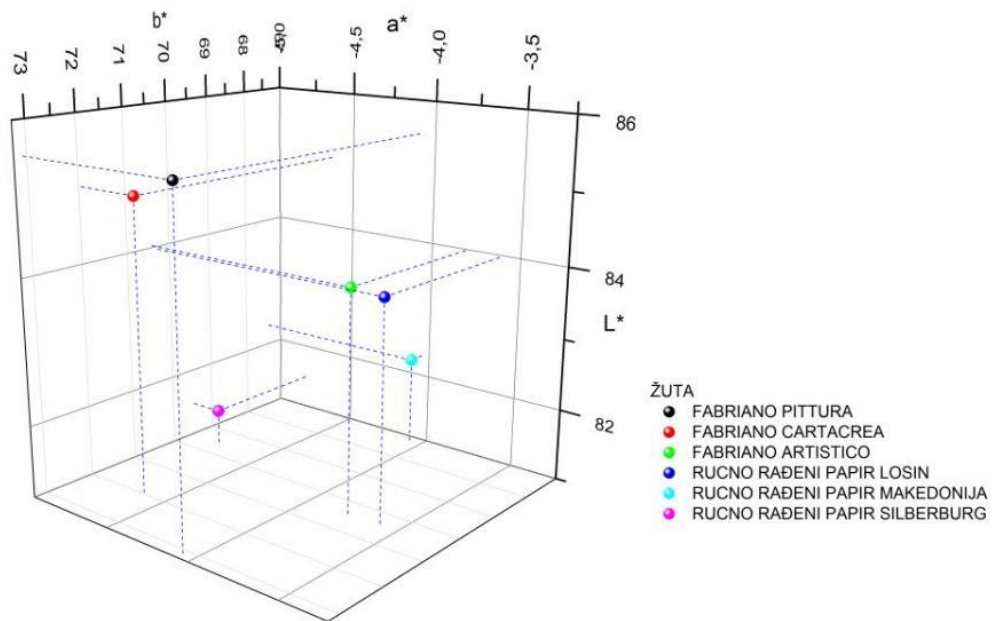
Grafički prikaz rezultata rađen je u programu OrginLab. OrginLab je softver aplikacija s alatima za analizu podataka. Ima dvije glavne kategorije funkcija: analiza podataka i grafike. Izmjerene vrijednosti CIE L\*a\*b\* određuju 3D koordinate u prostoru boja kako pokazuju grafikoni na slikama od 7.3. do 8.0. U tim grafikonima se mogu očitati koordinate obojenje za svaku zadanu boju na svakoj vrsti tiskovne podloge. Na temelju izmjerenih rezultata prikazanih u prethodnim tablicama, a pomoću spomenutog programa dobiveni su grafovi koji pokazuju za svaku vrstu tiskovne podloge određenu CIE L\*a\*b\* vrijednost svake izmjerene boje.



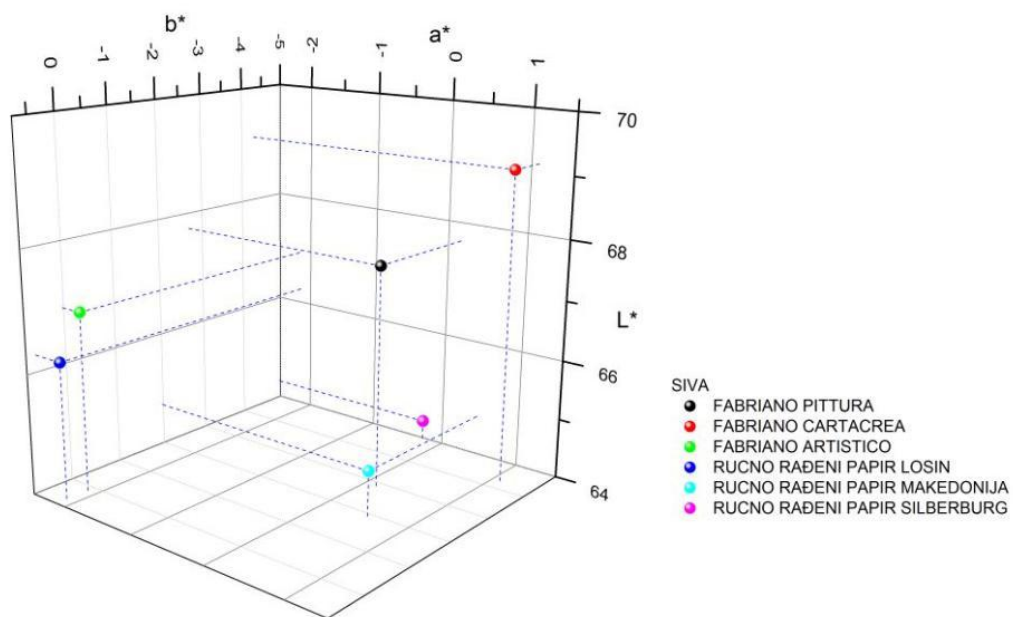
Slika 7.3. CIE  $L^*a^*b^*$  grafikon mjerenja crvene boje na različitim vrstama papira



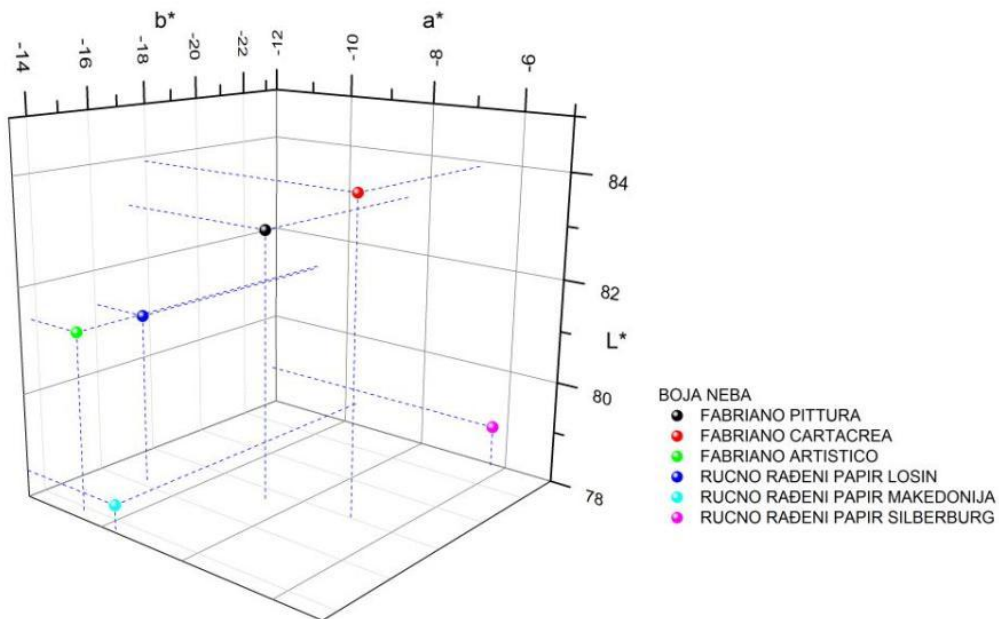
Slika 7.4. CIE  $L^*a^*b^*$  grafikon mjerenja plave boje na različitim vrstama papira



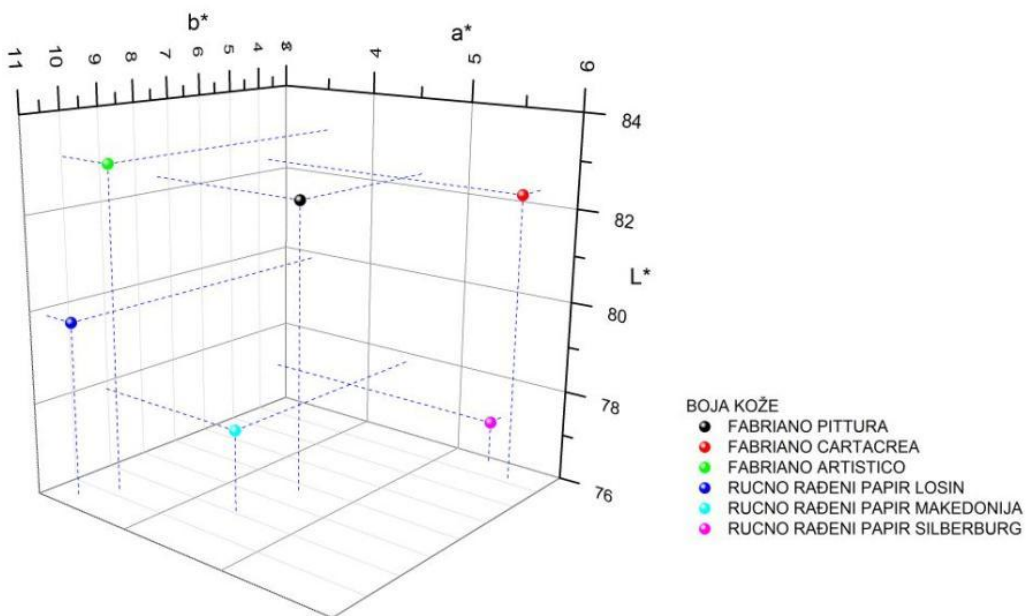
Slika 7.5. CIE  $L^*a^*b^*$  grafikon mjerenja žute boje na različitim vrstama papira



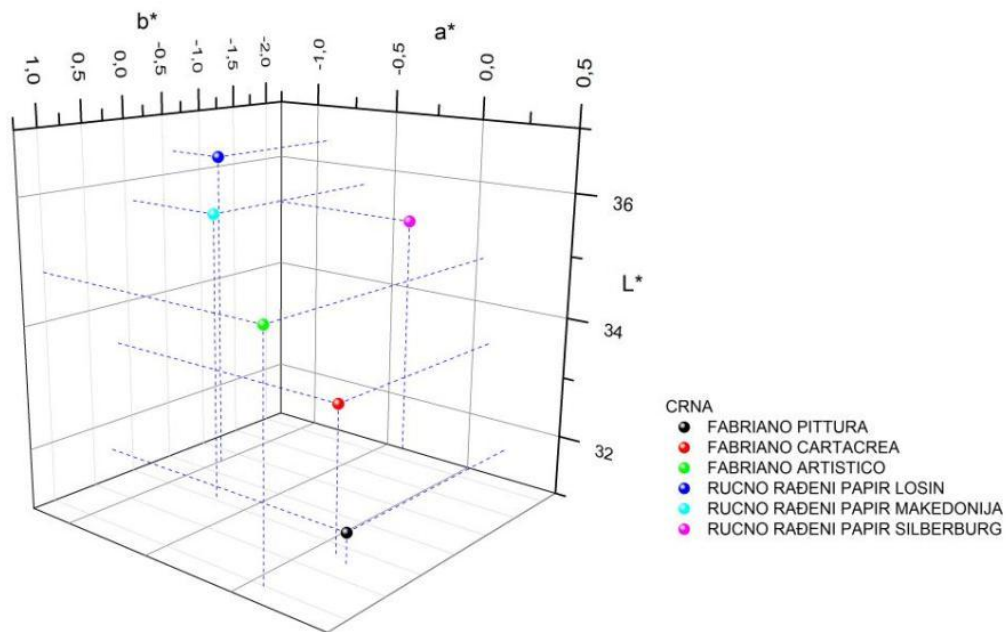
Slika 7.6. CIE  $L^*a^*b^*$  grafikon mjerenja sive boje na različitim vrstama papira



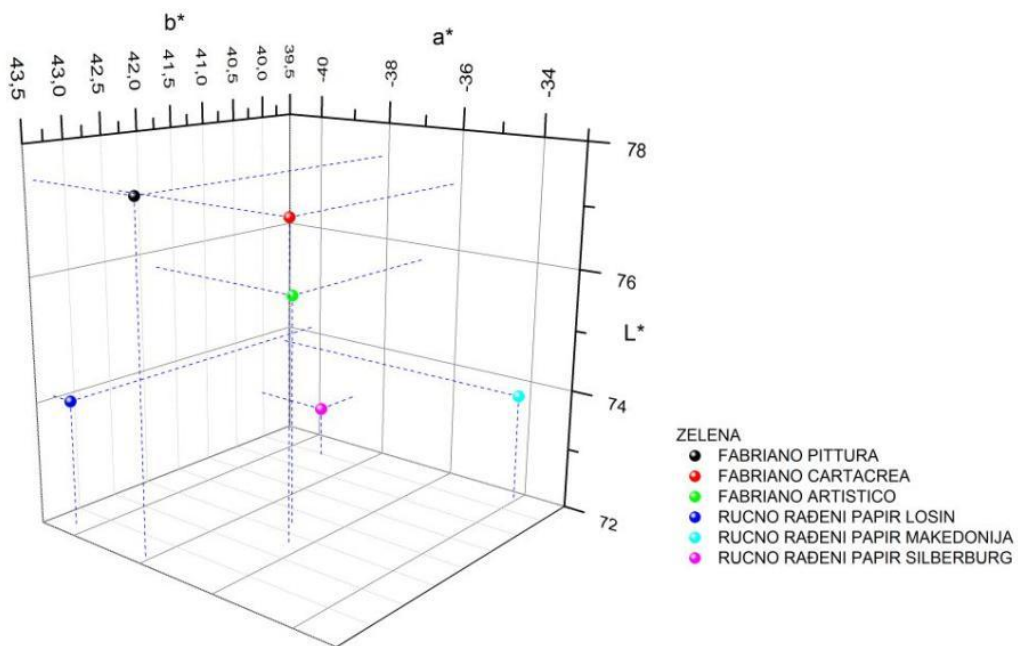
Slika 7.7. CIE L\*a\*b\* grafikon mjerenja boje “boje neba” na različitim vrstama papira



Slika 7.8. CIE L\*a\*b\* grafikon mjerenja boje “boje kože” na različitim vrstama papira



Slika 7.9. CIE  $L^*a^*b^*$  grafikon mjerenja crne boje na različitim vrstama papira



Slika 8.0. CIE  $L^*a^*b^*$  grafikon mjerenja zelene boje na različitim vrstama papira

### 7.3.3. Određivanje razlike među bojama ( $\Delta E^*$ )

EksPLICITNO određivanje vrijednosti razlike boja na različitim vrstama papira dobiveno je računskim putem pomoću formule:  $\Delta E^* = [ (L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 ]^{1/2}$  odnosno  $\Delta E^* = [ (\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 ]^{1/2}$ . Izračun razlika vršen je između međusobno najudaljenijih koordinata određenih boja kako slijedi:

a) Razlika crvene boje na papiru Fabriano Artistico i Fabriano Pittura

$$\Delta E^* = [ (50,3 - 48,74)^2 + (33,51 - 39,46)^2 + (20,1 - 20,05)^2 ]^{1/2}$$

$$\Delta E^* = 3,78$$

b) Razlika plave boje na papiru Fabriano Artistico i ručno rađenom papiru Silberburg

$$\Delta E^* = [ (42,88 - 39,43)^2 + (8,13 - 9,09)^2 + (-26,5 - (-30,62))^2 ]^{1/2}$$

$$\Delta E^* = 4,2$$

c) Razlika žute boje na papiru Fabriano Cartacea i ručno rađenom papiru Makedonija

$$\Delta E^* = [ (85,06 - 82,34)^2 + (-4,61 - (-4,02))^2 + (72,08 - 67,45)^2 ]^{1/2}$$

$$\Delta E^* = 5,2$$

d) Razlika sive boje na ručno rađenom papiru Losin i Fabriano Cartacea

$$\Delta E^* = [ (66,3 - 69,14)^2 + (-2,08 - 1,11)^2 + (0,61 - (-4,24))^2 ]^{1/2}$$

$$\Delta E^* = 5,9$$

e) Razlika boje neba na papiru Fabriano Artistico i ručno rađenom papiru Silberburg

$$\Delta E^* = [ (81,37 - 78,89)^2 + (-10,73 - (-6,18))^2 + (-13,81 - (-23,12))^2 ]^{1/2}$$

$$\Delta E^* = 10,18$$

f) Razlika boje kože na papiru Fabriano Artistico i ručno rađenom papiru Silberburg

$$\Delta E^* = [ (83,06 - 77,04)^2 + (3,52 - 5,42)^2 + (9,97 - 3,47)^2 ]^{1/2}$$

$$\Delta E^* = 4,5$$

h) Razlika crne boje na ručno rađenom papiru Losin i Fabriano Pittura

$$\Delta E^* = [ (36,38 - 31,52)^2 + (-0,94 - 0,21)^2 + (-0,62 - 0,28)^2 ]^{1/2}$$

$$\Delta E^* = 5,16$$

i) Razlika zelene boje na papiru Fabriano Pittura i ručno rađenom papiru Makedonija

$$\Delta E^* = [ (77,45-73,79)^2 + (-38,05-(-34,1))^2 + (43,39-39,66)^2 ]^{1/2}$$

$$\Delta E^* = 6,54$$

#### 7.3.4. Diskusija rezultata

Argumenti za diskusiju rezultata su izmjerene CIE L\*a\*b\* vrijednosti prikazane tablično i grafički te izračunate vrijednosti razlika boja na različitim tiskovnim podlogama.

Na grafikonu slike 7.3. mogu se očitati mjerene CIE L\*a\*b\* vrijednosti za crvenu boju otisnutu na šest različitih umjetničkih papira. Očitani podaci pokazuju da su vrijednosti veličine L\* na svim vrstama papira u rasponu od 46.33 (na ručno rađenom papiru Silberburg) do 50.3 (na papiru Fabriano Artistico), dok su vrijednosti veličine a\* u rasponu od 33.51 (na papiru Fabriano Artistico) do 39.46 (papir Fabriano Pittura), a za veličinu b\* u rasponu od 15.69 (na ručno rađenom papiru Silberburg) do 20.96 (na papiru Fabriano Cartacrea). Također se vidi da se najviše razlikuju CIE L\*a\*b\* vrijednost na papirima Fabriano Artistico i Fabriano Pittura te je vrijednost razlike boja 3,78 što označava srednju razliku. Na ostalim papirima razlike su manje pa su ti papiri prihvatljiviji za otisak crvene boje.

CIE L\*a\*b\* vrijednosti za plavu boju prikazane u grafikonu na slici 7.4. pokazuju da se najviše razlikuje na papiru Fabriano Artistico i ručno rađenom papiru Silberburg.

Vrijednost  $\Delta E$  iznosi 4,2 i također pokazuje srednju razliku.

Za žutu boju su CIE L\*a\*b\* vrijednosti prikazane na slici 7.5. i vide se najmanje razlike u veličini a\* po crveno-zelenoj osi koja je na svih šest vrsta papira u rasponu od -3.59 do -4.78, dok značajniju razliku među papirima čine vrijednosti veličine b\* po plavo-žutoj osi kao i svjetlina. Razlika boja između papira Fabriano Cartacrea i ručno rađenog papira Makedonija iznosi  $\Delta E$  5,2 što govori o velikoj razlici.

Siva boja otisnuta na različitim vrstama papira pokazuje CIE L\*a\*b\* vrijednosti kako se vidi na slici 7.6. Tu je uočljivo da su razlike svih vrijednosti među papirima značajne, a najviše se izdvajaju na ručno rađenom papiru Losin i Fabriano Cartacrea gdje je vrijednost razlike boja  $\Delta E$  5,9. Zbog toga ti papiri nisu podobni za otisak sive boje.

Boja neba se na različitim vrstama papira odražava kako pokazuju CIE L\*a\*b\* vrijednosti na slici 7.7. Iz grafikona na slici se vidi da se boja najviše razlikuje po plavo-žutoj osi tj. vrijednosti veličine b\*. Razlika boja je najveća između papira Fabriano Artistico i ručno rađenog papira Silberburg te iznosi 10,18 što predstavlja vrlo veliku razliku.

Na slici 7.8. grafikon prikazuje CIE L\*a\*b\* vrijednosti za boju kože. Vidljivo je da se boje na različitim vrstama papira najmanje razlikuju po vrijednosti a\* koja je u rasponu od 3.32 do 5.69 dok na temelju vrijednosti L\* i b\* dolazi do značajnijih razlika među papirima. Na temelju tih vrijednosti najveća razlika u boji koja iznosi 4,5 je između papira Fabriano Artistico i ručno rađenog papira Silberburg što ih čini nepodobnim za otisak ove boje.

Crna boja se na različitim vrstama papira vrlo malo razlikuje po vrijednostima a\* i b\* koje iznose od oko -1 do 1, a vrijednost veličine L\* je od 31,52 (za papir Fabriano Pittura) do 36.38 (za ručno rađeni papir Losin). Ručno rađeni papir Losin i papir Fabriano Pittura se ujedno značajnije razlikuju od drugih kako pokazuje slika 7.9. Vrijednost razlike boja iznosi 5,16.

Na grafikonu slike 8.0. se vide izmjerene veličine CIE L\*a\*b\* vrijednosti za zelenu boju na svih šest vrsta papira. Vrlo je mala razlika u vrijednostima A i B pa se papiri međusobno razlikuju prvenstveno po vrijednosti svijetline koja je najniža na ručno rađenom papiru Silberburg gdje iznosi 72.96, a najviša na papiru Fabriano Pittura s iznosom 77.45. Ukupna vrijednost razlike boja iznosi 6,54 pa papiri Fabriano Pittura i ručno rađeni papir Makedonija nisu podobni za otisak ove boje.



Odstupanje određene boje na različitim vrstama papira je različito pa je izbor tiskovne podloge potrebno podrediti zahtjevima boja na originalu. To znači da u reprodukciji umjetničke slike „Sveti Vid“ autora Željka Prsteca treba poštivati zahtjev najmanjeg odstupanja u nijansama plave. U tom smislu izbor papira treba učiniti između Fabriano Cartcrea, ručno rađenog papira Losin i papira Fabriano Pittura.

## 8. ZAKLJUČAK

Reprodukcija grafičkih informacija ima sve veći značaj u suvremenom načinu života. Proces reproduciranja kontinuirano evoluira i postavlja nove zahtjeve uvjetovane razinom tehnoloških dostignuća i potrebama korisnika.

Grafička reprodukcija umjetničkih slika je osobito zahtjevna i složena te nadilazi mogućnosti klasičnih tehnologija. Suvremena umjetnost se sve više koristi mogućnostima reproduciranja pomoću računala. Digitalna reprodukcija ima mnogobrojne prednosti, ali i ograničenja koja proizlaze iz obilježja pojedinih sastavnica cjelokupnog procesa.

Reprodukcijским procesom se mora osigurati mjerljiva kvaliteta grafičkog proizvoda. Mjerenjem se prvenstveno određuju kolorimetrijske karakteristike ulaznih i izlaznih jedinica. Kolorimetrijske karakteristike najviše ovise o boji i tiskovnoj podlozi. Zbog toga u grafici dobivenoj pomoću računala osobitu važnost imaju ink-jet pisači i boje kojima se koriste te izbor tiskovne podloge.

Na temelju istraživanja provedenog tijekom izrade reprodukcije originala umjetničke slike „Sveti Vid“ slikara Željka Prsteca i mjerenja kolorimetrijskih karakteristika otisaka na šest različitih vrsta papira može se zaključiti da je za točnu reprodukciju pomoću računala najprije potrebno fotoaparatom vjerodostojno snimiti sliku, a potom pomoću računala izvršiti obradu fotografije i pripremiti za ispis. Otisnuta grafika pomoću ink-jet pisača na različitim tiskovnim podlogama imala je vidno različite kolorimetrijske karakteristike. Mjerne vrijednosti tih karakteristika utvrđene pomoću denzometra izražene LAB vrijednostima pokazuju da određene boje na različitim tiskovnim podlogama imaju različitu razinu odstupanja. Najveće je odstupanje za boju neba s vrijednosti 10,18 i to između papira Fabriano Artistico i ručno rađenog papira Silberburg, a najmanje odstupanje je za crvenu boju.

Za reprodukciju umjetničke slike „Sveti Vid“ na kojoj prevladavaju nijanse plave boje najbolji izbor je papir na kojem je najmanje odstupanje plave boje i boje neba. Slijedom toga, najbolja je reprodukcija na papiru Fabriano Pittura koji je i svojom teksturom sličan platnu na kojem je izrađen original.

## 9. POPIS LITERATURE

1. Helmut Kipphan; Handbook of Print Media, Technologies and Production Methods, Heidelberg, Njemačka, 2001. [1]
2. Osnove grafičkih materijala i tehnika, Tomislav Kosić, 2008. [2]
3. Psihologija boja, Igor Zjakić / Marin Miković [7]
4. Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska , Igor Zjakić
5. <http://hr.wikipedia.org/wiki/Papir> [3]
6. <http://www.ic.ims.hr/autocad/dimenzije-papira.html> [4]
7. <http://www.studij dizajna.com/tkoscic/boje.pdf> [5]
8. <http://en.wikipedia.org/wiki/Boja> [6]
9. [http://www.alu.unizg.hr/dokumenti/PDF/Lejla\\_MICH/digitalni.pdf%20,%20prof%20Leila%20Mishieli%20Vojvoda%3b%20%E2%80%9EDigitalni%20ispis,%20novi%20likovni%20mediji,%20mogu%20C4%87e%20kombinacije%20s%20drugim%20Oslikarskim%20tehnikama%E2%80%9C%3b%20Zagreb%202008.](http://www.alu.unizg.hr/dokumenti/PDF/Lejla_MICH/digitalni.pdf%20,%20prof%20Leila%20Mishieli%20Vojvoda%3b%20%E2%80%9EDigitalni%20ispis,%20novi%20likovni%20mediji,%20mogu%20C4%87e%20kombinacije%20s%20drugim%20Oslikarskim%20tehnikama%E2%80%9C%3b%20Zagreb%202008.) [8]
10. <http://www.epson.co.uk/Printers-and-All-In-Ones/Inkjet/Epson-Stylus-Photo-2100> [9]
11. [http://hr.wikipedia.org/wiki/Poreme%C4%87aji\\_kolornog\\_vida](http://hr.wikipedia.org/wiki/Poreme%C4%87aji_kolornog_vida) [10]
12. <http://www.tiskarstvo.net/tiskarstvo2011/clanciWeb/Agic/DarkoAgicUsporedbaRGB.html>[11]
13. <http://www.ziljak.hr/tiskarstvo/tiskarstvo08.html> [13]
14. Kolorimetrija i multimedija dr.sc.Marin Milković, dipl.ing. ppt [12]

## **10. PRILOZI**

PRILOG 1. Reprodukcija slike na ručno rađenom papiru - Silberburg, 110 g/m<sup>2</sup>

PRILOG 2. Reprodukcija slike na ručno rađenom papiru– Makedonija, 170 g/m<sup>2</sup>

PRILOG 3. Reprodukcija slike na papiru Artistico, 300 g/m<sup>2</sup>

PRILOG 4. Reprodukcija slike na papiru Cartacrea, 220 g/m<sup>2</sup>

PRILOG 5. Reprodukcija slike na papiru Fabriano Pittura, 400g/m<sup>2</sup>

PRILOG 6. Reprodukcija slike na ručno rađenom papiru – Losin, 250 g/m<sup>2</sup>