

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET

STANKO EŠKINJA

SVJETLOSNA POSTOJANOST
ČETVEROBOJNIH I ŠESTEROBOJNIH HP
INDIGO OTISAKA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2013.



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

STANKO EŠKINJA

SVJETLOSNA POSTOJANOST
ČETVEROBOJNIH I ŠESTEROBOJNIH HP
INDGIO OTISAKA

DIPLOMSKI RAD

Mentor:
doc.dr.sc. Igor Majnarić

Student:
Stanko Eškinja

Zagreb, 2013.

SAŽETAK

Kako bi reprodukcija imala vrhunsku kvalitetu uz standardna CMYK bojila otiskujemo i specijalna bojila, koja će povećati kvalitetu reprodukcije. Jedna od digitalnih tehnika tiska koja to može postići je elektrofotografija s tekućim tonerom. Specijalne boje koje se najčešće dodaju su narančasta i ljubičasta (IndiChrome tisak) jer je njihova reprodukcija najlošija iz CMYK bojila. Ovim radom pokazat ćemo kako ultraljubičasto elektromagnetsko zračenje utječe na postojanost otiska odnosno gamuta. Osmišljena je tako studija će se isti otisak stariti u vremenskim intervalima od 6, 12, 24, 48, 96, 160 i 244 sata. Nastale kolorne promjene detektirati će se kolorimetrskim mjerenjem. Na kvalitetu reprodukcije utječe i podloga. Zbog toga su korištene i dvije karakteristične tiskovne podloge: papir za umjetnički tisak Magno star Gloss i naravni (ofsetni) papir Maxio set. U kolorimetrijskim mjerenjima vidljivo je da će se u duljim vremenskim intervalima postepeno gubiti kolorna svojstva, tiskovna podloga utječe na kvalitetu reprodukcije tj. Papiri za ofsetni tisak brže će se degradirati. Za analizirane tonove one nisu jednake. Tako se najviše mijenja puni ton ljubičastog bojila ($\Delta E_{100\%}=21,58$) dok se najmanje mijenja puni ton cijan bojila ($\Delta E_{100\%}=1,85$). Rastrirani tonovi se slično ponašaju te najbolji rezultat od svih rastiranih tonova ima 80% RTV cijan ($\Delta E_{80\%}=2,25$), a najgori 80% RTV ljubičasta ($\Delta E_{80\%}=24,30$).

KLJUČNE RIJEČI

Šesterobojno otiskivanje, Elektrofotografija, Ubrzano starenje, Elektroink bojilo

ABSTRACT

For reproduction to have high quality it is necessary to add special printing colours to standard CMYK colours. One of digital printing techniques which can achieve high level of precision is electrophotography with liquid toner. Special colours which are usually added are orange and violet (IndiChrome print), because their reproduction is the worst from standard CMYK colours. The study shows how ultraviolet radiation (UV) effects on constancy of colour gamut. It will be conceived as accelerated ageing same print in time intervals of 6, 12, 24, 48, 96, 160 and 244 hour. The resulting colour changes are detected using a colorimetric measurement. Reproduction quality is also affected by printing substrate. For this reason are used two typical printing substrates: fine art paper Gloss Mango star and natural (offset) paper Maxio set. In colorimetric measurements is palpable that longer intervals of ageing prints will lose their properties. For the analysed tones they are not equal. Thus, the most varied full tone is purple dye $\Delta E_{100\%} = 21.58$ while the least changing full tone is cyan ($\Delta E_{100\%} = 1.85$). Screened tones behave similarly, and the best result of all screened tones has 80% tone value cyan ($\Delta E_{80\%} = 2.25$), and the worst 80% tone value purple containing ($\Delta E_{80\%} = 24.30$).

KEY WORDS

Six-colour printing, Electrophotography, Accelerated ageing, Electroink

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. Elektrofotografija	2
2.1.1. Indirektno formiranje otisaka u elektrofotografiji	6
2.2. Tisak visoke vjernosti.....	18
2.2.1 Vizualni doživljaj reprodukcije	20
2.2.2 Modeli tiska visoke vjernosti.....	24
2.2.3. Hp IndiChrome tisak	29
2.2.4. CIE Lab sustav i definicija razlike u obojenju (ΔE).....	31
2.3. Ubrzano starenje elektromagnetnim zračenjem	37
2.4.1 Usporedba prirodnog i ubrzanog starenja.....	40
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	47
3.1. Metode korištene za izradu diplomskog rada	47
3.2. Korišteni uređaji i materijali.....	49
4. REZULTATI I RASPRAVA	54
5. ZAKLJUČAK	85
6. LITERATURA.....	87
7. POPIS SLIKA, TABLICA I FORMULA	89
8. PRILOZI.....	92

POPIS KRATICA

RTV – rastertonska vrijednost

RIP – Raster Image Processor (Sistem za pretvaranje višetonske slike u jednotonsku)

PPI – Pixels Per Inch (Piksel po inču)

DPI – Dots Per Inch (Točaka po inču)

RGB – Red, Green, Blue (boje aditivne sinteze)

CMYK – Cyan, Magenta, Yellow, Key – Black (boje suptraktivne sinteze)

UCR - Under Colour Removal (smanjenje udjela šarenih boja)

GCR - Grey Component Reduction (smanjenje udjela sive)

CIE - Commission Internationale de l'Éclairage (međunarodna komisija za boje)

CIELAB – sustav opisivanja boja

Hi-Fi – High Fidelity (visoko vjeran)

Lc, Lm, Ly, Lk – Light cyan, magenta, yellow, key – black (svijetle boje suptraktivne sinteze)

BID – Binary Ink Developer (odvojeno razvijanje boje)

PIP – Photo Image Plate (tip fotoreceptora)

ΔE – razlika u obojenju

ΔL – razlika u svjetlini

ΔC – razlika u kromatičnosti

ΔH – razlika u tonu

UV – ultraljubičasto područje elektromagnetskog zračenja

CTL- Charge transportation layer (sloj za prenošenje naboja)

CGL- Charge generation layer (sloj za generiranje naboja)

1.UVOD

U posljednje vrijeme tehnike digitalnog tisaka su u sve većoj primjeni. Razlog tomu je njihova pogodnost izrade malih i personaliziranih serija. Osim toga moguć je i tisak na zahtjev. Ako se tomu doda in-line lakiranje i Hi-Fi tisak, moguće je dobiti visoko kvalitetne personalizirane proizvode. Otiskivanje CMYK-a s dodatnim bojama povećati ćemo raspon obojenja i mogućnosti prikazivanja većeg broja tonova i nijansi, čime će se lakše privući potencijalni kupci. U tehnici elektrografije otiskivanjem narančaste i ljubičaste stvorit ćemo dodatnu vrijednost otisaka.

Cilj ovog diplomskog rada uvidjeti je dali dodavanjem specijalnih bojila, omogućujemo i veću postojanost takvih otisaka, odnosno koliko će otisak sa dodatnim bojilima zadržati svoja početna svojstva (izvorni gamut).

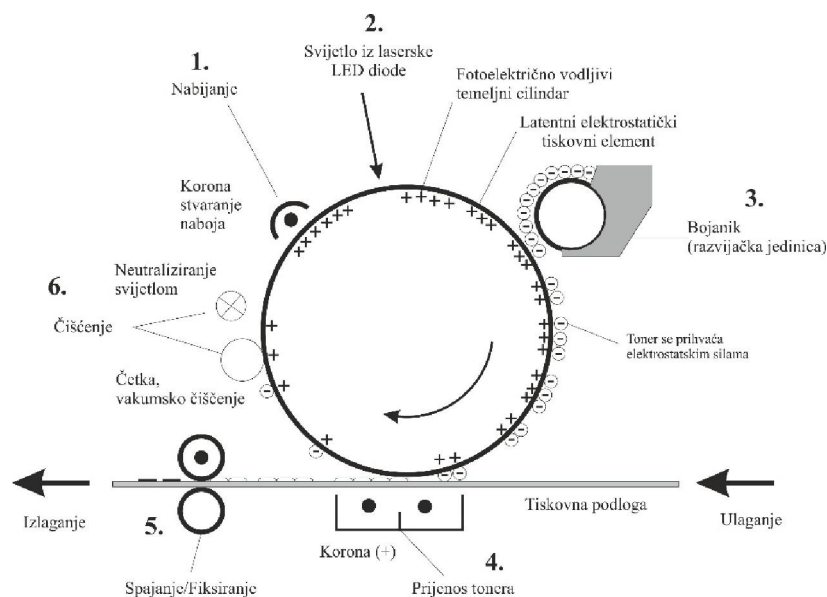
Hi-Fi tisak istinski se počeo primjenjivati sa pojavom digitalnih tehnika tiska. Razlog tome je jednostavna konstrukcija strojeva. Međutim novi tipovi bojila za digitalni tisak imaju različite kemijske sastave. Samim time važno je odrediti stabilnost pojedinih pigmenata kako bi se osigurala i dugotrajnija upotreba (bez kolornih promjena). Jedna od pogodnih metoda ispitivanja postojanosti je izlaganje otisaka UV svjetlu. Pritom će doći do ubrzanog procesa starenja papira i boje odnosno simulacija prirodnog starenja. Na takav način će se lakše moći odrediti koje boje se trebaju izbjegavati za dugotrajniju upotrebu kako bi se osigurala dobra postojanost pravilnim izborom tonova uz što moguću nižu cijenu otiska.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Elektrofotografija

Elektrofotografija je tehnika digitalnog tiska koja je bazirana na fotoelektričnom efektu koji se provodi na fotokonduktoru. On će nastati uslijed osvjtljavanja poluvodičkih površina, prilikom čega dolazi do oslobađanja elektrona što dovodi do promjene potencijala. Na fotokonduktoru se formira virtualna tiskovna forma koja se nakon svakog otiskivanja nanovo izrađuje. Tako tiskovna forma sadrži tiskovne elemente i slobodne površine koje se razlikuju samo u energetske potencijalima gdje su pozitivnije nabijeni tiskovni elementi te negativnije nabijene slobodne površine. Nanosom negativnog nabijenog tonera na tiskovne elemente, tiskovna forma postati će vidljiva i pogodna za otiskivanje. Ova tehnologija je tipični predstavnik „Computer To Print“ tehnologije koju karakterizira vrlo mala sila pritiska u zoni dodira između tiskovne podloge i tiskovne forme (NIP=Non-Impact Printing). Elektrofotografija je najraširenija NIP tehnika tiska te se uglavnom koristi za uredsko poslovanje.

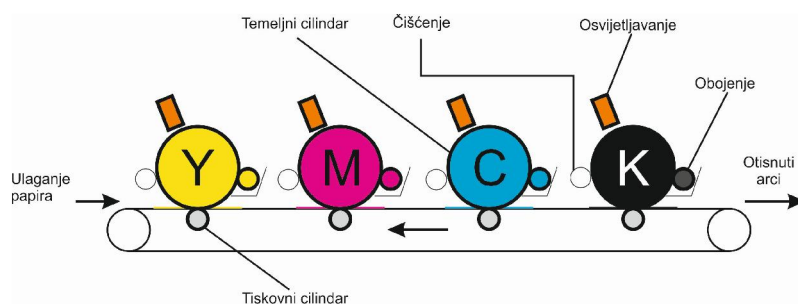
Teoretski gledano elektrofotografski proces se provodi u 6 faza. To su nabijanje tiskovne forme (korona nabija fotokonduktor te stvara slobodne površine), osvjtljavanje tiskovne forme (svijetlo iz laserske LED diode osvjetljava fotokonduktor izbijajući naboj te stvara tiskovne površine), obojenje tiskovne površine tonerom (bojanik nanosi nabijeni toner te ga prenosi na fotokonduktor), prenošenje tonera na tiskovnu podlogu (dolazi do dodira tiskovne forme sa tiskovnom podlogom pri čemu dolazi do prijenosa bojila na podlogu), fiksiranje tonera na tiskovnoj podlozi (zagrijanim valjcima se fiksira bojilo na tiskovnu podlogu), Čišćenje tiskovne forme od ostatka tonera (preostali toner na tiskovnoj formi se skida četkama te se neutralizira svjetlom). Bojila u elektrofotografiji najčešće su praškasti toneri (90%). Međutim u posljednje vrijeme zamjećuje se pojava tekućih elektrofotografskih tonera. Najvažniji predstavnik elektrofotografije s tekućim tonerom je HP INDIGO čiji se princip otiskivanja još naziva Digital Colour Offset.



Slika 1. Osnovni princip elektrofotografije

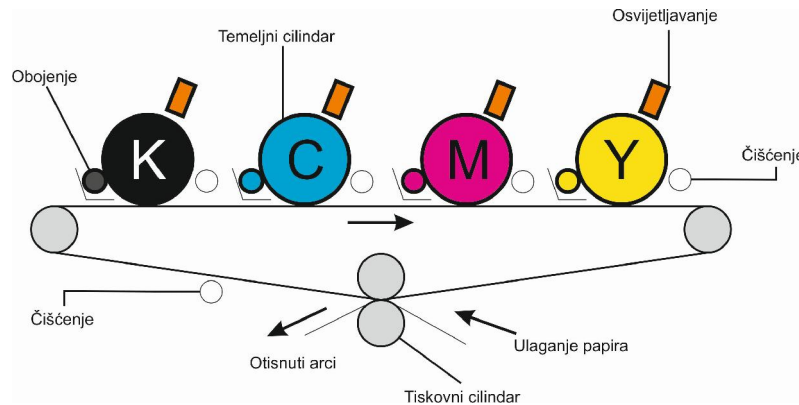
Konstrukcija elektrofotografskih strojeva

Konstrukcije elektrofotografskih strojeva može biti različita. U grubo ju možemo podijeliti na: jednoprolazne, višeprolazne, direktne i indirektne. Jednoprolazni višebojni elektrofotografski strojevi (slika 2.) jednostavne su konstrukcijske građe. Takav sustav sadrži 4 temeljna i 4 tiskovna cilindra u rasporedu YMCK. Tiskarske jedinice odvojeno nanose bojilo koje se direktno u jednom prolasku otiskuje na tiskovnu podlogu (direktno otiskivanje)[5].



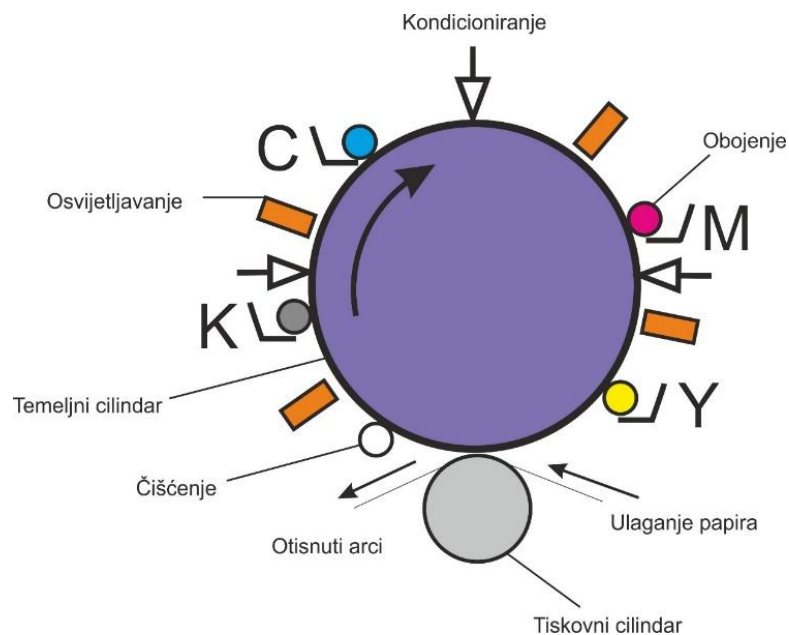
Slika 2. Dizajn jednoprolaznih višebojnih elektrofotografskih strojeva s direktnim načinom otiskivanja (I. Majnarić, Studija indirektno elektrofotografije, doktorska disertacija, 2007, str. 55.)

Indirektni jednoprolazni elektrofotografski strojevi imaju konstrukciju je vrlo sličnu direktnim elektrofotografskim strojevima. Razlika se očituje u dodatnom prijenosnom remenu koji se nalazi između 4 temeljna cilindra i jednog tiskovnog cilindra (slika 3.). Na prijenosnom remenu se vrši nanos svih kolornih separacija (YMCK) koje se odjednom otiskuju na tiskovnu podlogu[5].



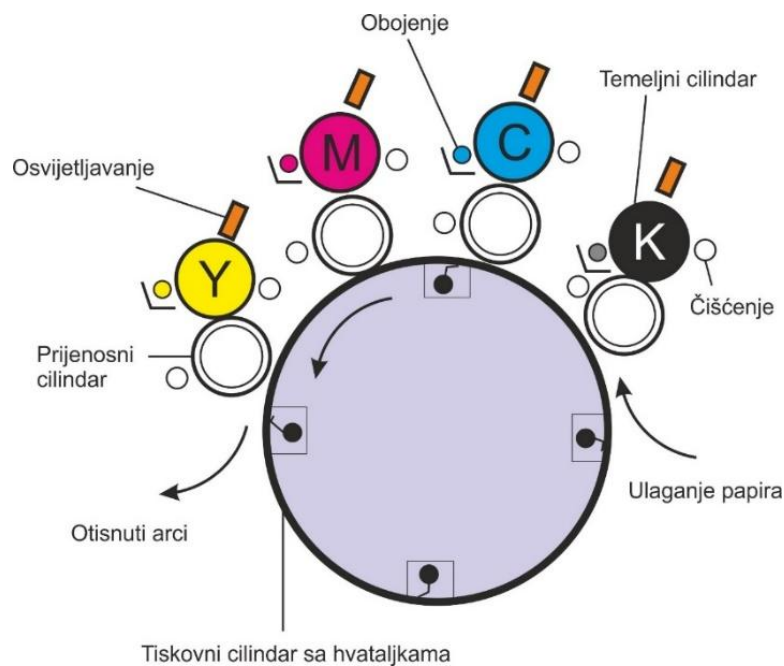
Slika 3. Dizajn jednoprolaznih višebojnih elektrofotografskih strojeva s indirektnim načinom otiskivanja(I. Majnarić, Studija indirektnne elektrofotografije, doktorska disertacija, 2007., str 56.)

Jednoprolazni satelitski višebojni direktni sistemi su nešto brži od višeprolaznih sistema. Satelitski jednoprolazni sistemi posjeduju jedan veliki temeljni cilindar i oko njega su poredane jedinice za nanos bojila, uređaji za osvjetljavanje, kondicioniranje i čišćenje. Na temeljni cilindar se vrši nanašanje bojila počevši od žute, magente, cijana do posljednje crne. Između svakog procesa nanašanja bojila, izvodi se novo kondicioniranje koje je nužno za sljedeću fazu nanašanja sljedećeg bojila. Na kraju otisak nastaje samo sa jednim prolazom (kontaktom) papira između temeljnog i tiskovnog cilindra (slika 4.) [5].



Slika 4. Satelitski direktni, jednoprolazni, višebojni sistem (I. Majnarić, Studija indirektno elektrofotografije, doktorska disertacija, 2007., str 56.)

U odnosu na jednoprolazne indirektni višeprolazni satelitski sistemi posjeduju 4 puta veće tiskovne cilindre. Kako ne bi došlo do pomicanja u registru takav tiskovni cilindar posjeduje 4 hvataljke, koje za vrijeme otiskivanja drže tiskovnu podlogu. Ovakva konstrukcija stroja zahtjeva još 4 prijenosna cilindra koja su smještena između 4 temeljna i 1 tiskovnog cilindra. Njihova je funkcija prenošenje bojila s fotokonduktora na tiskovnu podlogu (slika 5.)[5]. Moderni višeprolazni indirektni satelitski sistemi više ne primjenjuju takvu konstrukciju. Dimenzije tiskovnih cilindra se smanjuju na dimenzije prijenosnih cilindra. Kako bi takav sistem napravio otisak, on će morati izvršiti 4 rotacijska ciklusa (po svakoj separaciji jedna rotacija) kako bi se formirao otisak. To su sistemi manjih dimenzija većih funkcionalnosti i manjih cijena proizvoda [5].



Slika 5. Satelitski indirektni, višeprolazni, višebojni sistem (I. Majnarić, Studija indirektno elektrografije, doktorska disertacija, 2007., str 57.)

2.1.1. Indirektno formiranje otisaka u elektrografiji

Tri su bitna patenta zaslužna za razvoj indirektnog elektrografskog otiskivanja s tekućim tonerom. To su: PIP (Photo Image Plate), ofsetna gumena navlaka i elektroink bojilo. Osnovna čitavog sistema je temeljni cilindar na kojem se nalazi PIP. PIP je elektrografski tiskovna forma ma kojoj se formiraju tiskovni elementi i slobodne površine. Fotokonduktor je sastavljen od podloge (alumijski sloj), sloja s stvorenim nabojem (CGL, obično veličine 2 μm), sloja za transport naboja (CTL, obično 25 μm) i površinskog zaštitnog sloja. CGL je poluvodič koji će na svjetlu biti vodič dok u tami izolator. Prilikom njegovog osvjetljavanja sa IR svjetlom dolazi do nastanka virtualne tiskovne forme, gdje su tiskovni elementi osvjetljeni dijelovi, a slobodne površine ne osvjetljeni dijelovi PIP-a. PIP se prije osvjetljavanja nabija svaki put, tj. bezobzira na motiv stvara nova tiskovna forma. Svako ponovno osvjetljavanje omogućuje izmjenu sadržaja, odnosno omogućuje unikatnost svake stranice (bez razlike u cijeni otiska).



Slika 6. Fotoreceptor kod HP Indiga

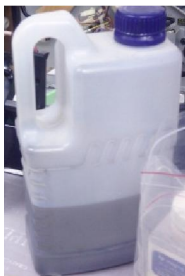
Elektroink bojilo

Elektroink bojilo je jedno specijalno tekuće bojilo koje se priprema neposredno prije tiska. ElectroInk je emulzija koja sadrži 3 osnovne komponente: monomernu pigmentnu pastu (oko 5%), mineralno lako hlapivo ulje ISOPAR (oko 94%) i agense za povećavanje električne provodljivosti (oko 1%).

Pigment je istog kemijskog sastava kao i u konvencionalnom ofsetnom tisku. ElektroInk ima vrlo malene nositelje obojenja (pigment zvjezdastog oblika veličine 1-2 μm). Tako male pigmentne čestice bojila omogućuju veću rezoluciju, veći sjaj, oštrije rubove i male nanose bojila, te bolje prihvaćanje bojila. Njezin udio iznosi između 10% (crno bojilo) i 30% (žuto bojilo).



slika 7. Kartuša u kojoj je pakiran pigment



Slikovno ulje je jedan tekući nosioc koji je po kemijskom sastavu Isopar (specijalna frakcija petrolejskog špirita). Bojilo ga sadrži od 70% do 90%, a služi za prenašanje pigmentnih čestica tijekom procesa tiska. Temperatura hlapljenja je vrlo niska te iznosi 50 °C

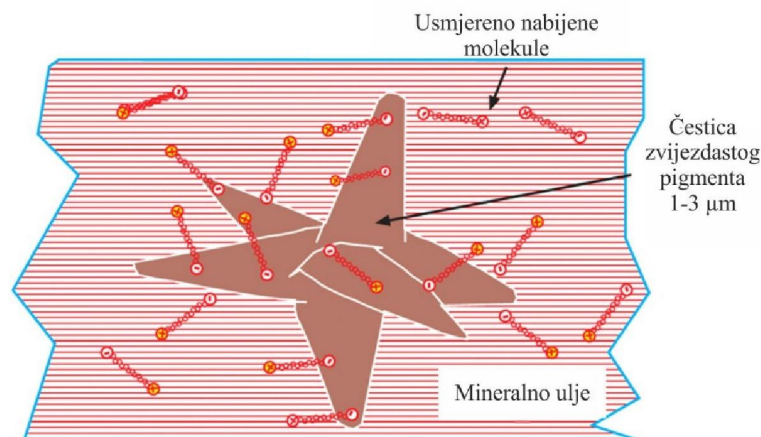
Slika 8. Tekuća komponenta u elektroink bojilu (slikovno ulje)

Image Agent je jedan specijalni dodatak koji se dodaje na kapaljku. Njegovim dodavanjem omogućuje se povećanje električne provodljivosti (pojačava negativan naboj u bojilu). Na zvjezdasti pigment svojom negativnom stranom se hvataju izrazito polarne molekule agensi (slika 10.) samim time bojilo postaje bolje pokretljivo što omogućuje i bolje prihvaćanje za tiskovne elemente. Jednolično raspršeni agensi za povećanje električne provodljivosti zasluženi su za usmjereno kretanje ElektroInk bojila. Pigmentna čestica sa agensom je sposobna za usmjereno kretanje u smjeru pozitivnijeg, ali još uvijek negativno elektrostatičkog polja.



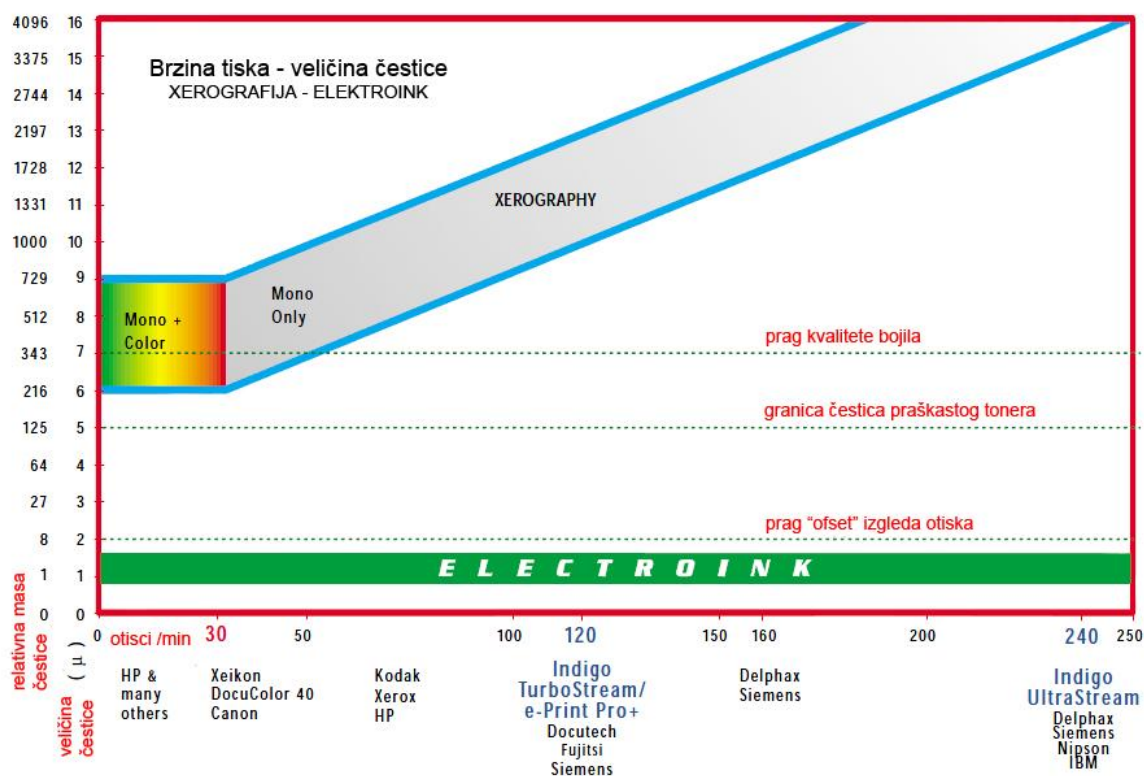
Slika 9. Image Agent = komponenta za povećanje električne provodljivosti

Odlika ElectroInk bojila je niski dinamički koeficijent viskoznosti (μ) koji u početnoj fazi otiskivanja iznosi 15 mPa•s, da bi se u završnoj fazi povećalo na 70 Pa•s. Tijekom otiskivanja ElectroInk bojilo se zagrijava, prestaje biti tekućina i postaje ljepljiva pigmentna pasta. Razlog tome je gubitak tekućeg nosioca ISOPAR-a.[5]



Slika 10. Shematski prikaz elektroink bojila

Kao što je vidljivo na slici 11. Veličina čestica kreće se između 6-12 μ m. Praškasi toneri u elektrofotografiji (Xerografija) ne smiju biti premalene čestice jer postanu lagane i teško kontrolirane. Da bi se povećala brzina tiska u Xerografiji moramo povećati i veličinu čestice tonera. Samim time se sprječava lebdjenje čestica. U tekućini nemamo problema sa lebdjenjem čestica dobiti otiske visoke kvalitete pri velikoj brzini otiskivanja.



Slika 11. Odnos brzine tiska i veličine čestice

(dostupno na: http://www.colorline-usa.com/Digital_Offset_color.pdf,15.07.2013.)

Ofsetna gumena navlaka

Ofsetna gumena navlaka u HP Indigo omogućava prijenos bojila sa PIP-a na tiskovnu podlogu. Ona je provodljiva što omogućava lakše i brže prihvaćanje bojila na gumenu navlaku. Vrlo bitno svojstvo joj je 100% transfer bojila na tiskovnu podlogu. Ofsetna guma je složene strukture te je sastavljena od sljedećih dijelova: ljepilo (sloj kojim je učvršćena na ofsetni cilindar), vlakna, kompresibilni sloj (od 330 μm), vodljivi sloj (od 100 μm), mekani sloj (od 100 μm) i tanki otpuštajući sloj (od 4 μm). Tijekom otiskivanja zagrijana je na 125°–160°C.

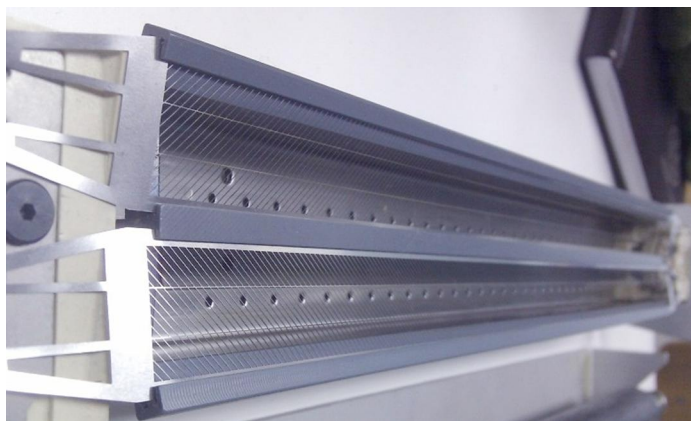


Slika 12. Gumena ofsetna navlaka

Da bi se stvorio jedan otisak, u digitalnom kolornom ofsetu se izvodi jedan modificirani elektrofotografski postupak u kojem nema faze fuziranja te je ona ukomponirana u fazu drugog transfera. Samim time pri otiskivanju provodi se: Nabijanje PIP-a skorotromom, osvjetljavanje laserskom glavom, razvijanje PIP-a, prvi transfer tonera, drugi transfer tonera i čišćenje tonera.

1. Nabijanje skorotromom

Skorotron je uređaj koji se nalazi točno iznad fotoreceptora. On služi za stvaranje budućih slobodnih površina. Sastoji se od dvije komore koje su sa tri strane okružene aluminijskim stjenkama. U centru komore nalazi se korona iznad koje se nalazi pukotina za dovod svježeg zraka. Korona je izrađena od platinske žice koja je namotana na dvije špule koje se motaju i mora se mijenjati svakih 10 00 osvjetljavanja. Korona je spojena sa uređajem za napajanje sa kojim se ostvaruje napon od -7000V (napajanje istosmjerna struja). Na donjoj strani nalaze se dvije mrežice koje filtriraju i usmjeravaju ione (oblik riblje kosti). Samim time mrežica ima svoje posebno napajanje od -700V. Napon od -7000V će iz korone oslobađati elektrone koji će se kretati u svim smjerovima. Zrak će se pod utjecajem elektrona početi ionizirati što dovodi do nastanka i negativnih iona, koji idu u smjeru kućišta koje je uzemljeno. Na takav način se rješavamo suvišnog negativnog naboja. Pritom će se oko koronske žice koncentrirati pozitivni ioni koji će dodatno usmjeravati na kretanje oslobođenih negativnih iona u smjeru skorotronske mrežice. Mrežica selektivno propušta elektrone čime će se na fotoreceptoru generirati napon od -700V.



Slika 13.Skorotron i mrežica

2.Osvjetljavanje PIP-a

Indigo prilikom osvjetljavanja koristi ROS (Raster Optical Scanner) ispisnu glavu. Ona je sastavljena od 4 laserske diode emitiraju svjetlost od 930 nm (IR području elektromagnetskog zračenja). Ona prima signal iz računala na način da podatke koji su pohranjeni na hard disku pošalju u RIP (Raster Imageing Procesor). Tu se provode YMCK separacije čija je linijatura 52 linije po cm^2 . Informaciju za svaku pojedinu separaciju računalo šalje u ROS koji će izvršiti osvjetljavanje fotoreceptora (te stvoriti nevidljivu tiskovnu formu). Dovođenjem laserske svjetlosti na fotoreceptor (max intenzitet lasera) izvršit će se izbijanje naboja sa -700V na -100V . Pri čemu će doći do nastajanja tiskovnih elemenata (napona -100V) i slobodnih površina (napona -700V) Svaka boja posjeduje svoj vlastiti kanal kroz koji RIP šalje informacije u ROS ispisnu glavu. Kut postavke mora biti postavljen kao linearan kako ne bi došlo do nastajanja deformacije u RTV-u.

3. Razvijanje

Razvijanje je postupak nanašanja bojila na fotoreceptor odnosno stvaranje tonerske slike. Razvijanje je jedan od najsloženijih postupaka u elektrofotografiji sa tekućim tonerom. Kako je bojilo likvidno prihvaćanje bojila za fotoreceptor morati će biti postupno. Ono se izvodi u 5 faza: nanašanjem mlaznicama (Slit injector), razvijanjem sa razvijачim bubanjem, razvijanje sa povratnim valjci, razvijanje squeegee valjkom i PTE (Pretransfer earsing).

Mlaznice za nanošenje bojila

Kod HP indiga S1000 mlaznice se sastoje od 6 kanala (C,M,Y,K,X,Y). Znači svaka ugrađena boja ima zaseban izlaz kroz koji se nanosi bojilo. Širina mlaznice je 32cm dok je visina 1mm. Time se postiže jednoliko špricanje bojila na fotoreceptor.



Slika 14. Prikaz ulaznih konektora za mlaznice HP Indigo S1000

Razvijači bubanj

Razvijači bubanj je prvi korak u fazi razvijanja pri čemu se vrši skidanje glavne bojila sa površine fotoreceptora (PIP-a). Promjer razvijačkog bubnja je ista promjera temeljnog cilindra. Međutim oni nisu u kontaktu već između njih postoji razmak od 100 μm . Napon razvijačkog bubnja je +500V. Zbog razlike u naponima dolazi do prijelaza viška bojila na razvijači valjak. Bojilo koje se našlo u prostoru između razvijačkog bubnja i tiskovne forme ima tenziju usmjeravanja prema pozitivnijem naboju. To znači da će se bojilo sa slobodnih površina (-800 V) prenijeti na pozitivniji razvijački bubanj, dok će bojilo s tiskovnih elemenata (-100 V) ostati na tiskovnoj formi. Da bi se to ostvarilo uz čišćenje razvijačkog bubnja njega su prislonjena sedam noževa za skidanje boje (prvih šest skidaju svaki pojedino bojilo, sedmi nož skida svo preostalo bojilo). Svaki pojedini nož kontroliran je elektromotorom koji omogućava tajmirani pomak. Sva skinuta bojila se će se vratiti u svoje bojanike osim bojila koje je skinuto zadnjim nožem. Ono se provodi u separator gdje se odvajaju kontaminirane komponente. Mineralno ulje se vraća nazad u proces dok se mješavina pigmenata baca. Razvijači bubanj ima dva klizna prstena sa svake strane koji služe da bi amortizirali sve vibracije nastale tijekom razvijanja.



Slika 15. Fotografija razvijačeg bubnja kod HP Indiga S1000

Povratni (razvijački) valjci

Povratni razvijački valjci izvode 2 faze tijekom procesa razvijanja elektroinka. Njihova funkcija je da smanje nanos bojila na PIP-u. Kraći valjak ima ulogu vlaženja čitave površine s mineralnim uljem čime se dodatno čiste slobodne površine. Duži valjak je nabijen naponom od -250V i služi za skidanje viška bojila sa tiskovnih elemenata. Svo skinuto bojilo odvodi se u separator.



Slika 16. Razvijači valjci korišteni kod HP Indiga S1000

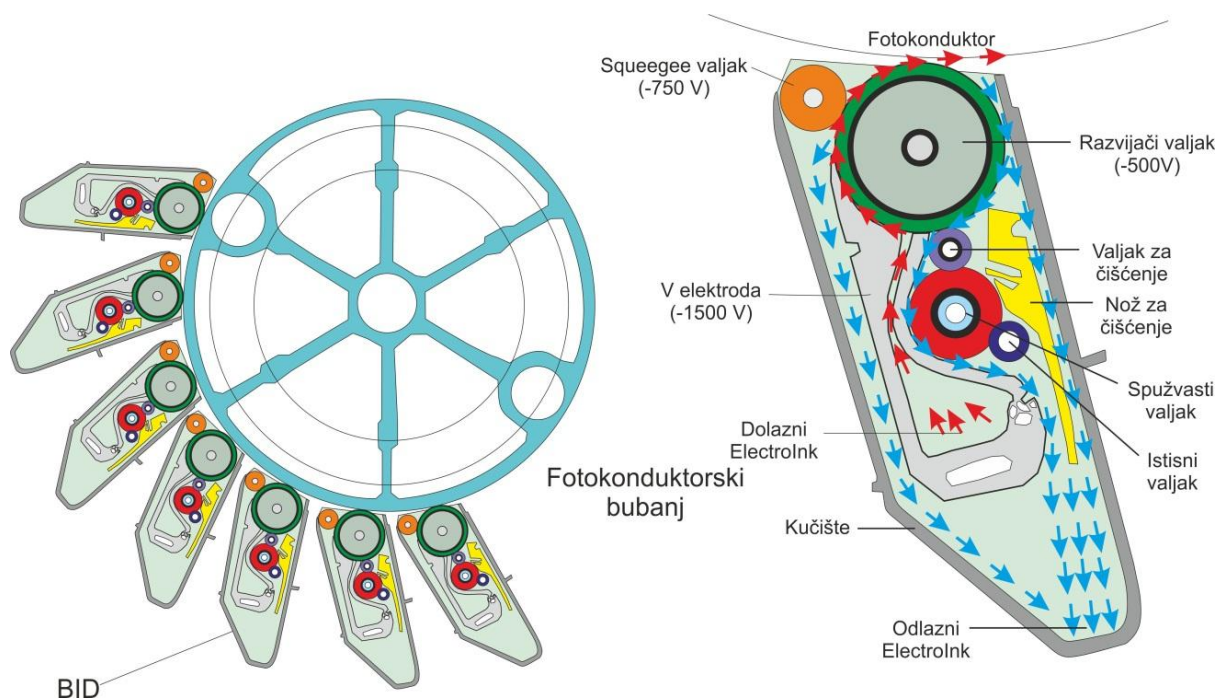
Squeegee valjak

U trenutku kada bojilo dolazi do squeegee valjka započinje i najkritičnija faza razvijanja (prokapljivanje bojila uslijed djelovanja gravitacije). Squeegee valjak ima dvije funkcije: mehanički istisnuti svo ulje prethodno naneseo povratim valjkom, te djelovanjem napona od -1350V utiskuje boju u strukturu PIP-a. Zbog svoje velike električne provodljivosti valjak je napravljen od želatine. Sa strane nalazi se zupčanik i konektor za njegovo pokretanje



Slika 17.Squeegee valjak kod HP Indiga S1000

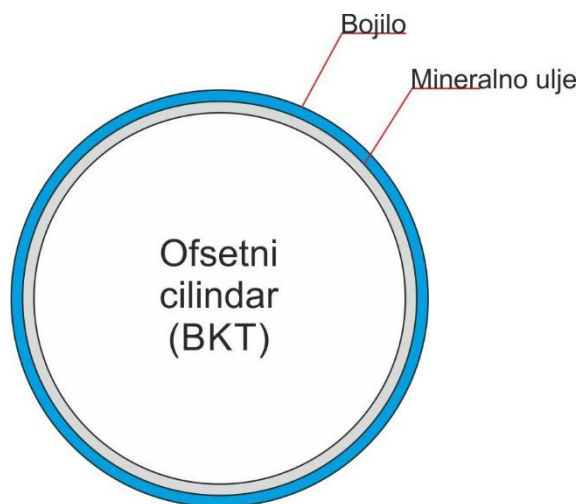
Osim HP Indiga S 1000 postoje i drugi modeli elektrofotografskih strojeva sa tekućim tonerom. Njihova razlika očituje se u jedinici za razvijanje. Današnja razvijачka jedinica sadrži 4 do 7 BID-ova (Binary Ink Developer). Ovakva konstrukcija napravljena je zbog učestalih kontaminacija tekućih bojila. BID konstrukcija koncipirana je tako da se selektivno aktivira pojedini BID čime se dobiva jedno ujednačeno nanošenje bojila. Jedan BID sadržava sljedeće komponente: razvijачi valjak, elektroink, squeegee valjak, valjak za čišćenje, nož za čišćenje, spužvasti valjak, istisni valjak i kućište u kojem je sve smješteno [5].



Slika 18. Konstrukcija BID uređaja na nanašanje i razvijanje (I. Majnarić, Studija indirektno elektrografije, doktorska disertacija, 2007., str 41.)

4. Prvi transfer bojila

Nakon što je squeegee valjak fiksirao bojilo u PIP-a proces razvijanja je završio i započeo je prvi transfer. Da bi bojilo prešlo na ofsetnu gumu PTE lampa će morati osvijetliti PIP sa specifičnim žutim svjetlom valne duljine 500 nm. Njeno djelovanje će izbrisati sve postojeće napone, što će omogućiti otpuštanje bojila sa PIP-a na ofsetni cilindar. Zbog napona ofsetnog cilindra od +500 V doći će do brzog prijelaza bojila na ofsetnu gumu. Bojilo nanoseno na ofsetni cilindar je tekućina (viskozitetu od 0,01 Pa•s). Kako je površina ofsetnog cilindra ugrijava na 125°C na toj temperaturi dolazi do isparavanja otapala i napuhavanja pigmentnih čestica, što dovodi do promjena viskozitetu na 700 Pa•s odnosno 70 000 cP (centipoise). Pritom će lakše mineralno ulje migrirati u donji sloj uz cilindar dok će pigment ostati u gornjem sloju time će se omogućiti bolje razdvajanje pigmenta odnosno bolji transfer. Uz ofsetni cilindar nalazi se i jedan zračni nož on distribuira vrući zrak koji djeluje na mineralno ulje (isparava) čime dolazi i sušenja odnosno pripreme za novi ciklus nanošenja bojila.



Slika 19. Raspored elektroink bojila na ofsetnom cilindru

5. Drugi transfer bojila

Prije izvođenja drugog transfera započinje ulaganje papira. Pritom se podiže samo jedan arak papira i predaje hvataljkama tiskovnog cilindra. Tako papir dolazi u kontakt sa vrućim ofsetnim cilindrom. Pošto je sloj pigmenta vrlo ljepljiv prije otiskivanja nema potrebe za termalnom obradom papira. Znači mehaničkim kontaktom će čestice pigmenta preći na površinu papira i ostvariti otisak. Nakon otiskivanja žute boje, papir ostaje na tiskovnom cilindru dok se ne otisnu sljedeće tri boje MCK i tek onda ide van. U slučaju šesterobojnog tiska ciklus se produljuje za još dvije separacije X,Y.

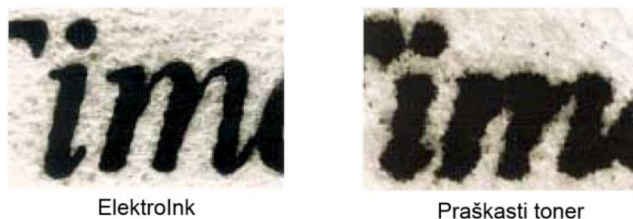
6. Čišćenje PIP temeljnog cilindra

Jedinica za čišćenje sadržava tri komponente: spužvasti valjak poliuretanski nož i istisni valjak. Da bi se sljedeće separacije otisnule (bez ostataka prethodnog bojila) potrebno je PIP u potpunosti očistiti. Spužvasti valjak vlaži PIP čistim mineralnim uljem. S donje strane valjka nalazi se jedan manji istisni valjak koji cijedi van višak mineralnog ulja čime se osigurava uvijek ista količina nanesenog mineralnog ulja. Nakon što su čestice zaostalog elektroinka namočene, njihova veza sa PIPom je oslabila te se sad lako mogu ukloniti sa poliuretanskim nožem. Riječ je o jednom mekanom nožu koji pritom neće oštetiti površinu PIPa.



Slika 20. Spužvasti valjak kod jedinice za čišćenje

Kvaliteta elektroink otiska je visoka. Kod velikog povećanja može se primijetiti da ElektroInk bojilo formira puno oštrije rubove otisnutih elemenata nego elektrofotografija s praškastim tonerom. Oštrina ElektroInk bojila je vidljiva na rubovima rasterskih elemenata i na rubovima otisnutih slovnih znakova. Za tako visoku kvalitetu otiska zaslužne su male čestice pigmenta. Bojilo ne penetrira u tiskovnu podlogu tako na površini ostane gotovo svo bojilo. Kod praškastih tonera također nema penetracije u tiskovnu podlogu, međutim otisak nije zadovoljavajuće oštar jer su čestice tonera veće. (Slika 21.).

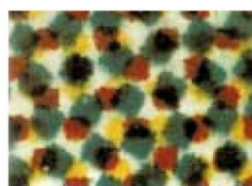


*Slika 21. Usporedba ElectroInk otiska i otiska otisnutog praškastim tonerom
(dostupno na: http://www.colorline-usa.com/Digital_Offset_color.pdf, 15.07.2013.)*

Indigo sustavi posjeduju određenu kompenzaciju rastertonske vrijednosti kojom se korigira rastertonska vrijednost te automatski podešava optička gustoća obojenja. Pritom veličina rasterskog elementa nije uvijek jednaka. Samim time na HP Indigo strojevima može se ostvariti i bolja kvaliteta reprodukcije nego kod standardnog ofseta. Kod konvencionalnog ofseta na prirast rastertonske vrijednosti utječe puno više faktora: viskoznost bojila i tekućine za vlaženje, relativna vlažnost zraka, gumena navlaka, tiskovna forma itd. Mnogi od njih nisu relevantni za postizanje otiska kod indirektno elektrofotografije (Slika 22.).



Elektrolnk



Ofsetno bojilo

*Slika 22. Prikaz kvalitete ElectroInk bojila naspram ofsetnog bojila
(dostupno na: http://www.colorline-usa.com/Digital_Offset_color.pdf,15.07.2013.)*

2.2. Tisak visoke vjernosti

Tisak visoke vjernosti (Hi-Fi) se definira kao tehnologija koja pomiče kvalitetu tiska iznad prihvatljivih ograničenja klasičnog četverbojnog tiska. Da bi se ostvarila visoka vjernost trebaju se učiniti neke promjene ili dopune na standardnim četverbojnim tiskarski proces. To će omogućiti tisak šireg raspona bojila. Temeljna svrha Hi-Fi tiska je postići bolju reproduksijsku točnost. Don Carli prvi put je upotrijebio kraticu Hi-Fi – (high fidelity = visoko vjeran) kako bi opisao visoku vjernost stereo opreme za reprodukciju zvuka. Isti naziv preuzet je od strane grafičara koji se njime koriste za opisivanje visoko vjernih otisaka[12].

Prvi Hi-Fi rad objavio je Kupper (1972.) koji je ujedno vjerno predstavio teoretsku ideju o Hi-Fi kolornoj reprodukciji. On je definirao osnovna bojila (CMYK) za tisak plus dodatna crvena, zelena i ljubičasto-plava. Na temelju tog sistema njemački proizvođači bojila ubrzo su razvili tzv. „Kupper kolorni set“ (CMYK+RGB), odnosno sistem u otiskivanju sa sedam osnovnih boja. Ovakav sistem se zasniva na logici da se na mjesto šarenih boja koje se preklapaju stavi boja koja rezultira njihovim preklapanjem. Rezultat tako jednog sistema je manji nanos bojila. Koppersova metoda zamjene dominantnih boja na reprodukciji se realizira uz vrlo komplicirane algoritme. Ono što je prednost ove metode je mogućnost da uz pomoć GCR metode napraviti zamjenu CMY boja[1].

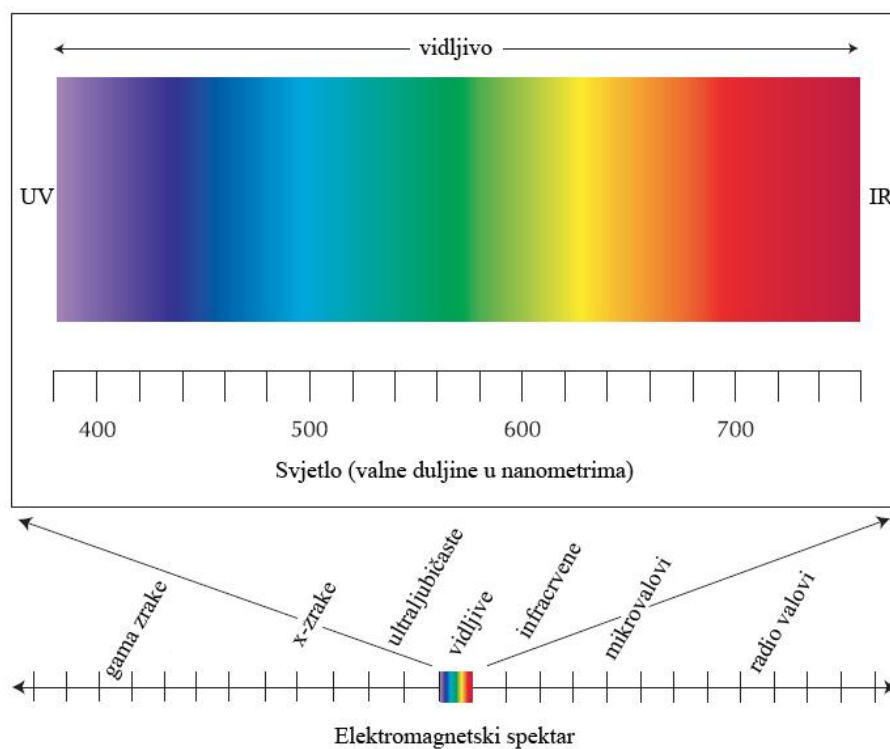
Osim Kupperovog Hi-Fi sistema danas postoji i mnogi drugi. To su: Davis Hi-Fi Colour Projecta, DuPont HyperColor, IndiChrome. Davis Hi-Fi Colour Projecta koristi CMYK + RGV. DuPont HyperColor sustav koristi samo CMYK boje za reprodukciju, međutim HyperColor postiže prošireni raspon boja povećavanjem nanosa bojila, odnosno koristi dodatne tiskovne jedinice koje ponavljaju jednu ili više kolornih separacija.[12] IndiChrome koristi CMYK +OV(narančasta i ljubičasta). Time se ostvaruju poboljšanja u tonalitetima i reprodukciji onih tonaliteta koje je obično teško ostvariti standardnim procesnim bojilima (življe crvene, purpurne i dulje plave, jarke narančaste i toplije žute).

Grafički dizajneri brzo su prihvatili Hi-Fi tisak jer proširuje paletu bojila i omogućuje vjerniji i življi prikaz tonova. Ovakav tisak je posebno važan za luksuzne proizvode koji su umotani u luksuznu ambalažu, u zaštitnom tisku i tisku visoko kvalitetnih i luksuznih grafičkih proizvoda. Stručnjaci u grafičkoj industriji su podijeljeni jer neki smatraju da Hi-Fi tisak nikad neće biti isplativ. Međutim mnogi misle kako će uvijek postojati tržište za otiske najvećeg ranga i kvalitete. Trenutno Hi Fi tisak je 20% skuplji ako se otiskuje u klasičnom ofset tisku.[12] Hi-fi tisak bi bio isplativ kada bi se tiskalo na jeftinim tiskovnim podlogama. Međutim zbog malih nanosa bojila ne postoji mogućnost otiskivanja većih gamuta.[12] Hi Fi tisak ima najveću primjenu u digitalnom tisku, zbog niže cijene finalnog proizvoda. Razlozi tome su ne postojanje pri nabavci velikih strojeva s više tiskovnih formi, ne treba dodatno vrijeme pripreme stroja, i nema dodatnih troškova izrade dodatnih filmova i tiskovnih formi. Neke tehnike Hi-Fi tiska zbog upotrebe AM rastera i broja tiskovnih jedinica ponekad smanjuju kvalitetu tiska ako se ne koriste racionalno i pravilno. Dvije najzastupljenije tehnike digitalnog tiska su elektrofotografija i Inkjet. Vrlo bitna stavka kvalitete Hi-Fi tiska je način i kvaliteta rastriranja. Odabir rastera je vrlo važan faktor za postizanje više kvalitete pri čemu će i vrlo mali pomaci u paseru dovesti do velikih problema s moareom[1].

2.2.1 Vizualni doživljaj reprodukcije

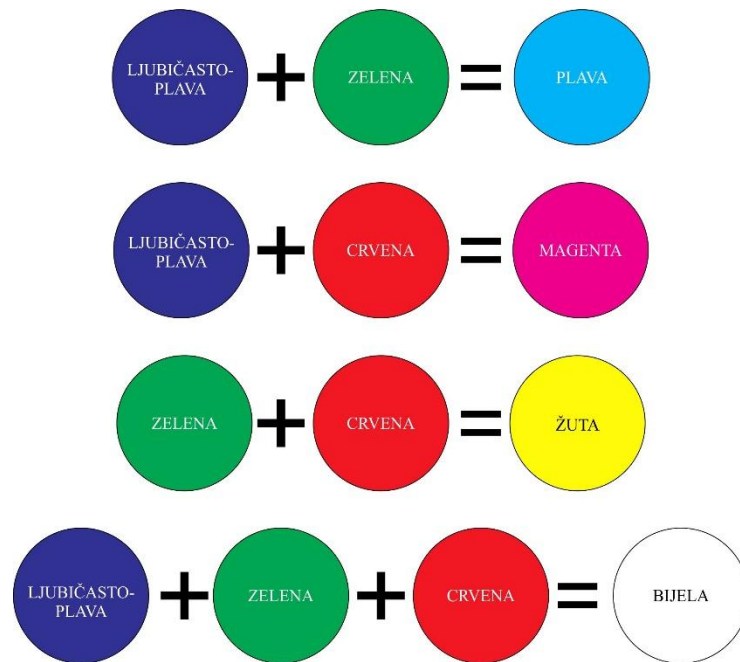
Jedan od osnovnih preduvjeta da čovjek osjeti obojenje leži u bijeloj svjetlosti elektromagnetskog zračenja valnih duljina unutar područja od 380 do 760 nm. Ljudsko oko prepoznaje sljedeće valne duljine: 400-450 nm (ljubičasta), 450-500nm (plava), 500-570nm (zelen), 570-590nm (žuta), 590-610nm (narančasta) i od 610-700nm (crvena) (Slika 23.).

Elektromagnetsko zračenje u tom području stimulira receptore mrežnice u ljudskom oku što u konačnici uzrokuje osjet i percepciju boja.[9] Kako se vizualni receptori u mozgu nalaze na vrlo maloj udaljenosti jedni od drugih, uslijed ulaska svjetlosti u oko dolazi do pobude čunjića koji su osjetljivi na ljubičasto-plavi, zeleni i crveni podražaj. Uslijed takve pobude u ljudskom oku dolazi do aditivnog miješanja[1].



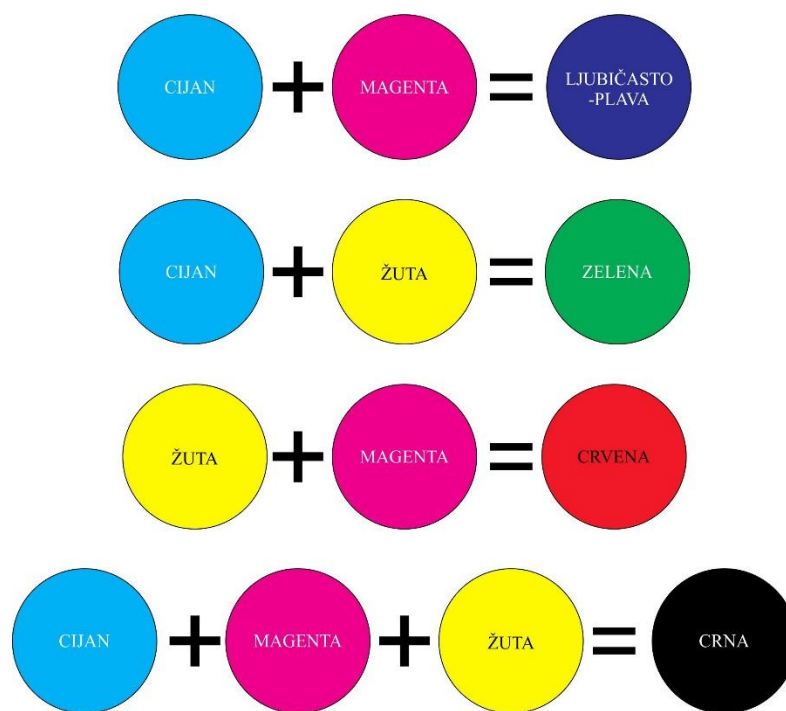
Slika 23. Svjetlo – vidljivi dio elektromagnetskog spektra (Digital Printing Start-Up Guide, str.82)

Selektivnom pobudom receptora u našem oku dolazi do takozvanog aditivnog miješanja „primarnih boja“ (RGB), pri čemu se detektiraju i tzv. „sekundarne boje“ (CMY), slika 24.. Aditivno miješanje osim u ljudskom mozgu primjenjuje se u radu različitih uređaja (monitora u boji i skenerima) odnosno uređajima koji rade s RGB obojenom svjetlošću. Uređaji takvog tipa uglavnom se koriste u odjelu pripreme gdje služe za prikaz i obradu budućih reprodukcija[10].



Slika 24 Aditivno miješanje boja i nastajanje sekundarnih boja

Nanašanje CMY transparentnih bojila na bijelu tiskovnu podlogu, omogućiti će i različitu svjetlosnu refleksiju odnosno suptraktivno miješanje. Miješanjem „sekundarnih boja“ i njihovom refleksijom s površine tiskovne podloge nastaju tiskarske „primarne boje“. One se još i nazivaju procesnim bojama (slika 25.). Pritom je njihova kromatičnost mnogo lošija u odnosu na obojenje nastalo aditivnim miješanjem.



Slika 25. Suptraktivno miješanje boja i nastajanje boja aditivne sinteze

Nastajanje standardne grafičke reprodukcije omogućeno je nanašanjem osnovnih boja suptraktivne sinteze (CMY+K) jedne na drugu prije čega je izvršen proces kolorne separacije. Doživljaj različitih tonaliteta omogućeno je rastriranjem i ovisit će o interakciji podloge s bojilom[1].

Nakon tiska tri boje suptraktivne sinteze tiska se i crna. Tisak crnog bojila je potreban radi „ne idealne“ refleksije CMY boja s površine tiskovne podloge (uvijek nepoželjno reflektira i dio valnih dužina ostalog dijela vidljivog spektra). Iz tog razloga tisak cijan, magenta i žutog bojila u 100%-nim iznosima ne daje osjećaj crne boje, već tamno smeđe. Dodatnim tiskom crnog bojila „amortizira“ se ne idealna refleksija te se tako najčešće tiska tekst elementi koji čine konture i tamne dijelove reprodukcije.[1] Razvojem tiskarske tehnologije omogućeno je nekoliko načina za upravljanje crnim bojilom, čime se dopunjuje kromatski sastav cijan, magenta i žutog bojila. Metode koje se koriste su UCR (Under Colour Removal), GCR (Gray Component Reduction) i UCA (Achromatic Composition with Chromatic Color Addition). One osiguravaju pozitivne

ekonomske aspekte proizvodnje s obzirom da je akromatska crna mnogo jeftinija od kromatskih (cijan, magenta i žuta)[1].

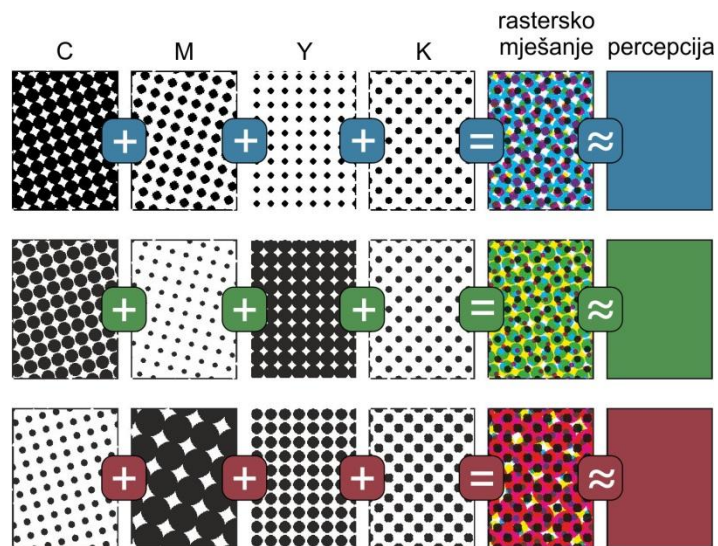
Kod višebojne reprodukcije udio svjetlosnih komponenti koje nam reflektiranjem s tiskovne površine dolaze u oko su nam poznate kao vrijednosti refleksije primarnih stimulusa ($R_c(\lambda)$, $R_m(\lambda)$, $R_y(\lambda)$) te refleksije preklapajućih boja ($R_{cm}(\lambda)$, $R_{my}(\lambda)$, $R_{cy}(\lambda)$, $R_{cmy}(\lambda)$), gdje su c, m i y pokrivenosti površina primarnih komponenti C, M i Y.

Spektralna refleksija rasterskog miješanja boja može se prikazati kao:

$$R(\lambda) = a_w R_w(\lambda) + a_c R_c(\lambda) + a_m R_m(\lambda) + a_y R_y(\lambda) + a_{cm} R_{cm}(\lambda) + a_{cy} R_{cy}(\lambda) + a_{my} R_{my}(\lambda) + a_{cmy} R_{cmy}(\lambda) \quad (1)$$

gdje je (a_w) udio neotisnute površine, (a_c , a_m i a_y) udio otisnute površine pojedinačnih boja, i (a_{cm} , a_{cy} , a_{my} i a_{cmy}) udjeli pokrivenosti površina preklapajućih boja i refleksije netiskane površine[1].

Tri karakteristična primjera rasterskog miješanja CMYK separacija može se vidjeti na slici 26., gdje će različit udio pojedine separacije rasterskim miješanjem i ljudskom percepcijom dati različit osjećaj boje.

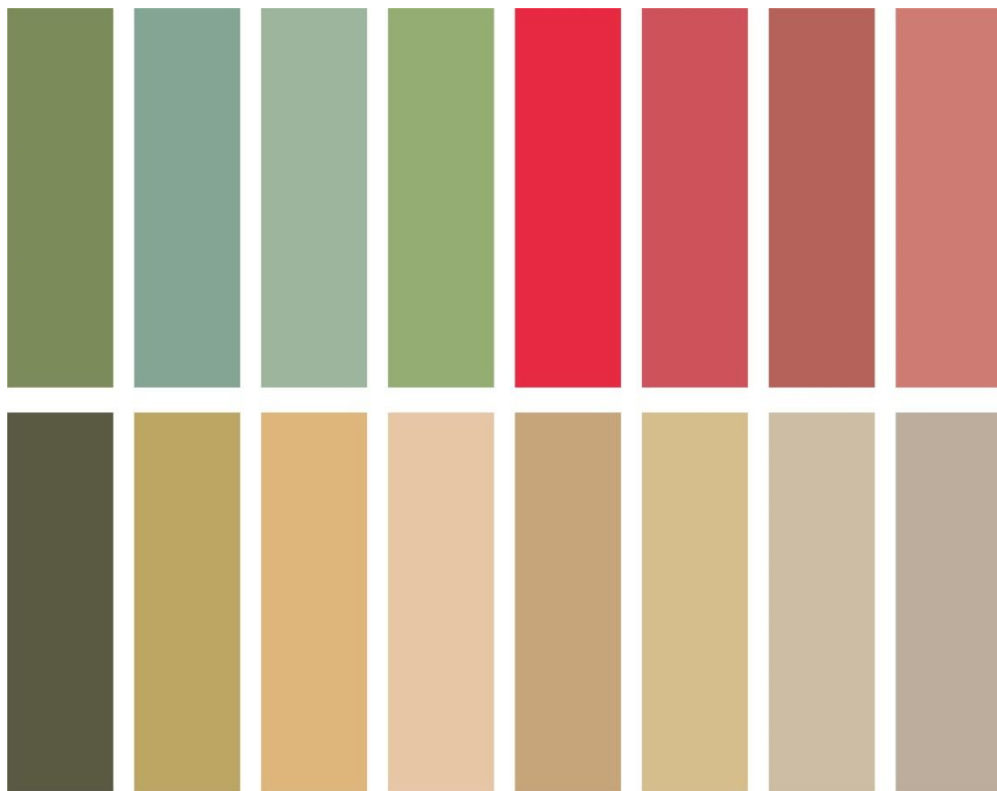


Slika 26. Tri primjera rasterskog miješanja CMYK boja (dostupno na: <http://blog.savvydog.com>

18.07.2013.)

2.2.2 Modeli tiska visoke vjernosti

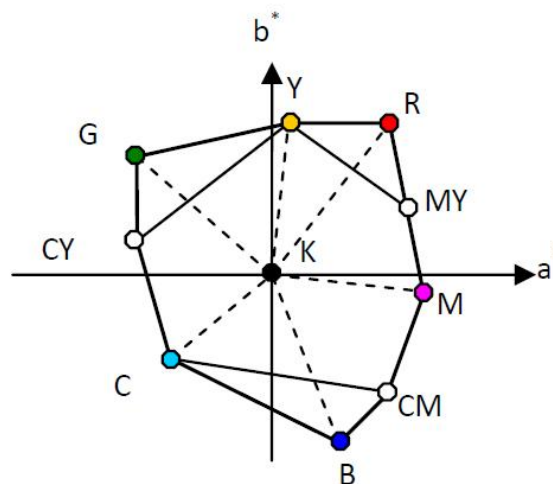
Razvojem kromolitografije počinje i razvoj višebojnog otiskivanja. Kromolitografija je metoda izrade višebojnih otisaka koja se danas primjenjuje i kao osnova litografskog procesa. U želji za postizanje kolorno točno definiranih slika tijekom devetnaestog stoljeća tiskari su se počeli koristiti litografijom. Pritom su primijenili više litografskih tiskovnih formi (za svaku boju po jedna). Takvi otisci mogu sadržavati i do 16 otisnutih boja što omogućava izrazito vjerno obojenje. Takvim načinom otiskivanja prvi put je kolorni otisak postao cijenom dostupniji te se počinje koristiti u oglašavanju, za izradu popularnih tiskovina te izradu znanstvenih i medicinskih publikacija. Na slici 27. prikazana je primjena kromolitografije i korištena bojila u dobivanju otiska.



*Slika 27. Prikaz najčešće korištenih boja za dobivanje kromolitografskog otiska
(dostupno na: <http://seesaw.typepad.com/blog/collecting-jello> 15.07.2013.)*

Hi-Fi tisak uvijek se provodi sa dodatnim bojilima, pri čemu se izvodi na dva načina otiskivanja. Prvi način je standardni CMYK tisak s istim tonovima, ali različitim koncentracijama pigmenata. Kao dodatna bojila uvijek se koriste svijetla magenta (Lm), svijetli cijan (Lc), svijetla žuta (Ly) i svijetla crna (Lk). Time bi se optimizirala glatkoća prijelaza tonova, a time i slikovna gradacija od svijetlih do tamnih tonova. Drugi način je taj da se pored standardnog CMYK tiska koriste bojila različitih tonova koja se dodaju kao spotna bojila[13].

Prirodno obojenje i gamut monitora su još uvijek superiorni nad četverbojnim CMYK otiskom. Hi-Fi tisak bi trebao se približiti gamutu boja u prirodi i boja na monitoru. Reproduciranje tonova boja kao što su: narančasti tonovi, ljubičasti, određeni crveni, plavi, purpurni i neki zeleni nije moguće konvencionalnim CMYK tiskom. Na slici 28. je shematski prikaz povećanja gamuta uz korištenje dodatnih RGB bojila uz standardni CMYK tisak[13].

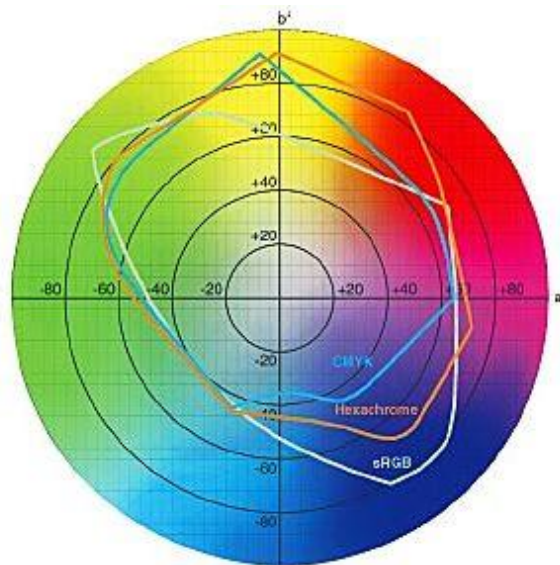


*Slika 28. Dodatak RGB bojila za proširivanje gamuta dobivenog CMYK procesom tiska
(Characterization of High-fidelity Color Printing Devices Based on both Multispectral and Broadband
Approaches, str.37)*

Hexachrome tisak

To je vrsta šestero bojnog Hi-Fi tiska koja koristi uz standardne CMYK boje uz dodatak narančastog i zelenog bojila (CMYK+OG). Razvila ga je tvrtka PANTONE 1994. godine, a zbog dodatne samo dvije boje u tisku je jedan od najkorištenijih Hi-Fi konvencionalnih tiskarskih tehnika. Hexachrome tisak povećava narančasti, zeleni te djelomično plavi dio kolornog prostora. To u ljudskom oku može izazvati osjećaj znatnog povećanja kvalitete tiska[1].

Pantone specificira i dodatni set specijalnih bojila koje se moraju upotrijebiti za Hexachrome tehniku. Testiranja bojila za ovakvu metodu Hi-Fi tiska dovela su do kombiniranja fluorescentnih i konvencionalnih pigmenata. Tako su pigmenti žute, magente i narančaste fluorescentni, dok su zelena, cijan i crna bez fluorescencije. Nanašanja ovih šest boja izvodi se točno definiranim redosljedom to su: crna, cijan, zelena, magenta, žuta i narančasta. Na slici 29. prikazano je povećanje gamuta u odnosu na standardno CMYK otiskivanje[12].



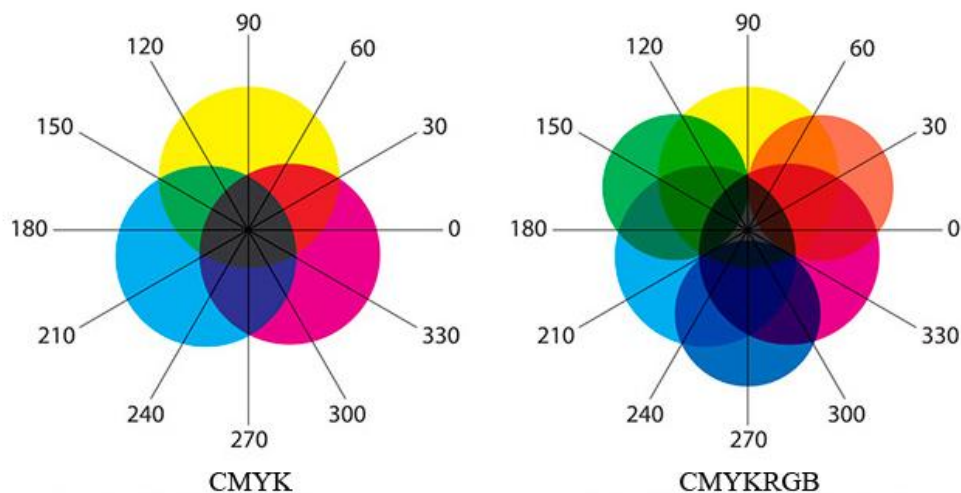
Slika 29. Usporedba presjeka gamuta dobivenog Hexachrome tiskom, CMYK tiskom i sRGB gamutom (dostupno na: <http://graphicdesign.stackexchange.com/questions/9400/simplest-set-of-inks-that-could-print-the-rgb-gamut> 15.07.2013.)

Statistički gledano Hexachrome metodom tiska se može reproducirati 90% svih Pantone Matching Sistema dok se u konvencionalnom CMYK tisku može reproducirati svega 55% tonova. Kako bi se izbjegao moare efekt kod AM rastera Hexachrome tisak ponavlja iste kutove rastera. Narančasta se otiskuje s istim kutom kao i cijan, dok se zelena tiska pod istim kutom kao magenta.[12] Značajan problem je kako kontrolirati ukupan nanos bojila. Tisak s maksimalnim nanosom bojila od 600% stvara problem sa sušenjem. Nažalost, to je slabost Hexachrome tiska. Jedini način gdje se može kontrolirati ukupni nanos bojila je programska podrška koja kontrolira Hexachrome proces (HexWrench). Pritom su moguće su samo tri opcije: normalni nanos (0); tanki nanos (-2) i debeli nanos (+2)[12].

Opaltone tisak

Opaltone je sedmerobojni tisak temelji se na metodi Haralda Kuppersa. Zasniva se na logici da se na mjesto šarenih boja koje se preklapaju stavi boja koja rezultira njihovim preklapanjem. Opaltone Hi-Fi tisak je razvijen 1998. godine i predstavlja kombinaciju četverbojnog tiska s dodatkom crvenog, zelenog i ljubičasto-plavog bojila (CMYK+RGB). Ovisno o motivu prilikom izvođenja Opaltone tiska moguće je koristiti i manje od sedam boja, te se zbog toga može upotrijebiti kombinacija četverbojnog tiska i samo jednog ili dva dodatna bojila (Slika 30.). Ovoj metodi nije problem nanos bojila jer je moguće koristiti i mogućnost zamjene CMY boja upotrebom GCR metode. Na taj način još se više smanjuje utrošak boje u tisku[1].

Opaltone tisak se može izvoditi i u konvencionalnim tehnikama i u digitalnim tehnikama tiska (Opaltone Inkjet). Ako se koristi AM rastriranje, tada crvena ima isti kut rastera kao i cijan, zelena ima isti kuta rastera kao i magenta, dok ljubičasto-plava ima kut rastera kao i žuta. Time se izbjegava efekt moarea.



Slika 30. Usporedba CMYK i Opaltone načina otiskivanja (dostupno na: <http://opalton.com>, 15.07.2013.)

MaxCMY tisak

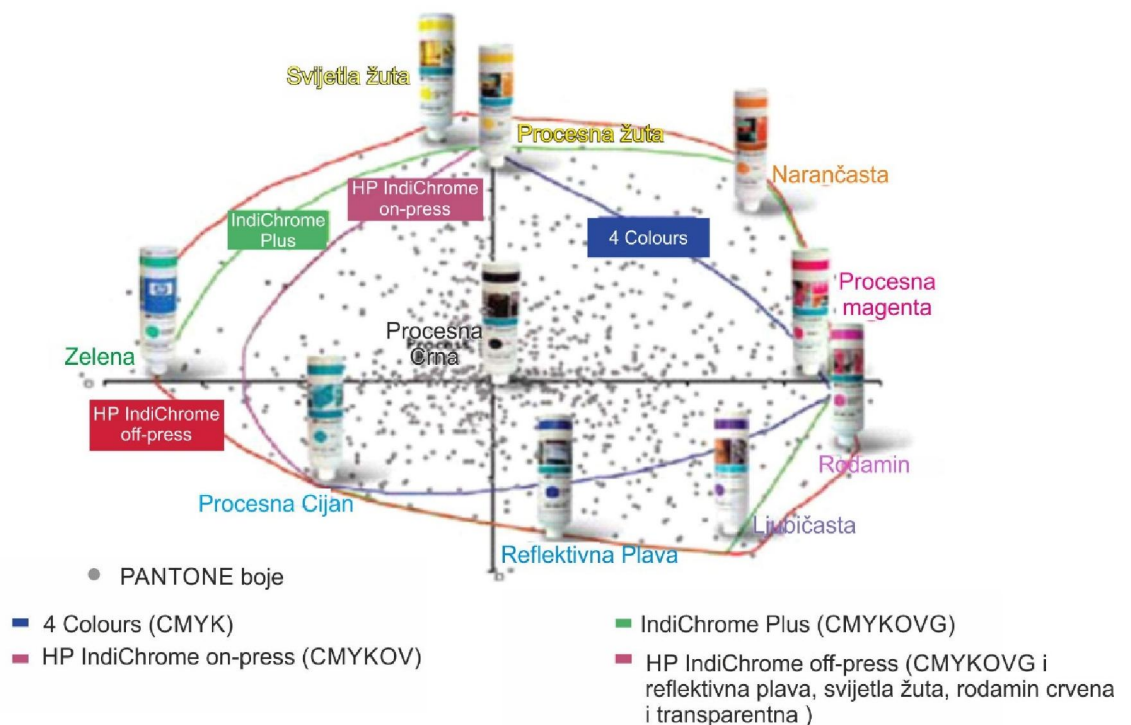
MaxCMY je metoda Hi-Fi tiska koja duplicira CMYK bojila, tj. standardnom CMYK procesu još jednom dodajemo CMYK bojila (CMYK+CMYK). MaxCMY pristup prvi je primijenio Royal Zenith (danas ICG kompanija), a temelji se na DuPont HyperColor programskoj podršci. Ovom metodom Hi-Fi tiska prošireni raspon boja postiže se povećavanjem nanosa bojila, odnosno koriste se dodatne tiskovne jedinice koje ponavljaju jednu ili sve četiri separacije[12].

Tisak s dodatnim svijetlim bojilima

Za postizanje otisaka fotografske kvalitete nije dovoljno koristiti standardna CMYK procesna bojila. Problem je reprodukcija svjetlijih tonova. U kolornim otiscima udio cijana (C) i magente (M) je vrlo visok i primjena dodatnih svijetlih (Lm i Lc) bojila poboljšavaju kontrast ukupne reprodukcije te se na efektivan način reducira vidljivost rasterskog elementa i omogućuje se glatki prijelaz iz svijetlih u tamnije tonove. Pri proizvodnji svijetlih bojila (Lc i Lm), bijeli pigmenti dodaju se standardnom cijan bojilu (bakar ftalocianin) i standardnom magenta bojilu (dimetilkuinakaidon). Za postizanje visokog opaciteta primjenjuje se univerzalni bijeli pigment, titan dioksid koji se dodaje u 80% bijelih bojila. U nekim sustavima Inkjet printera može se susresti veći broj svijetlih bojila, između svijetla crna i svijetla žuta (Ly i Lk). Takvi sustavi su specijalizirani za ispis visoko vjernih fotografija.

2.2.3. Hp IndiChrome tisak

IndiChrome je zaštićeni HP-ov (Hewlett-Packard) naziv za njihov Hi-Fi tisak gdje se koriste dodatna spotna bojila i svijetla bojila. Time se u digitalnom tisku principom elektrofotografije postiže veći kolorni gamut. Sustav HP IndiChrome moguć je samo s HP Digitalnom Kolor Ofset tehnologijom koja primjenjuje specijalno ElectroInk bojilo. Uz HP IndiChrome tehnologiju moguće je tiskati male naklade u specijalnim tonovima, stvarati vlastite nijanse te time povećati kvalitetu reprodukcije u odnosu na standardni CMYK tisak. HP IndiChrome sustavom može se otiskivati u više opcija. To su: HP IndiChrome onPress (CMYK+OV), odnosno tisak standardnog CMYK-a s dodatnim bojama narančastom i ljubičastom, HP IndiChrome Plus (CMYK+OVG), odnosno tisak standardnog CMYK-a s dodatnim bojama narančastom, ljubičastom i zelenom, HP IndiChrome offPress (CMYK+OVG + refleksno plava, jarko žuta, rodamin crvena, transparentna), HP Special Effect Inks (bijela, svjetla cijan, svjetla magenta, digitalni mat lak).



Slika 31. Konceptualni dijagram HP IndiChrome reprodukcije (dostupno na: <http://h10088.www1.hp.com>, 15.07.2013.)

HP IndiChrome onPress je proces višebojnog otiskivanja u kojem se dva spotna bojila (narančasta i ljubičasta) dodaju standardnim CMYK bojilima i svi se tonovi miješaju iz tih šest osnovnih bojila. Time se mogu ostvariti poboljšanja u tonalitetima i reprodukciji onih tonaliteta koje je obično teško ostvariti standardnim procesnim bojilima (življe crvene, purpurne i dublje plave, jarke narančaste i toplije žute nijanse).

HP IndiChrome Plus tiskarskim procesom moguće je postići još veća poboljšanja u tonalitetima i reprodukciji upotrebom i dodatnog zelenog bojila (CMYK+OVG).

HP IndiChrome offPress proces koristi prethodno izmiješane boje koje se koriste za tisak. Nakon miješanja pigmenata one se spremne u spremnike i stavljaju na 5, 6 i 7 jedinicu za obojenje. Bojila se miješaju uz pomoć 11 bojila (CMYK+OVG + refleksno plave, intenzivne žute, rodamin crvene i transparentno bijele). Sva ta bojila se mogu naručiti od HP-a ili miješati u vlastitoj tiskari ako se primjeni set za miješanje i pakiranje Elektroink bojila (Slika 32.) Ovakvim procesom moguće je reproducirati 97% Pantone boja, odnosno uporabom ovih 11 bojila, moguće je proširiti izbor na više od 3 000 tonova.



Slika 32. Sistem za miješanje HP IndiChrome bojila (dostupno na: <http://h10088.www1.hp.com>,15.07.2013.)

HP bojila za specijalne efekte su: fluorescentno žuta i fluorescentno ružičasta, svijetli cijan i svijetla magenta, bijelo bojilo i digitalni mat lak. HP ElectroInk pokrivna bijela omogućuje tisak na obojenim, transparentnim i metaliziranim tiskovnim podlogama. HP Indigo je tako jedini proizvođač elektrofotografskih komercijalnih strojeva s kojima je to moguće. HP ElectroInk svijetla cijan i magenta bojila omogućuju fotorealističnu reprodukciju s glatkim tonским prijelazima. Dodatnim svijetlim bojilima poboljšava se kvaliteta grafičkih proizvoda kao što su: fotografije, foto knjige, foto kalendari, podsjetnici, razglednice itd. Uporabom svijetlih bojila značajno je smanjena uočljivost rasterskih elemenata i smanjena zrnatost slike. Time je postignut glatki prijelaz tonova.[14] HP ElectroInk mat lak stvara ekskluzivni efekt sjaja što se primjenjuje kod ekskluzivnih grafičkih proizvoda. Kao tiskarski efekt može poslužiti i u druge svrhe, tj. može se koristiti i u svrhu mehaničke zaštite grafičkog proizvoda.

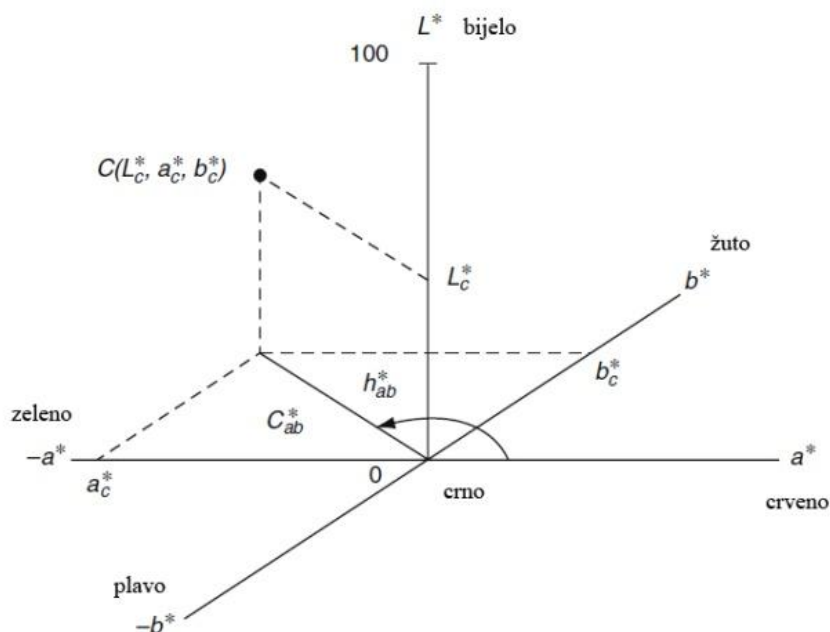
2.2.4. CIE Lab sustav i definicija razlike u obojenju (ΔE)

Objektivnija ocjena kvalitete otisaka i praćenje tiska je danas moguća uz primjenu denzitometra i spektrofotometra. Vrijednosti dobivene mjerenjem izražene su u numeričkom obliku i moguće ih je kvantificirati. Spektrofotometri su mjerni uređaji koji puno cjelovitije opisuju obojenje. Za razliku od denzitometra, spektrofotometrima određujemo dominantne valne duljine, zasićenje i svjetlinu obojenja[10].

Vizualno prikazivanje obojenja standardizirano je od strane Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). CIELAB sustav opisivanja boja predstavljen 1976. godine. U početku je primijenjen na pokrivnim bojama te se opisuje odgovarajućim trodimenzionalnim prostorom temeljenom na Munsellovom atlasu boja. Gotovo u isto vrijeme objavljen je CIELUV sustav koji se koristi za opis obojenih izvora svjetla i standardnog promatrača. Oba sustava su ujedinjena u izraz CIE1976 prostora boja. Danas se najprikladnije prikazivanje otisnute boje vrši u CIELAB sustavu (slika 33.) [11].

CIELAB model temeljen je na trodimenzionalnom sustavu koji se sastoji od četiri obojene plohe koje se nalaze u sredini sistema između obje osi boja, crveno – zelene (a^* -osi) i plavo – žute (b^* -osi). Na a - osi su pozitivne vrijednosti (+ a) kao i crvena boja i negativne vrijednosti (- a) kao i zelena boja. Na b - osi su pozitivne

vrijednosti (+b) kao i žuta i negativne vrijednosti (-b) plave boje. Na rubovima leže spektralne boje sa najviše zasićenja (S=100), prema osi se zasićenje smanjuje (S=0). Vertikalna L*-os (osvjetljenje) predstavlja osvjetljenje od crne (L=0) prema bijeloj (L=100). U tom prostoru boja sada je moguće prezentirati svaku boju, odnosno svaka boja može biti jasno određena pripadajućim koordinatama.



Slika 33., L*a*b* osi CIELAB prostora boja, položaj boje C(L_c*a_c*b_c*) je dodatno karakteriziran sa kromom C*_{ab} i kutem tona h_{ab} (Georg A. Klein, *Industrial Color Physics*, 2010., str 143.)

Svojstva boja često se karakteriziraju atributima kao što su svjetlina, kromatičnost, ton boje ili kut tona. CIELAB sustavom ta svojstva mogu biti predočena i kvantificirana. Uz praćenje koordinata L*, a*, b* promatraju se kromatičnosti C*_{ab} i kut tona h_{ab}; Kromatičnost je tako definirana izrazom:

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

Dok se kut tona h_{ab} može prikazati kao:

$$h_{ab} = \frac{180^\circ}{\pi} \arctan(b^*/a^*) \quad (3)$$

Kroma C_{ab}^* boje je zastupljena u a^* , b^* ravnini s udaljenosti između akromatske točke i (a^*, b^*) koordinatama određene boje. Kut tona ukazuje na položaj unutar jednog kvadranta u ravnini boje, te predstavlja mjeru za odgovarajući ton[11].

Prema definiranoj jednadžbi (6), kut tona je vrijednost boje s dimenzijama danim u stupnjevima. Kut tona povećava se u smjeru kazaljke na satu, a uz pozitivnu a^* os ($h_{ab}=0$)[11].

sustav ima dodatnu temeljnu značajku, a budući da uz svaku od L^* , a^* , b^* koordinata boje razlika između uzorka boje – uzorak (S) s vrijednostima L^*_S , a^*_S , b^*_S i vrijednostima s referentnom bojom - referenca (R) L^*_R , a^*_R , b^*_R proizlazi;

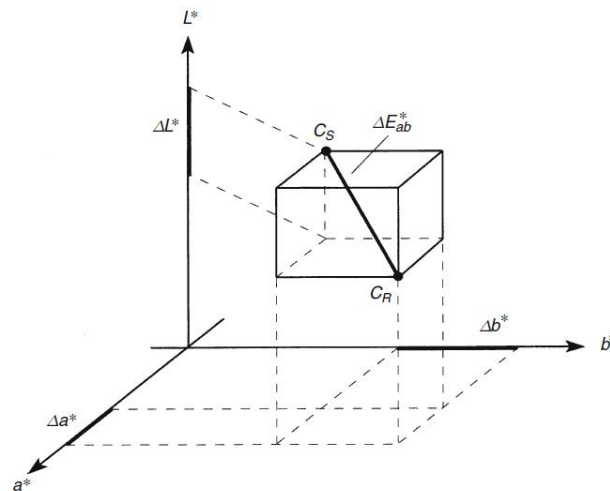
$$\Delta L^* = L^*_S - L^*_R, \Delta a^* = a^*_S - a^*_R, \Delta b^* = b^*_S - b^*_R \quad (4)$$

gdje je;

$$\Delta L^* = L^*_S - L^*_R = > \text{od } 0 \text{ svjetlije, } < \text{od } 0 \text{ tamnije} \quad (5)$$

$$\Delta a^* = a^*_S - a^*_R = > \text{od } 0 \text{ crvenije, } < \text{od } 0 \text{ zelenije} \quad (6)$$

$$\Delta b^* = b^*_S - b^*_R = > \text{od } 0 \text{ žuće, } < \text{od } 0 \text{ plavije} \quad (7)$$



Slika 34, Razlika u boji ΔE_{ab}^* između položaja boje C_S i referentne boje C_R u CIELAB prostoru boja (Georg A. Klein, Industrial Color Physics, 2010., str 145.)

Cijela brojčana razlika u boji ΔE^*_{ab} slijedi, kao što je prikazano na slici 25., iz trodimenzionalnog Pitagorinog poučka;

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (8)$$

Pri analizi otisaka promjena kolorne vrijednosti se može direktno dovesti u korelaciju s kvalitetom reprodukcije. Razlika obojenja (ΔE) prikazuje kvalitetu reprodukcije - S i odstupanje reprodukcije od originala - R. Vrijednost predstavlja gubitak i odklon tristimulusnih vrijednosti koje odgovaraju percepciji boje u ljudskom oku.

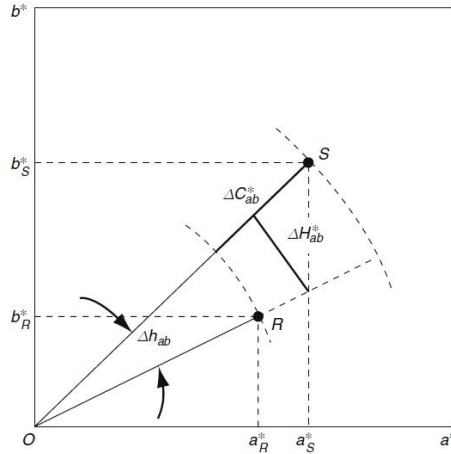
Tablica 1. Vrijednosti i tolerancije ΔE razlike boja (I: Zjakić, Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, 2007, str.224)

vrijednost ΔE	tolerancija
< 1	smatra se da prosječno ljudsko oko ne vidi razliku(nema razlike)
1 - 2	vrlo mala razlika, (razlika optimalna)
2 - 3,5	srednja razlika
3,5 - 5	velika razlika
5 >	potpuno drugi ton

Razlika u boji može biti izražena alternativno uz pomoć u razlike svjetline ΔL^* u kombinaciji s razlikom krome ΔC^*_{ab} i razlikom tona ΔH^*_{ab} . Razlika kroma slijedi iz definiranja jednadžbe (2);

$$\Delta C^*_{ab} = C^*_{ab,S} - C^*_{ab,R} \quad (9)$$

S geometrijskog gledišta razlika kromatičnosti (C^*) odgovara razlici duljine radijusa između položaja uzorka boje i referentne boje (slici 35.) Slično kao i kod jednadžbi (5), (6) i (7), kromatska razlika može se tumačiti pomoću atributa boja; razlika kromatičnosti veća od nula (više zasićenje, čišći ton), odnosno razlika manja od 0 (manje zasićenje, manje kromatičniji ton).



Slika 35., Doprinosa kroma ΔC^*_{ab} , tona ΔH^*_{ab} , i kuta tona Δh_{ab} uzorka boje - S i referentne boje - R: $\overline{OS} = C^*_{ab,S}$, $\overline{OR} = C^*_{ab,R}$ (Georg A. Klein, *Industrial Color Physics*, 2010., str. 146.)

Na bazi jednadžbe (6) definirana je i devijacija kuta tona kako sljedeći;

$$\Delta h_{ab} = h_{ab,S} - h_{ab,R} \quad (10)$$

Promjena kuta tona Δh_{ab} , zajedno sa razlikom tona ΔH^*_{ab} , je prikazano na slici 26.

Količina ΔH^*_{ab} je definirana sa izrazom:

$$\Delta H^*_{ab} = 2 \sqrt{C^*_{ab,S} C^*_{ab,R} \sin\left(\frac{\Delta h_{ab}}{2}\right)} \quad (11)$$

odnosno:

$$\Delta H^*_{ab} = \sqrt{(\Delta E^*_{ab})^2 + (\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*_{ab})^2} \quad (12)$$

U konačnici razlika u obojenju može se deformirati;

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*_{ab})^2 + (\Delta H^*_{ab})^2} \quad (13)$$

U svakom slučaju, važno je navesti da devijacije ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔC^*_{ab} , ΔH^*_{ab} , i Δh_{ab} , precizno opisuju razlike u boji. Jednadžba razlike u boji je samo okvirno prikladna za izračunavanje razlike u obojenju industrijskih boja. Iz tog razloga CIE 2000. godine preporučuje dodatnu formulu za izračunavanje koja se označava kao $CIE\Delta E_{2000}$;

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*_{ab}}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*_{ab}}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C^*_{ab}}{k_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H^*_{ab}}{k_H S_H}\right)} \quad (14)$$

CIELAB kroma i ton razlike su modificirane, dodaju se parametri S i R koji predstavljaju referentnu boju i boju uzorka gdje je:

$$L' = L^*, \quad a' = a^*(1+G), \quad b' = b^* \quad (15)$$

zajedno sa;

$$G = \frac{1}{2} \left\{ 1 - \sqrt{(C^*_{ab,m})^7 / [(C^*_{ab,m})^7 + 25^7]} \right\}, \quad C^*_{ab,m} = (C^*_{ab,S} + C_{ab,R}) / 2 \quad (16)$$

$$C'_{ab} = \sqrt{(a')^2 + (b')^2} \quad (17)$$

$$h'_{ab} = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \arctan(b'/a') \quad (18)$$

$$\Delta C'_{ab} = C'_{ab,S} - C'_{ab,R} \quad (19)$$

$$\Delta h'_{ab} = h'_{ab,S} - h'_{ab,R} \quad (20)$$

$$\Delta H'_{ab} = \frac{a'_R b^*_S - a'_S b^*_R}{\sqrt{0.5(C'_{ab,S} C'_{ab,R} + a'_S a'_R + b'_S b'_R)}}$$

$$(21)$$

Korekcije funkcija za svjetlinu, kromu i ton jesu S_L , S_C , S_H one su definirane kao:

$$S_L = \frac{1 + 0.15(L'_m - 50)^2}{\sqrt{20 + (L'_m - 50)^2}}, \quad L'_m = (L'_S + L'_R) / 2 \quad (22)$$

$$S_C = 1 + 0.045 \cdot C'_m, \quad C'_m = (C'_S + C'_R) / 2 \quad (23)$$

$$S_H = 1 + 0.015 \cdot C'_m \cdot T \quad (24)$$

Zajedno sa vrijednosti funkcije T;

$$T = 1 - 0.17 \cdot \cos(h'_m - 30^\circ) + 0.25 \cdot \cos(2h'_m) + 0.32 \cdot \cos(3h'_m + 6^\circ) - 0.20 \cdot \cos(4h'_m - 63^\circ) \quad (25)$$

$$h'_m = \frac{1}{2} (h'_S + h'_R) \quad (26)$$

zajedno sa izrazom R_T ;

$$R_T = (2G - 1) \cdot \sin(\Delta\theta), \quad \Delta\theta = 60 \cdot \exp \left\{ - \left[\frac{(h'_m - 275^\circ)}{25^\circ} \right]^2 \right\} \quad (27)$$

2.3. Ubrzano starenje elektromagnetnim zračenjem

Ubrzano starenje temelji se na degradaciji površine materijala, te se provodi onda kada želimo utvrditi promjene koje se događaju u dužem vremenskom intervalu. U obzir se uzimaju sve karakteristike materijala (fizikalne i kemijske), odnosno promjene koje se događaju tijekom njegova korištenja. Pritom je važno definirati uvijete koji utječu na pojavu tih promjena. Ispitivanja postojanosti materijala vrše se izlaganjem specifičnom elektromagnetskom zračenju pri čemu je važno izmjerena refleksija nakon određenog vremenskog perioda.

Poznato je da se elektromagnetsko zračenje definira valnom i čestičnom prirodom. Za ubrzano starenje važna je čestična priroda kod koje na promjene utječu paketi energije, fotoni. Energiju fotona možemo definirati izrazom:

$$E=h*\nu \quad (28)$$

Pri čemu je ν frekvencija, a h Planckovu konstantu. Elektromagnetsko zračenje u infracrvenom području spektra, posjeduje slabu energiju, te nisu sposobni uzrokovati značajnije fotokemijske reakcije. Smanjenjem valne duljine, približavamo se vidljivom dijelu (plava svjetlost je blizu ultraljubičastog dijela spektra), povećava se energija fotona koji mogu znatno utjecati na pojavu fotokemijskih reakcija. što se može prikazati formulom;

$$\nu=c/\lambda \quad (29)$$

Smanjenjem valne duljine povećava frekvencija fotona, a time i energija fotona. Fotokemijsku reakciju opisuje Grotthus-Draperov on predviđa da će se fotokemijska reakcija odviti u trenutku kada određeni materijal apsorbira foton odnosno primi dovoljan iznos energije koja će uzrokovati tu reakciju. Ovaj zakon nije u potpunosti razriješen i primjenjiv je samo za neke kemijske reakcije. Razlog tomu je utjecaj drugih supstanci koje apsorbiraju drugačije energije elektromagnetskog zračenja. Obojeni spojevi kao što su pigmenti i tiskovne podloge dobar su primjer. Sve skupa ukazuje na činjenicu da fotokemijsku reakciju ne uzrokuje bilo koji tip apsorbiranog elektromagnetskog zračenja i da postoji indirektna veza između elektromagnetskog

zračenja i građe materijala koji započinje fotokemijsku reakciju. Stupanj fotodegradacije materijala ovisi prije svega o prisutnoj energiji elektromagnetskog zračenja koju može apsorbirati jedna ili više tvari kako bi se izazvala degradacija.

Što je veća energija fotona, veći je utjecaj na degradaciju. Znanstvenici su mišljenja da postoji prag intenziteta ispod kojeg se fotokemijske reakcije ne mogu provesti. S druge strane, osnovno načelo fotokemije govori o tome da ne postoji prag intenziteta ispod kojeg se degradacija neće dogoditi. Teoretski gledano to znači da ako se intenzitet smanji za tisuću puta, prema pravilima recipročnosti, vjerojatnost fotomehaničke degradacije također bi se smanjila za tisuću. Pritom se mora uzeti da donji prag ne postoji (ispod kojeg se ne događa fotokemijska degradacija).

Za degradaciju ključni faktor je vrijeme. To upućuje na činjenicu da koliko god je intenzitet mali, produljenjem vremena eksponiranja materijal će se degradirati. Osim vremena, značajno je spomenuti i visoku temperaturu koja također ima utjecaj na degradaciju. Oba se pojavljuju ako se uzorci ne drže u kontroliranim uvjetima. Ako se uzima u obzir valna duljina, odnosno područje spektra koje je odgovorno za pojavu fotokemijske reakcije, tada govorimo o aktivacijskom području. Istraživanja su pokazala da se kod velikih valnih duljina, (točnije u infracrvenom dijelu spektra), mogućnosti pojave fotokemijskih reakcija približavaju nuli, jer su fotoni iz tog dijela spektra energetski slabi i nisu u stanju prouzročiti fotokemijsku reakciju.

Za ispitivanje degradacijskog procesa važan se pokazao vodikov peroksid. Mnogim istraživanjima se pokazalo da se na maksimalnu koncentraciju vodikovog peroksida utječe temperaturom. Pritom će se smanjenom temperaturom povećati koncentracija vodikovog peroksida odnosno doći će i do povećanja vremena reakcije. Vodikov peroksid se u uvjetima termalne pobude ponaša autokatalitički. To znači da se pri visokim temperaturama brže raspada nego spaja. S druge strane u uvjetima fotooksidacije, vodikov peroksid se akumulira i napreduje konstantno. Neki autori upućuju na to da je potrebno pratiti vrijeme fotoindukcije za koje se stvara dovoljna koncentracija ROOH skupine koja s druge strane povećava efikasnost transfera energije s fotoosjetljivih čestica na vodikov peroksid. Peroksidi se mogu raspasti fotolizom ali i

pod utjecajem susjednih supstanci ako se izlože elektromagnetskom zračenju plavog i svijetlu koje je blisko ultraljubičastom dijelu spektra. Produkti fotolize (peroksidi) mogu dalje oksidirati s česticama pigmenta koje se nalaze unutar papira, što ima za posljedicu blijedenje. U slučaju oksidacijskog procesa lignina on će tako poprimiti žućkasti ton[2].

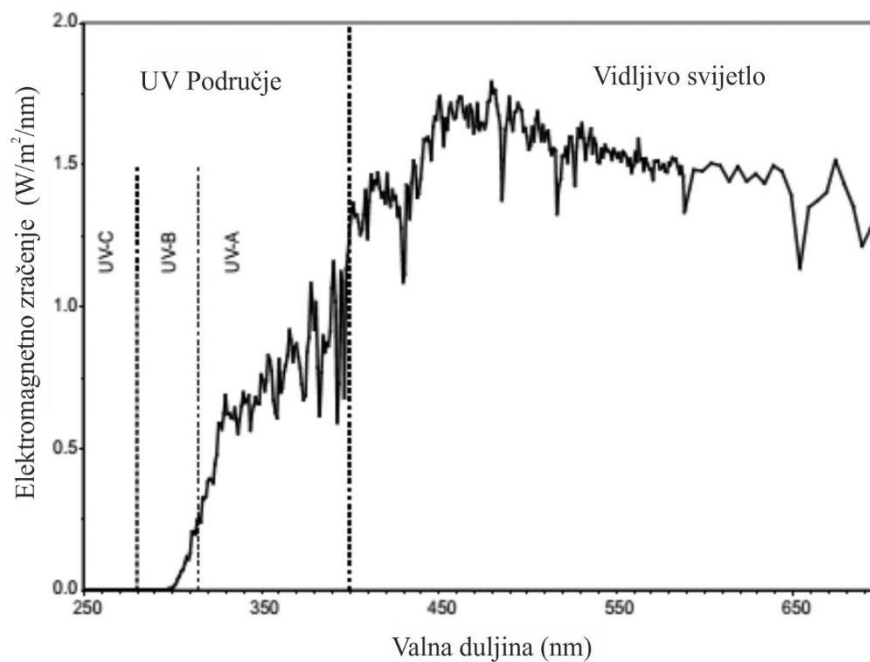
Metoda degradacije elektromagnetskim zračenjem ne koristi se za potrebe analize knjiga jer su papirne stranice skrivene iza korica. Knjige na policama tako su i izložene specifičnom elektromagnetskom zračenju (uglavnom sunčeva svjetlost koja prolazi kroz staklo).[2] Obično prozorsko staklo tako propušta samo 90% UVA zraka (400-315nm) i 10% ostalih, UVB (315-280nm) i UVC (280-200nm). Upravo u tim područjima elektromagnetskog zračenja, fotoni energije uzrokuju najveću degradaciju materijala. Bez obzira na njihov mali intenzitet, s vremenom će papir značajno degradirati. Naglasak je na vrijeme vrlo bitan odnosno koliko je trajanje papirnog izlaganja[3].

Istraživanja degradacije papira prirodnim starenjem pod utjecajem različitih izvora zračenja pokazala su značajnu redukciju optičkih svojstava. Posebice kod bezdrvnog papira, npr. bjelina, koji sadržavaju lignin. Upotrebom halogenih žarulja, bezdrvni papiri žute, dok će izlaganju na sunčevoj svjetlosti postati blijedi. U literaturi se također navodi činjenica da vidljiva svjetlost izaziva izbjeljivanje papira dok UV komponenta svjetlosti izaziva tamnjenje papira[4].

Gama elektromagnetsko zračenje (0,1 nm) također se koristi u istraživanju papira. Bombardiranjem papira gama zrakama izvodi se u svrhu deaktivacije i sprječavanja širenja gljivica koje se razvijaju na papirima tijekom skladištenja u vlažnim prostorima. Djelovanjem tog područja elektromagnetskog zračenja uglavnom utječe na mehanička svojstva papira te manje na optička[6].

2.4.1 Usporedba prirodnog i ubrzanog starenja

Sunčeva svjetlost je glavni uzrok oštećenja brojnih materijala. Najčešće to uključuje: plastiku, tekstil, razne površinske premaze i druge organske materijale. Međutim promjene se manifestiraju kao gubitak fizikalnih svojstava (pucanja, ljuštenja, blijeđenja) te promjeni obojenja koja varira ovisno o osjetljivosti materijala te o primijenjenom spektru sunčevog zračenja. Ona varira od materijala do materijala. Za izdržljive materijale poput premaza i plastika, kratkovalne UV zrake čiji je primarni uzrok polimerna degradacija. Međutim za manje izdržljive materijale poput bojila i pigmentata dugovalno UV zračenje, pa čak i kratkovalno vidljivo svjetlo može uzrokovati značajno oštećenje.

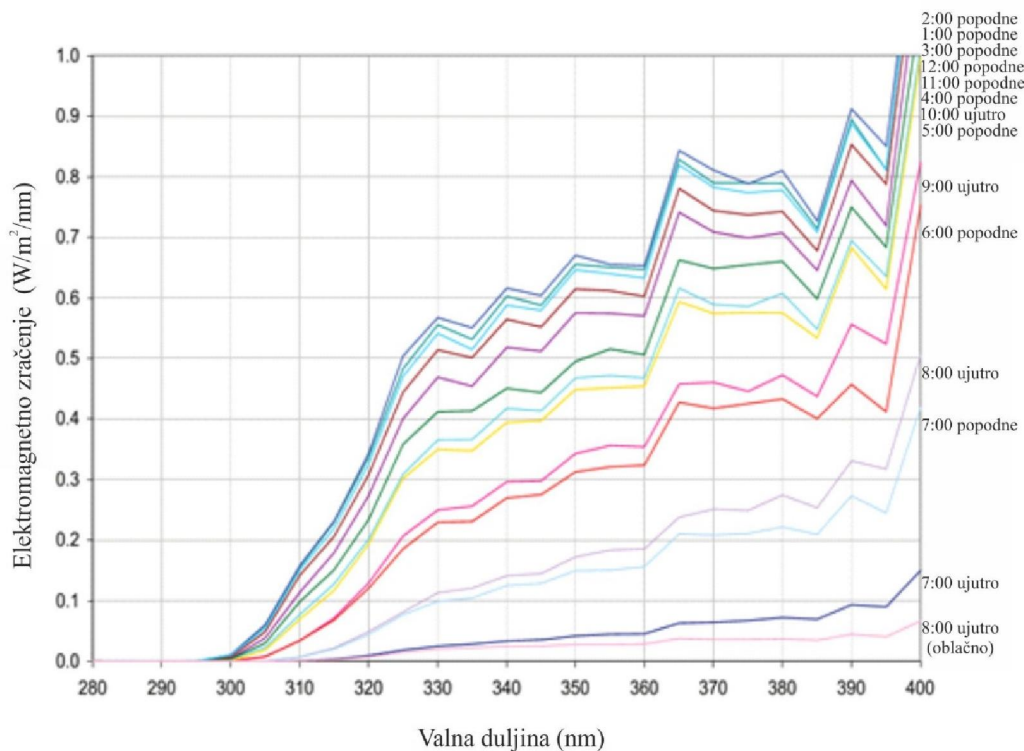


Slika 36. Sunčev spektar (Dostupno na: <http://www.q-lab.com/> 18.07.2013)

Za razne proizvođače materijala važno je formulirati proizvode koji mogu izdržati izlaganje vanjskom svjetlu. Uređaji za ubrzano starenje su dizajnirani kako bi simulirali prirodno svjetlo te se koriste za istraživanja i razvoj, kontrolu kvalitete i certificiranje materijala. Oni mogu dati brže i ponovljive rezultate[7].

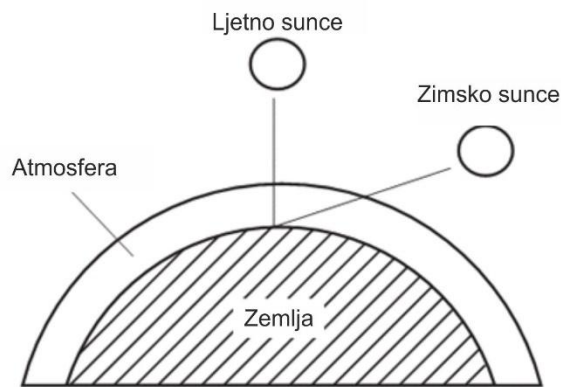
Sunčev spektar

Elektromagnetsku energiju sunčeve svjetlosti možemo podijeliti na tri segmenta to su: ultraljubičasto područje, oku vidljivu svjetlost i infracrveno područje. Pod ultraljubičasto zračenje spada dio spektra ispod 400 nm. Vidljivo svjetlo je definirano kao zračenje između 400 i 760 nm. Infracrveno zračenje počinje od 760 nm. Ultraljubičasto zračenje je iznimno je promjenjivo razlog tomu je to što se ultraljubičasti dio spektra lako filtrira zračnom masom, naoblakama, onečišćenjima zraka, itd.. Tijekom jednog dana sunčevo zračenje varira (Slika 37.). Osim što se analizira dnevno sunčevo zračenje često je potrebna i dugotrajna analiza (kroz godinu dana).



Slika 37. Sunčevo zračenje kroz dan (Dostupno na: <http://www.q-lab.com/> 18.07.2013)

Zbog nižeg sunčevog položaja, tijekom zime sunčevo zračenje se filtrira kroz veću zračnu masu. Dvije bitne razlike između ljetnog i zimskog sunčevog zračenja su promjene u intenzitetu i spektru. Štetnije kratkovalno zračenje je bolje filtrirano za vrijeme zime samim time intenzitet UV zračenja od 320nm je 8 puta jači ljeti nego zimi. Osim toga donja granica spektara kratkovalnog zračenja se pomiče sa 295nm (ljeti) na 310nm (zima). Prema tome, tijekom zimskih mjeseci materijali osjetljivi na UV zračenje bi se ispod 310nm degradirali minimalno. Takve promjene naročito su značajne za tiskovne podloge kao što je PVC.



Slika 38. Prikaz atmosferskog filtriranja ovisno o godišnjem dobu (Dostupno na: <http://www.q-lab.com/> 18.07.2013)

Spektralna osjetljivost

Vrsta i količina oštećenja materijala ovisna je o spektralnoj osjetljivosti. Spektralna osjetljivost je svojstvo koje opisuje kakva je šteta učinjena svjetlošću, odnosno kako ona varira ovisno o valnoj duljini. Samim time njome se određuje dali je materijal osjetljiv na kratkovalno, dugovalno ili oba zračenja[7].

Važnost Kratkovalnog zračenja

Fotokemijske reakcije uzrokovane emisijom fotona svjetlosti pri čemu dolazi i do razbijanja kemijskih veza. Za svaku vrstu kemijske veze, postoji kritična valna duljina koja sadrži dovoljno energije) da bi uzrokovala kemijsku reakciju. Svijetlost bilo koje valne duljine koje je manje od definiranog praga, može razbiti vezu međutim dugovalne duljine na žalost ne mogu (bez obzira na njegov intenzitet). Samim time ako

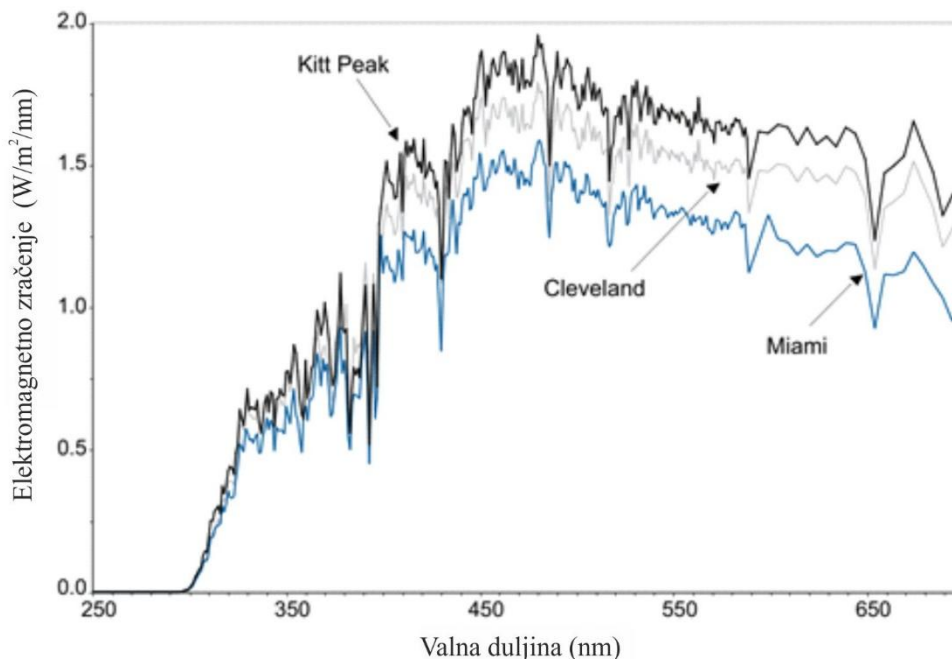
je određena tiskovna podloga osjetljiva na UV svjetlo ispod 295 nm, nikada neće doživjeti fotokemijsku reakciju na otvorenom (neće propadati). Ako istu podlogu izložimo laboratorijskom ispitivanju koji ima spektralni prag na 280nm, doživjeti će fotokemijsku reakciju, odnosno degenerirati će se. Prema tome izvori svjetla koji proizvode kraće valne duljine pogodni su za brža testiranja polimernih tiskovnih podloga, međutim postoji mogućnost nepoklapanja rezultata, ako simulacijskim tester proizvodi valnu duljinu koja je previše ispod praga materijaleve osjetljivosti.

Važnost dugovalnog zračenja

Materijali koji se koriste u interijeru nisu izloženi direktnom sunčevom zračenju samim time će materijali poput bojila zahtijevati primjenu kraćih valnih duljina. Tako i infracrveno zračenje također može potaknuti degradaciju materijala uz pomoć dodatnog toplinskog zračenja, (utjecati na termalnu degradaciju kod nekih osjetljivih materijala). Iako infracrveno zračenje ne uzrokuje fotokemijsku razgradnju, dodatna temperatura može povećati proces fotoinicirane razgradnje[7].

Komparacija Svjetlosnih izvori za ubrzano starenje

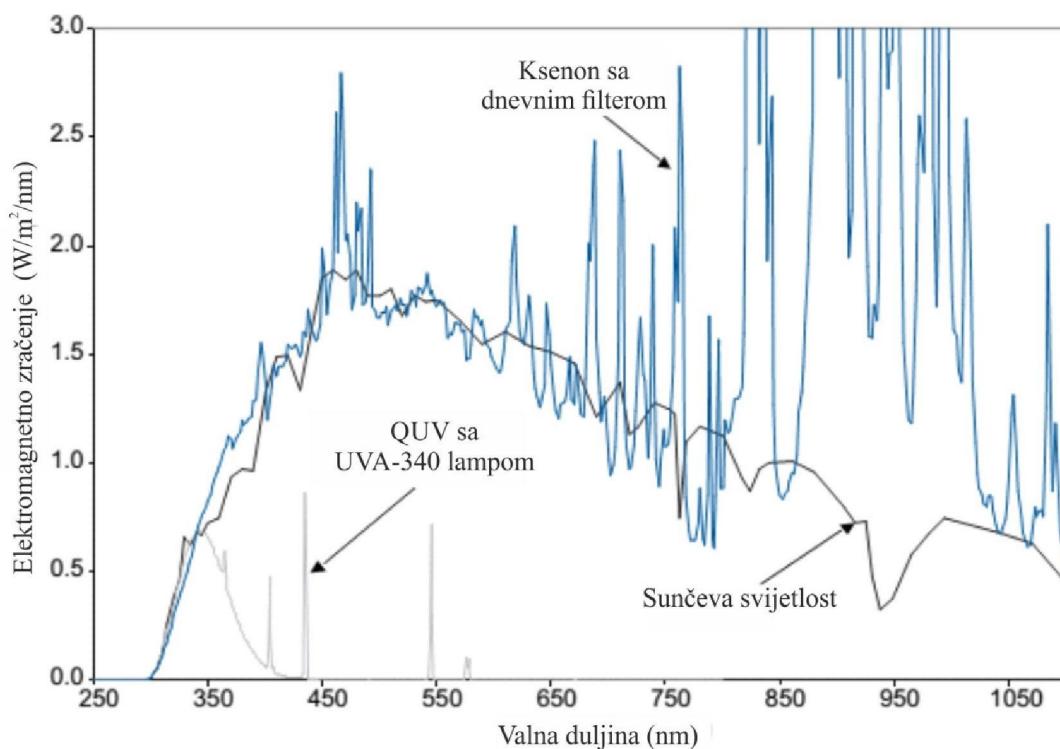
Kako bi mogli odrediti korisnost sunčeve svjetlosti, najčešće korištene svjetlosne izvore uspoređujemo sa Solarnim maksimumom (sunčeva svjetlost točno u podne pri normalnoj učestalosti za vrijeme ljetnog solsticija). Solarni maksimum je najekstremnije stanje koje se može dogoditi na otvorenoj površini i kao takvo postavlja granicu izdrživosti za tiskovne podloge. Pogrešno je uspoređivati izvore svjetlosti sa prosječnim stanjima sunčane svjetlosti. Unatoč svojstvenom odstupanju UV zračenja, mjerenja pokazuju na različitim lokacijama iznenađujuće male varijacije u odnosu na solarni maksimum(Slika 39).



Slika 39. Solarni maksimum na 3 različite lokacije (Dostupno na: <http://www.q-lab.com/> 18.07.2013)

Dva različita pristupa simulacije starenja

Starenje UV svijetlošću kao i starenje lampama sa ksenonskim lukom su dvije najčešće metode za ubrzano starenje. Obje metode se baziraju na dva potpuno drugačija pristupa. Tester s ksenonskim lampama reproduciraju čitavi sunčevi spektar uključujući UV zračenje vidljivi spektar i IR zračenje. Plin ksenon u suštini pokušava reproducirati cijelo sunčevo zračenje. UV simulacijska komora ne pokušava reproducirati cijeli sunčev spektar, nego samo onaj štetni dio sunčevog spektra. To je ostvareno filterskim ograničavanjem primarne emisije fluorescentnih lampi na samo UV dio spektra. Ovaj pristup je pokazao je učinkovitost jer kratkovalno UV zračenje čini gotovo sve oštećenje na otiscima koji su izloženi eksterijeru (Slika 40).

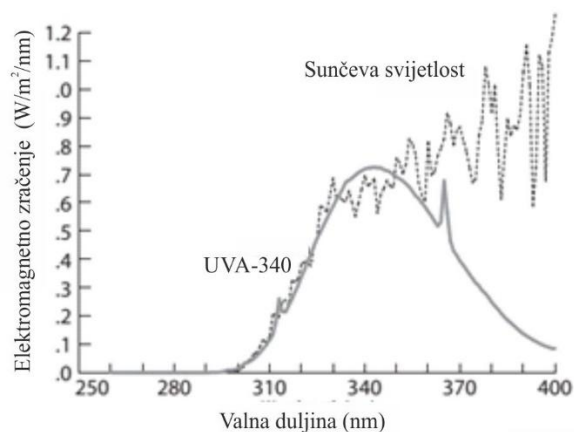


Slika 40. Usporedba sunčevog svjetla, ksenona i UV lampe (Dostupno na: <http://www.q-lab.com/> 18.07.2013)

Simulacijska komora sa ksenonskom lampom zahtjeva puno više električne energije kako bi emitirao puni spektar. Posljedica toga je oslobađanje velike količine topline koja utječe na vidljivi i infracrveni spektar. Zbog toga toplinu moramo odvoditi ventilatorima ili vodenim hlađenjem. Može se zaključiti kako je razlika u cijeni ova dva testiranja ogromna, pa se iz tog razloga češće koristi jeftinija metoda ubrzanog starenja koja primjenjuje kvarcne UV lampe.

UVA lampe

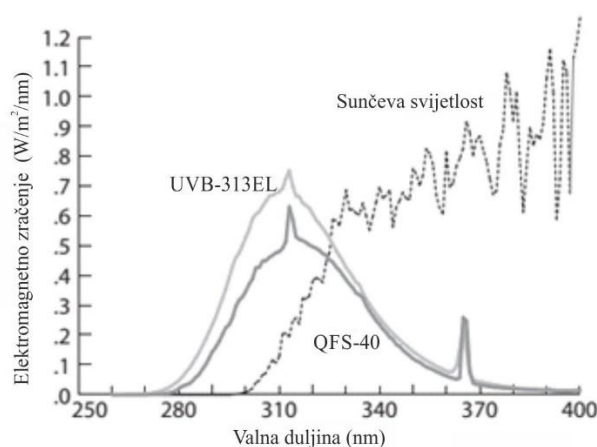
UVA lampe koriste se za uspoređivanje različitih vrsta polimernih tiskovnih podloga. Razlog tome je što spektar ne sadržava valne duljine ispod 295 nm. One ne degradiraju materijale brzo kao UVB lampe. UVA lampe daju puno bolju korelaciju sa stvarnim vanjskim uvjetima odnosno u potpunosti se preklapa sa sunčevim kratkovalnim zračenjem[8].



Slika 41. Usporedba elektromagnetskog spektra UVA lampe i sunca
(Dostupno na: <http://www.q-lab.com/> 18.07.2013)

UVB lampe

Zračenje UVB lampi uključuje najkraće valne duljine koje emitira prirodno sunce. One se koriste izazivanje brzih promjena uz minimalne simulacijske troškove. Sve UVB lampe emitiraju neprirodne kratkovalne duljine UV zračenja, koje se nalaze ispod sunčevog praga od 195 nm. Sa ovakvim lampama postoji visoka mogućnost pojavljivanja netočnih rezultata[8].

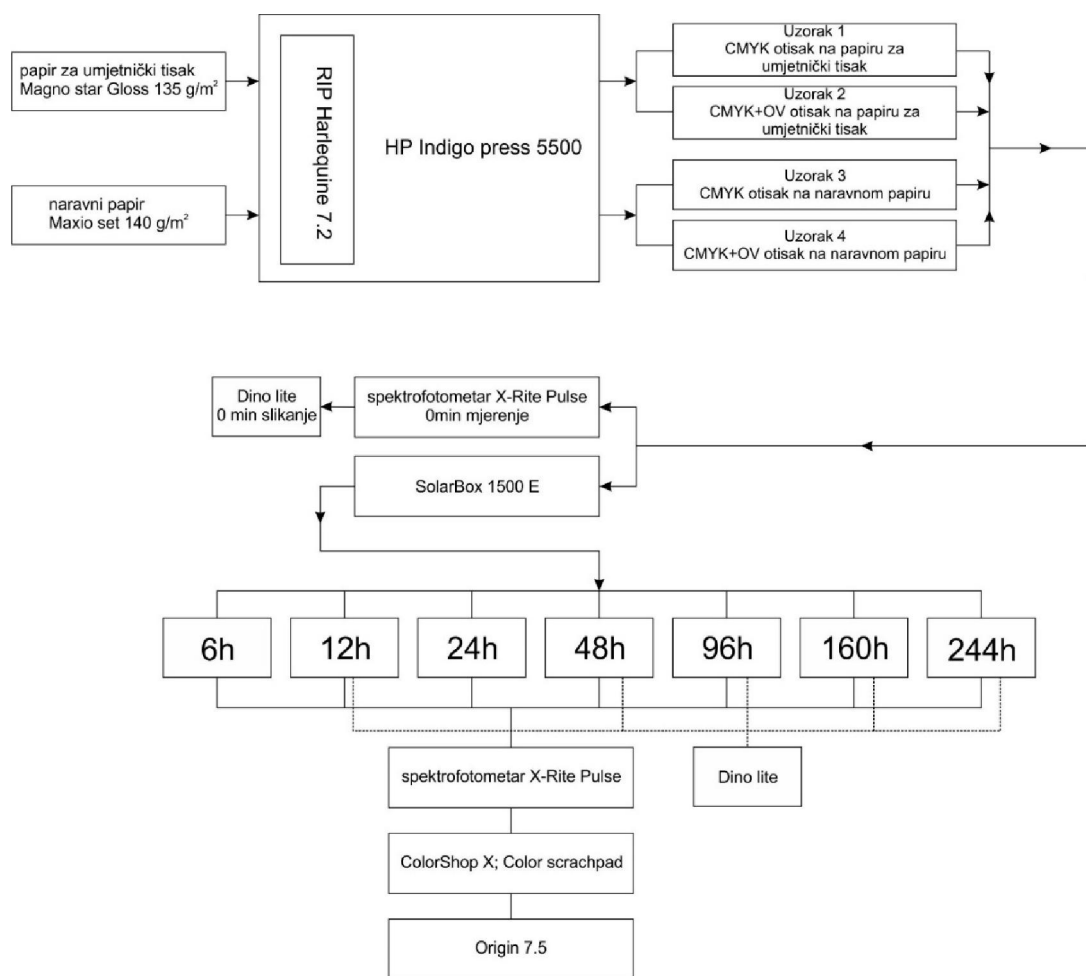


Slika 42. Usporedba elektromagnetskog spektra UVB lampe i sunca
(Dostupno na: <http://www.q-lab.com/> 18.07.2013)

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Metode korištene za izradu diplomskog rada

U ovom diplomskom radu ispitivan je utjecaj simultanog svjetlosnog starenja na standardna procesna elektroink bojila i na dvije dodatne elektroink PANTONE boje (narančasta i ljubičasta). Otisci su otisnuti na tiskarskom stroju HP Indigo Serije 5500 na dvije različite podloge (papir za umjetnički tisak Magno star Gloss 134 g/m² i naravni ofsetni papir Maxio set 140 g/m²). ElectroInk je samo jedan tip elektrofotografskog bojila koji se koristi u digitalnom tisku. Postojanost na svjetlo izvršiti će se u uređaju za ubrzano starenje „Solarboxu 1500 E“ u skladu sa sljedećim vremenskim intervalima: 0 min, 6h, 12h 24h, 48h, 96h, 160h i 244h, pri temperaturi od 50°C, snagu od 550 W/m², relativnu vlažnost zraka 65% i Xenocrom filter 320. Tiskovna forma korištena u ovom radu sastoji se od CMYKOV tiskovnih elemenata. To su 10 polja za određenu RTV vrijednost (od 10-100% u koraku od 10%). Tiskovna forma sadržavala je i mikrotekst koji je mikroskopom uvećan u vremenskim intervalima (0min, 12h, 48h, 96h, 160h i 244h), što je poslužilo za vizualnu upotrebu. Nastale kolorne promjene detektirali smo pomoću spektrofotometra X-rite Pulse. Pri čemu su se mjerenja izvodila u šest ponavljanja. Na otisku su se mjerila rasterska polja od 20%, 40%, 80% kao i puni ton (100% RTV-a). Za mikroskopski analizu uzeta su polja od 40% i 100% te karakteristični intervali (0min, 12h, 48h, 96h, 160h i 244h). Za potrebu detaljne analize kolornih promjena (3D CIELAB prikaz, ΔL , ΔC i ΔH) korišten je računalni program Color Shop X, pomoći kojega su i prikazani rezultati. Za precizniji grafički prikaz korišten je računalni program Origin Pro 8.0. izrađeni svi dijagrami.

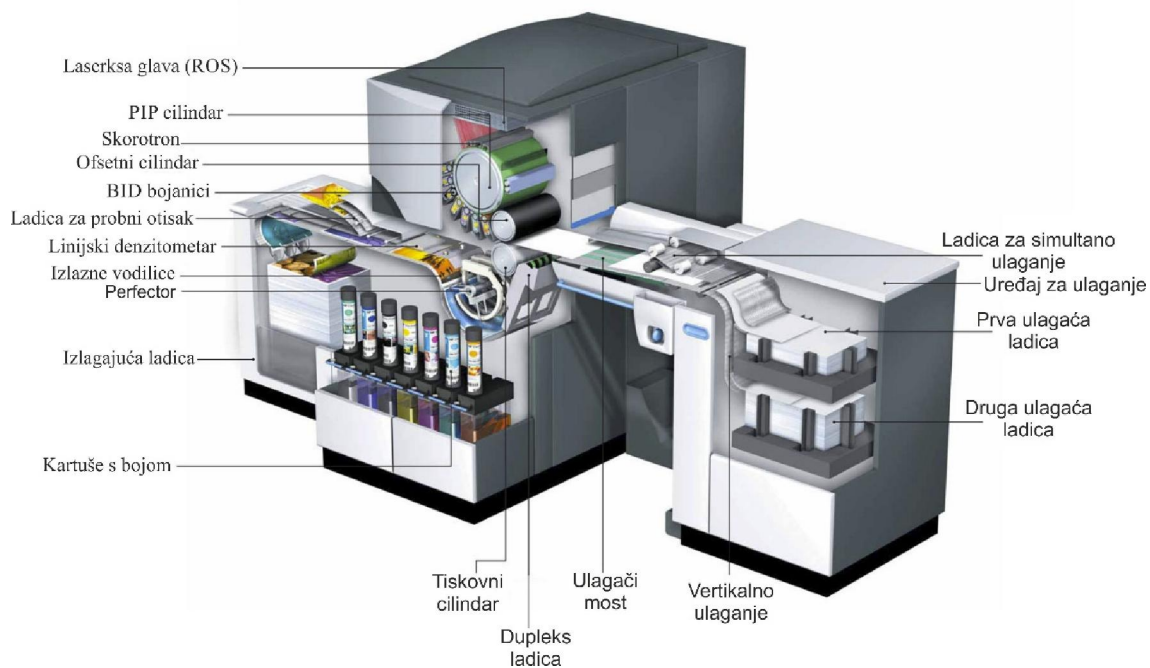


Slika 43. Shematski prikaz izvršenog eksperimenta

3.2. Korišteni uređaji i materijali

HP Indigo press 5500

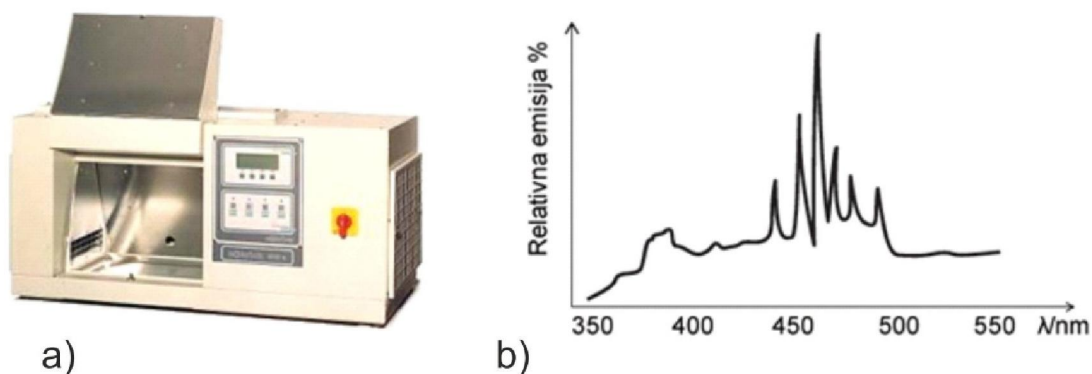
HP Indigo press 5500 je digitalni sedmerbojni tiskarski stroj koji je u mogućnosti tiskati razne kombinacije boja. Jedna od njih je HP IndiChrome onPress (CMYKOV), odnosno tisak standardnog CMYK-a s dodatnim bojama narančastom i ljubičastom. Tehnologija tiska koju koristi stroj HP Indigo 5500 je elektrofotografija koja koristi ElektroInk bojilo (HP ElectroInk Technology). Brzina tiska fiksna te ovisi o broju separacija (4,000/h za 4-boje; 8,000/h za 2-boje, 16,000/h monokromatski). Standardna ispisna rezolucija iznosi 812x812 DPI, odnosno u HDI opciji 2400x2400 DPI. Maksimalna veličina otisnute slike je 307x450mm, dok je maksimalni format papira 320x464mm. Stroj koristi 4 ulagače ladice s kapacitetom od 6000 araka papira. Ima mogućnosti tiska Pantone - HP IndiChrome onPress 6-bojni tisak (CMYK+OV), Pantone - HP IndiChrome offPress, za kreiranje spot boja upotrebom CMYK-a i narančaste, ljubičaste, rodamin crvene, zelene, refleksno plave, jarko žute i transparentnog laka. Stroj radi pomoću PC računala (2.8 GHz Pentium 4 procesor) s operativnim sustavom XP Professional. Podržava ulazne formate: Postscript Level 3, PDF 1.5, PDF/X-1a:2001, PDF/X-3:2002, TIFF, JPEG, EPS, PPML, JLYT. RIP koji je sastavni dio stroja (onPress RIP) pri čemu se primjenjuje Global Graphics Harlequin verzija 7.2.



Slika 44. Prikaz tiskarskog stroja HP Indigo press 5500

SOLARBOX 1500 E

Solarbox 1500E je uređaj za simulaciju starenja raznih tiskovnih podloga. U uređaju se nalazi ksenonska lampa. Ona emitira elektromagnetsko zračenje dvostruko veće količine svjetlosti nego samo Sunce. Snaga zračenja može se kretati od 250 do 1100 W/m², u intervalu elektromagnetskog zračenja od 290 do 800 nm. Radijacija se kontrolira preko *radiometra*. Osim toga, u uređaju se nalaze i razni UV filteri koji u kombinaciji s ksenonskom lampom simuliraju spektar zračenja ekvivalentan realnom vanjskom dnevnom svjetlu. Komora se sastoji od reflektivnih ploha koje usmjeravaju zračenje na uzorak. Temperatura je drugi podesivi parametar u ovom uređaju. Ona se također može nadzirati i kontrolirati, a toplina koja se stvara je od same ksenonske lampe. Temperatura se kontrolira preko *standardnog crnog termometra* koji se nalazi u blizini uzoraka. Temperature koje se mogu definirati unutar komore su od 35°C do 100°C. Površina za smještanje uzoraka u komoru je dimenzija 280x200 mm.



Slika 45. Solarbox, uređaj za degradaciju materijala

a) Njegova fotografija

b) spektralna emisija ksenonske žarulje

Spektrofotometar X-Rite DTP20 Pulse

X-Rite DTP20 Pulse je spektrofotometar koji se primjenjuje u Pulse ColorElite sistemu. Koristi se za mjerenje spektrofotometrijskih i denzitometrijskih vrijednosti. Mjerenje može provoditi u obliku stripa ili zasebnih polja. Također je sposoban i za mjerenje pojedinačnih polja što omogućuje primjenu i u kontroli kvalitete tiska. Osnovne karakteristike spektrofotometra X-Rite DTP 20 Pulse prikazane su u tablici 2.

Tablica 2. Osnovne karakteristike spektrofotometra X-Rite DTP 20 Pulse

Spektralni senzor	LIST tehnologija
Spektralni opseg mjerenja	400-700nm
Ponovljivost	0,2 ΔE max +/- 0,01 D max
Brzina mjerenja	< od 2 sec za 30 polja
Interno instrumentsko slaganje	< 0.3 ΔE 94 prosjek < 0.6 ΔE 94 max
Mjerna geometrija	0 / 45% ANSI / ISO 5.4.
Dimenzija / masa	6,1 x 6,1 x 13,2 cm / 258 g
Mjerni zaslon	3,2 mm promjer

Digital Microscope DinoLite Pro LWD

Digitalni mikroskop DinoLite Pro LWD je korišten za velika slikovnu analizu temeljenu na uvećanju mjernih uzoraka. Uređaj je spojen sa računalom, ima zaseban izvor svjetlosti te je za njegovu upotrebu potreban računalni program Dino Xcope. Osnovne karakteristike digitalnog mikroskopa DinoLite Pro LWD prikazane su u tablici 3.

Tablica 3. Osnovne karakteristike digitalnog mikroskopa DinoLite Pro LWD

Dimenzije uređaja	10,5cm x 3,2 cm
Rezolucija uređaja	SXGA 1280 x 1024 dpi, 1.3M pixels
Uvećanje	10x - 250x
Izvor svjetla	8x LED lampica
Spektralni senzor	DRS
Mjerenje boja	Automatic Color Balance
Vrsta veze	USB

Magno Star Gloss

Papir Magno star Gloss spada u skupinu papira za umjetnički tisak. Obostrano je premazan papir. Te njegov premaz nastaje u doradnoj fazi proizvodnje papira (metoda Air Knife). Premazi koji se nanose na papire uglavnom se sastoje od mješavine pigmenata, veziva i optičkih dodataka (bjelila). Proizvođač Magno star Gloss papira je tvornica papira Sappi. Osnovne karakteristike papira za umjetnički tisak „Magno star Gloss“ prikazane su u tablici 4.

Tablica 4. Osnovne karakteristike papira za umjetnički tisak „Magno star Gloss“

	Jedinica	Standard	Vrijednost	Tolerancija
Gramatura	g/m ²	ISO 536	135 g/m ²	+/-4%
Debljina	mm	ISO 534	0.098mm	+/-8%
Bjelina	%	ISO 2471	95	-1
Relativna vlažnost	%	TAPPI 502	50	+/-5
pH vrijednost	-	ISO 6588	>7	-
Specifični volumen	cm ³ /g	ISO 534	0,70	+/-6%

Maxio Set

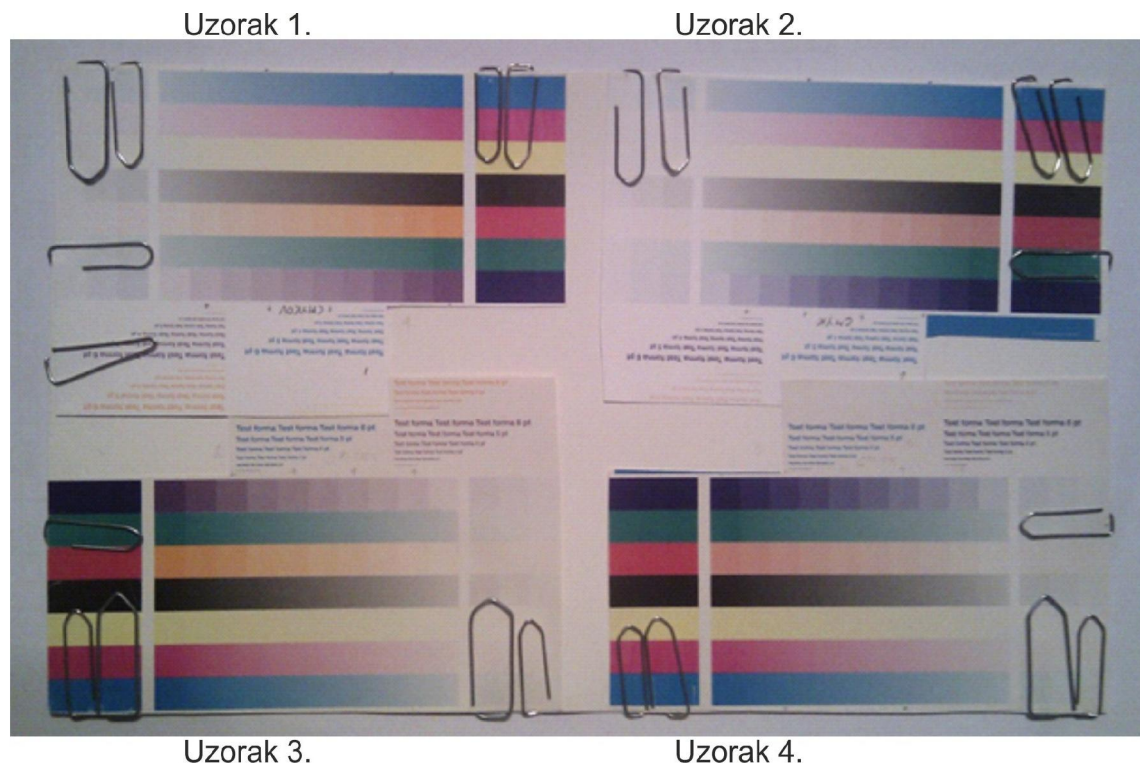
Papir Maxio set je 100% bezdrveni nepremazani ofsetni papir. Za njega je karakteristično da se pri proizvodnji koristi celuloza nastala razvlaknjivanjem u kemijskoj pulpi. Pritom u sastavu udio drvenjače ne bi smio biti veći od 5%. Vlakanca dobivena na takav način koriste se za proizvodnju različitih tiskovnih i pisaćih papira. Proizvođač Maxio set papira je tvornica papira Sappi. Osnovne značajke naravnog papira „Maxio set“ prikazane su u tablici 5.

Tablica 5. Osnovne značajke naravnog papira „Maxio set“

	Jedinica	Standard	Vrijednost	Tolerancija
Gramatura	g/m ²	ISO 536	140 g/m ²	+/-4%
Debljina	mm	ISO 534	1.002mm	+/-8%
Bjelina	%	ISO 2471	95	-1
Relativna vlažnost	%	TAPPI 502	50	+/-5
pH vrijednost	-	ISO 6588	>7	-
Specifični volumen	cm ³ /g	ISO 534	0,84	+/-6%

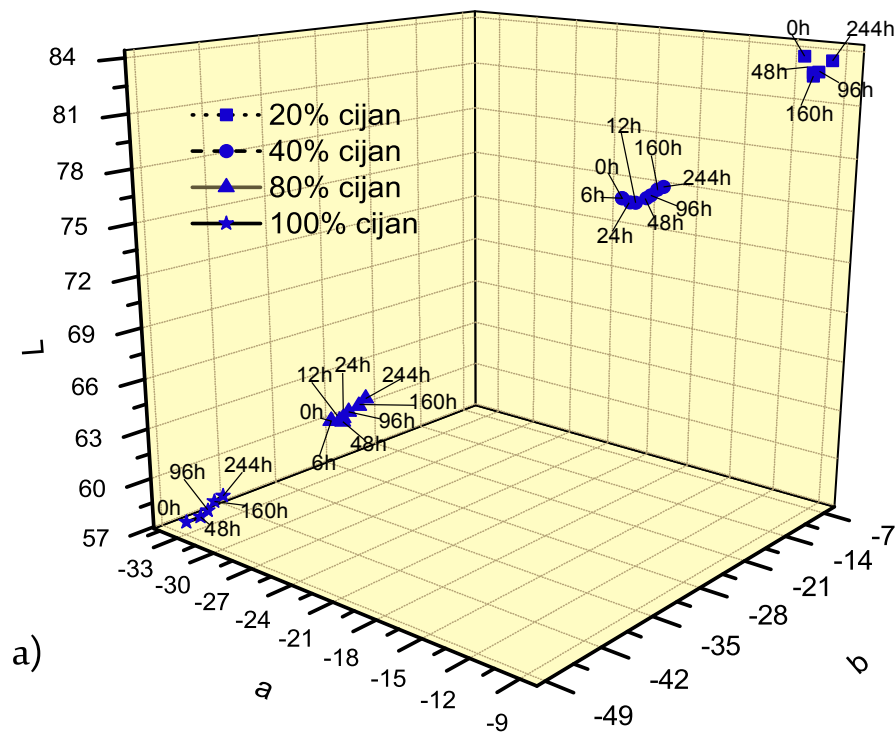
4. REZULTATI I RASPRAVA

Za izvođenje eksperimenta korištena su četiri uzorka (Uzorak 1.= CMYK otisnut na KD papiru; Uzorak 2.=CMYKOV otisnut na ofsetnom papiru; Uzorak 3.= CMYK otisnut na ofsetnom papiru ; Uzorak 4.=CMYKOV otisnut na ofsetnom papiru). Fiksirani su na zajednički nosač da bi se omogućilo ujednačeno osvjetljavanje. Uzorci su fiksirani pomoću spajalica (Slika 46.).

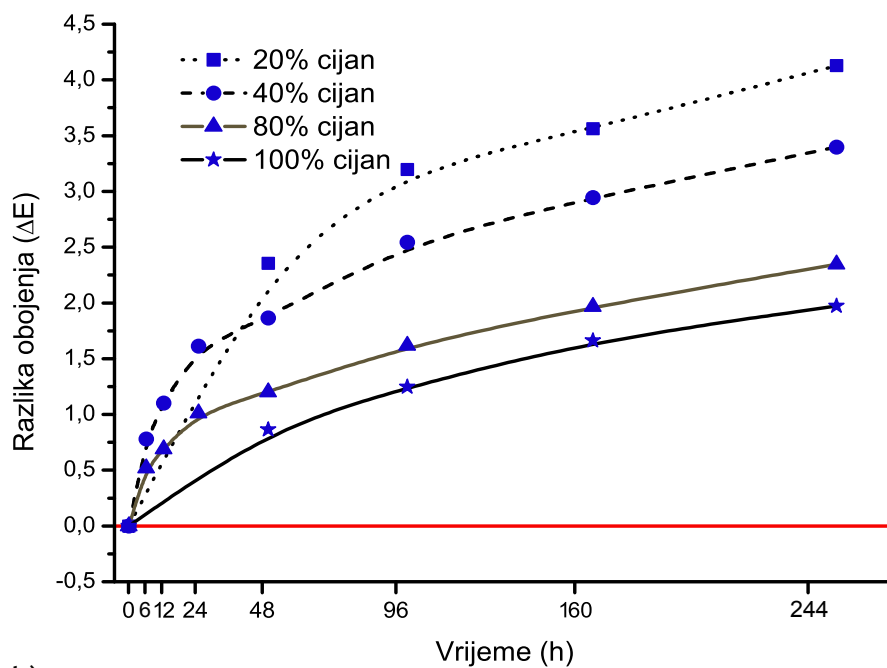


Slika 46. Prikaz starenih uzoraka

Na slikama 48, 49, 50 i 51 prikazane su kolorne promjene za procesna CMYK bojila, otisnu na HP Indigo Serije 5500 na papiru za umjetnički tisak Magno star Gloss. Osim toga prikazane su i kolorne promjene nastale starenjem HP Indigo otisaka u periodu od 0 - 244 sata. Pritom su otisci bili izloženi niskim valnim duljinama (UV područje EM zračenja) imat će za posljedicu promjene imati i određenu kolornu degradaciju.



a)



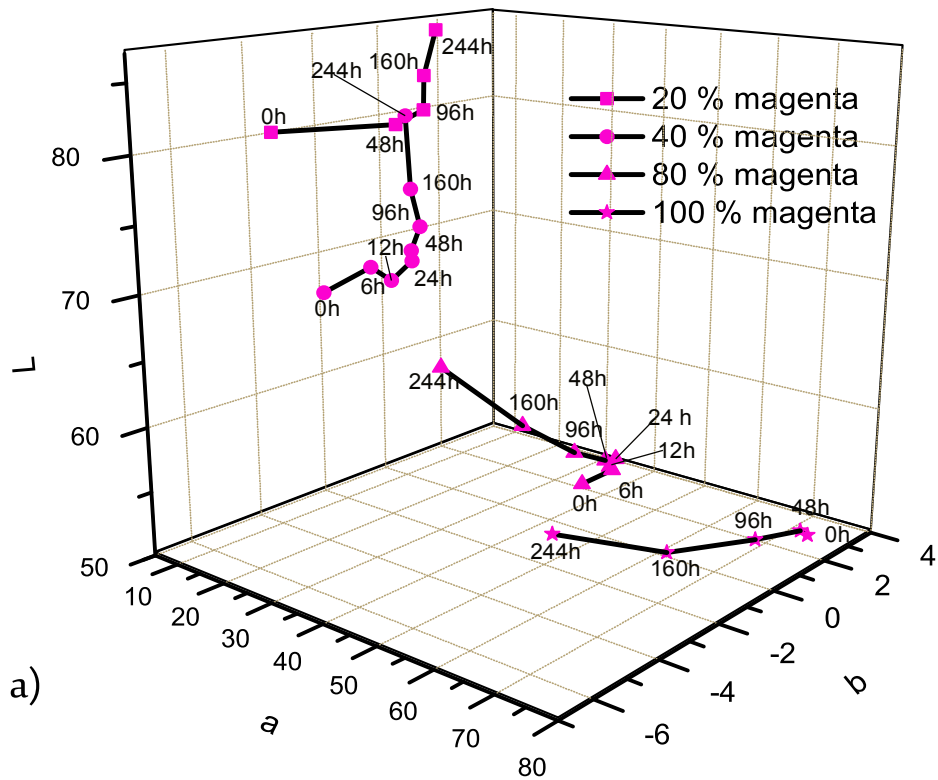
b)

Slika 47. Kolorne promjene nastale starenjem cijan HP indigo otisaka u vremenskom periodu od 0-244 sata na papiru Magno star Gloss

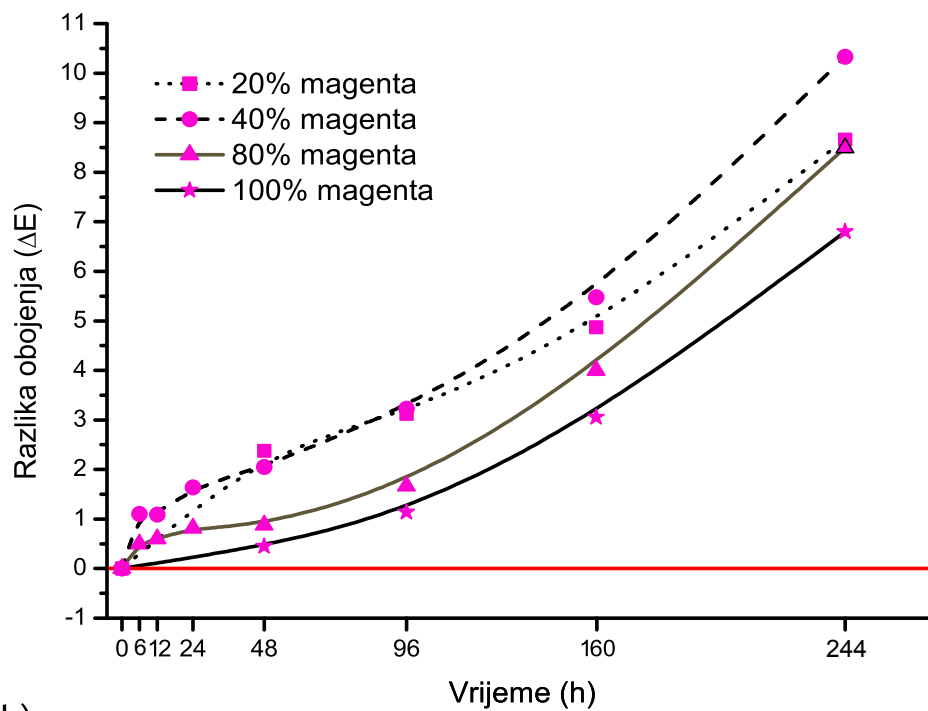
- a) 3D prikaz odstupanja cijan bojila za rastertonska područja 20%, 40%, 80% i 100%
 b) Razlika obojenja cijan bojila (ΔE_{00} tijekom 244 sata) nastala tijekom eksperimentalnog izlaganja

Na slici 47. a) prikazane su devijacije cijan otisaka čiji je pigment baziran na ftalocianinu. Ispitivani cijan otisci na Gloss papiru za umjetnički tisak su tijekom eksperimenta doživjeli srednju razliku kolornoj promjeni. U grafu jasno se može zamijetiti grupiranost rastertonkih vrijednosti, što jasno ukazuje na to da se nisu dogodile ekstremne promjene. Dobivene vrijednosti se polako pomiču po osi L* (svjetlina) a značajnije po osi b* (kreću se od -b* prema +b*), što znači da uzorci počinju žutjeti.

Iz dvodimenzionalne krivulje se može jasno uočiti kako su sve krivulje paraboličnog oblika, te nemaju linearno kretanje. Tako se sa sigurnošću može reći kako će uzorak lagano stariti, te svoja optička svojstva sporo gubiti. Cijan uzorci nakon 24 sata starenja prelaze granicu koju ne može zamijetiti ljudsko oko te njegova deformacija postaje vidljiva tek uvježbanom promatraču. Nakon 48sati starenja 40% i 80% RTV otisci zadržavaju optimalnu razliku dok se umjerena razlika obojenja uočava kod 20% RTV. Puni ton ne oscilira te se njegova vrijednost još uvijek se nalazi u području koje prosječno ljudsko oko ne vidi. Daljnjim simuliranim starenjem RTV od 20% i 40% starenjem imati će puno veće oscilacije dok 80% i 100% RTV. Nakon 244sata možemo vidjeti kako su sve vrijednosti nalaze u području umjerene kolorne razlike ili neposrednoj blizini te granice. Za puni ton tako ona iznosi $\Delta E_{100\%}=1,97$, dok za 20% RTV $\Delta E_{20\%}=4,13$. Možemo reći da cijan bojilo stavljeno u ekstremne uvijete (ubrzanog starenja nakon 244 sata) ima stabilne i zadovoljavajuće rezultate.



a)



b)

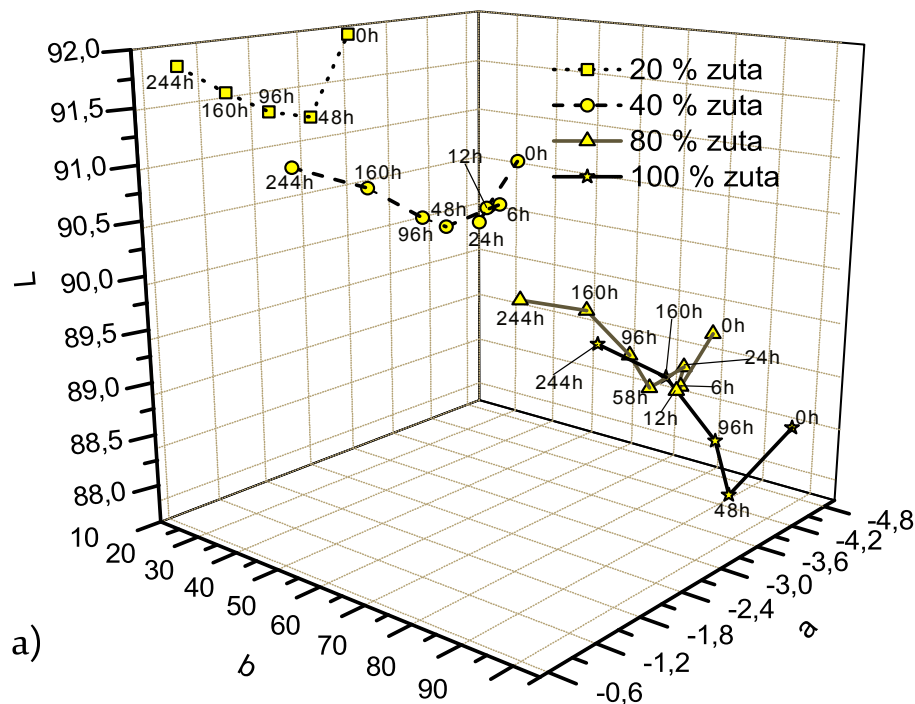
Slika 48. Kolorne promjene nastale starenjem magentinih HP indigo otisaka u vremenskom periodu od 0-244 sata na papiru Magno star Gloss

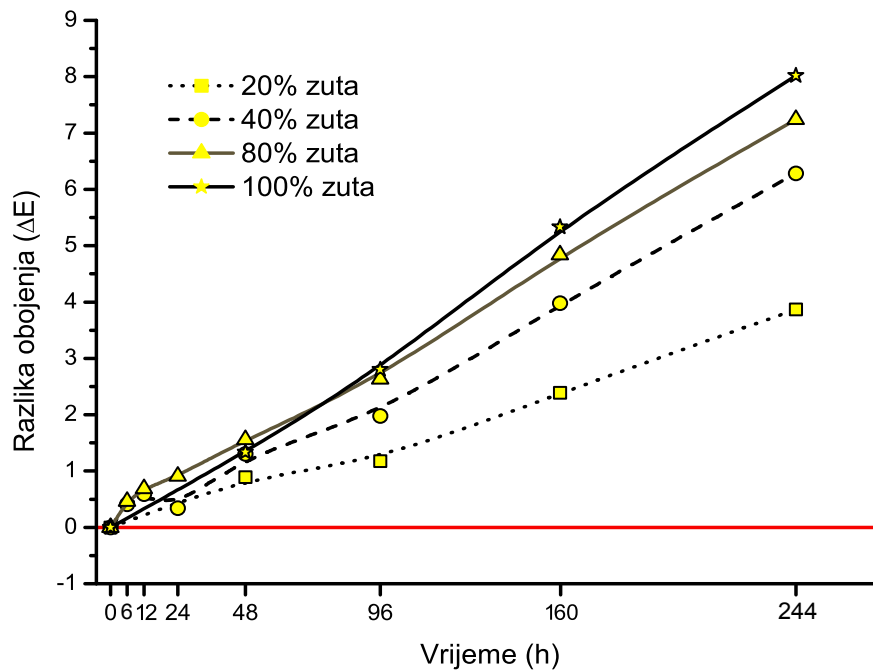
- a) 3D prikaz odstupanja magenta bojila za rastertonska područja 20%, 40%, 80% i 100%
 b) Razlika obojenja magenta bojila (ΔE_{00} tijekom 244 sata) nastala tijekom eksperimentalnog izlaganja

Magentini otisci na papiru za umjetnički tisak (Slika 48.) od svih otisaka su doživjeli najveće kolorne promjene. Za razliku od cijan otisaka oni će nakon 244 sata prijeći granično područje velike razlike obojenja ($\Delta E > 5$). Takvu promjenu magenta otisci će doživjeti nakon 160 sati.

Također se može uočiti ekstremna kolorna promjena i u području za 80% i 100% RTV (devijacija po svjetlini). Te u području 20% i 40% RTV (kromatičnosti). Možemo uvidjeti još jednu interesantnu pojavu a to je kod 40%, 80% i 100% RTV nakon 12h starenja naglo počinje rast u svjetlini, te gubitak po kromatičnosti.

Preciznije kretanje rezultata može se vidjeti na slici 48 b). Nakon 24 sata starenja dolazi do prve detektirane promjene (40% RTV drastičnije gubi svojstva), pa se njegova vrijednost nalazi na optimalnoj granici ($\Delta E_{40\%} = 1,64$). Tamniji tonovi se nemjenjaju (80% iznosi $\Delta E_{80\%} = 0,82$). Grafovi zadržavaju linearni izgled, nakon čega započinju ekstremne promjene (nakon 160 sati, gdje 40% RTV prelazi veliku razliku obojenja $\Delta E_{40\%} = 5,48$). Najveću promjenu je doživjela su otisci sa 40% RTV koji iznose $\Delta E_{40\%} = 10,33$, a najmanje puni tonovi ($\Delta E_{100\%} = 6,8$) zbog tako velike kolorne promjene gotovo svi grafovi poprimaju linearni izgled što upućuje na veliku degradaciju magenta bojila.





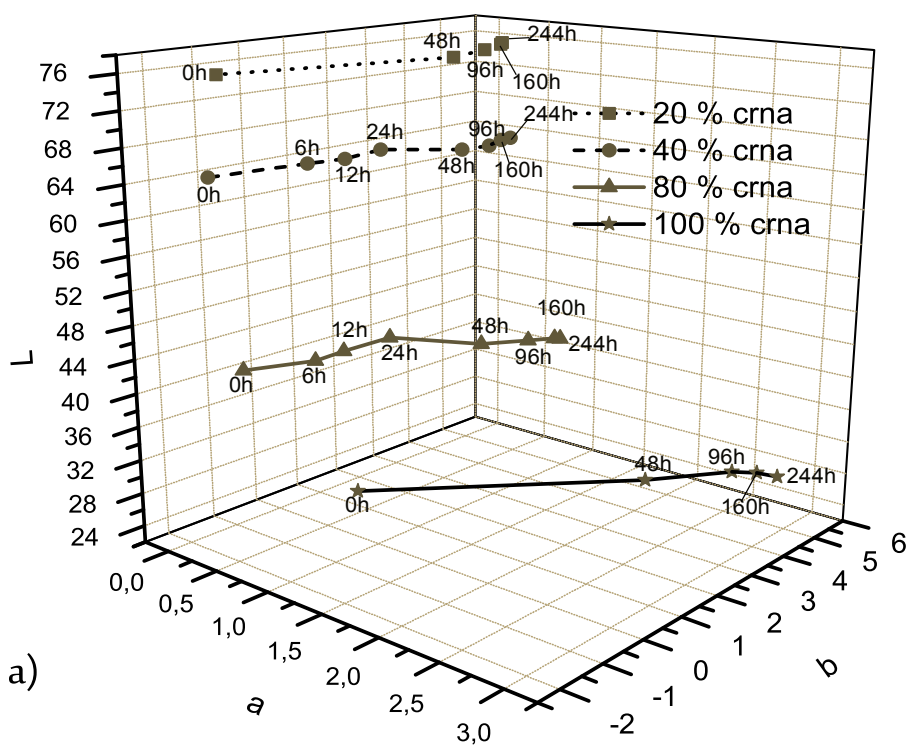
b)

Slika 49. Kolorne promjene nastale starenjem žutog HP indigo otisaka u periodu od 0-244 sata na papiru Magno star Gloss

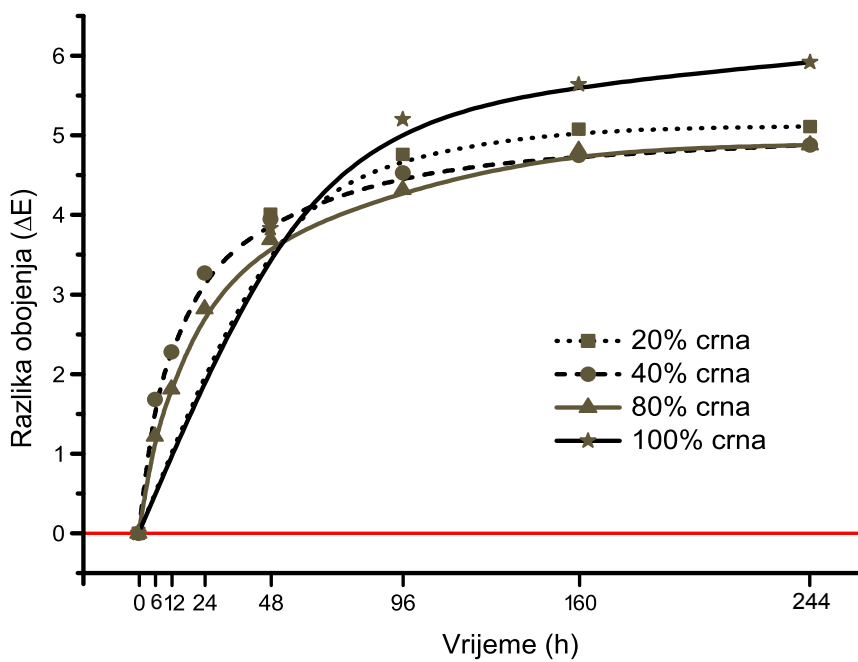
- a) 3D prikaz odstupanja žutog bojila za rastertonska područja 20%, 40%, 80% i 100%
 b) Razlika obojenja žutog bojila (ΔE_{00} tijekom 244 sata) nastala tijekom eksperimentalnog izlaganja

Starenje žutih otisaka na grafu uočene su najmanje promjene po svjetlini, međutim puno više po kromatičnosti. Posebno je to vidljivo po osi b^* gdje se otisci iz žutog područja kreću u smjeru plavog tonskog područja. Promjena se može najbolje uočiti po $L^*a^*b^*$ vrijednostima punog tona gdje je vrijednost žute prije starenja iznosi $L^*=88,48$ $a^*=-4,80$ $b^*=87,7$ a nakon 244 sata starenja $L^*=89,11$ $a^*=-4,06$ $b^*=54,22$. Možemo uočiti minimalne promjene po L^* i a^* osi, te velike po b^* osi. Žuta boja će prema tome najviše degradira po kromatičnosti ($\Delta C_{100\%}=7,97$) što se ostvaruje nakon 244 sata starenja.

Na slici 49 b) Može se primijetiti još jedna neobična stvar, a to je da najveću degeneraciju doživjela puni ton ($\Delta E_{100\%}=8,02$), a najmanju 20%RTV-a ($\Delta E_{20\%}=3,87$). Prva vidljiva promjena uočena je nakon 48 sati starenja gdje su sve rasterske vrijednosti doživjele kolornu promjenu (izuzetak je 20% RTV-a). Nakon 96 sati otisci prelaze granicu umjerene razlike u obojenju od 80% i 100% RTV. Graf je gotovo linearan, pa možemo zaključiti da bi daljnjim starenjem žuta boja se sve više degenerirala.



a)



b)

Slika 50. Kolorne promjene nastale starenjem crnih HP indigo otisaka u periodu od 0-244 sata na papiru

Magno star Gloss

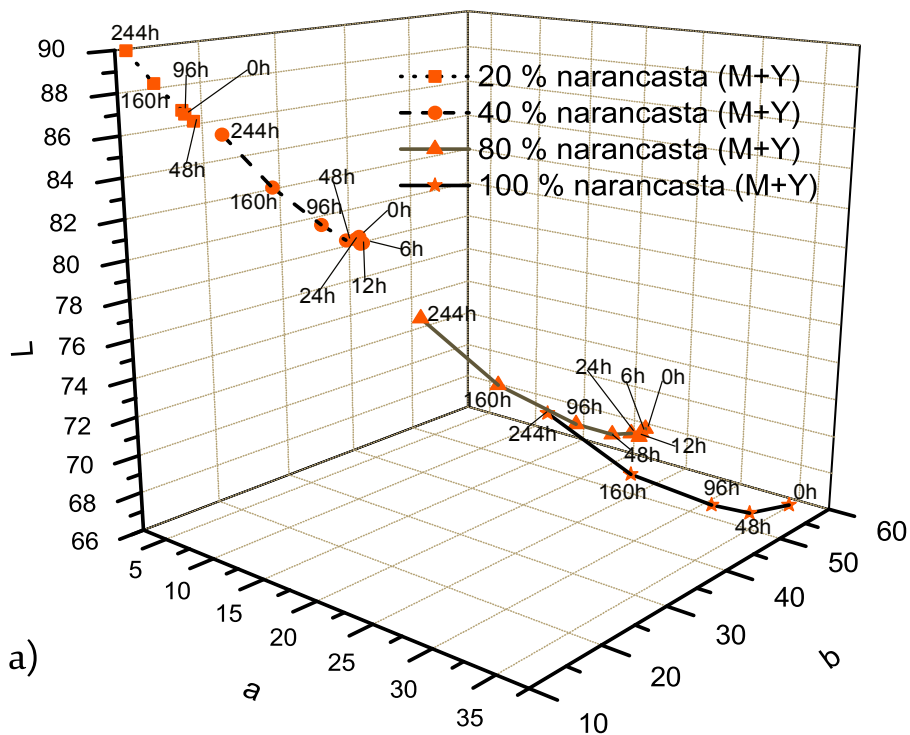
- a) 3D prikaz odstupanja crnog bojila za rastertonska područja 20%, 40%, 80% i 100%
 b) Razlika obojenja crnog bojila (ΔE_{00} tijekom 244 sata) nastala tijekom eksperimentalnog izlaganja

Slika 50. prikazuje $L^*a^*b^*$ vrijednosti za otiske u području od 20%, 40%, 80% i 100% RTV vrijednosti. Iz grafa možemo čitati da se promjena događa po kromatičnosti ali ne i po svjetlini. Iz grafikona može se vidjeti da se i dolazi i do vremenom degeneracije uzoraka. Onda se tonska vrijednost najviše smanjuje u prvih 48 sati. Nakon toga otisci se stabiliziraju (vremenski period između 96 i 244 sata).

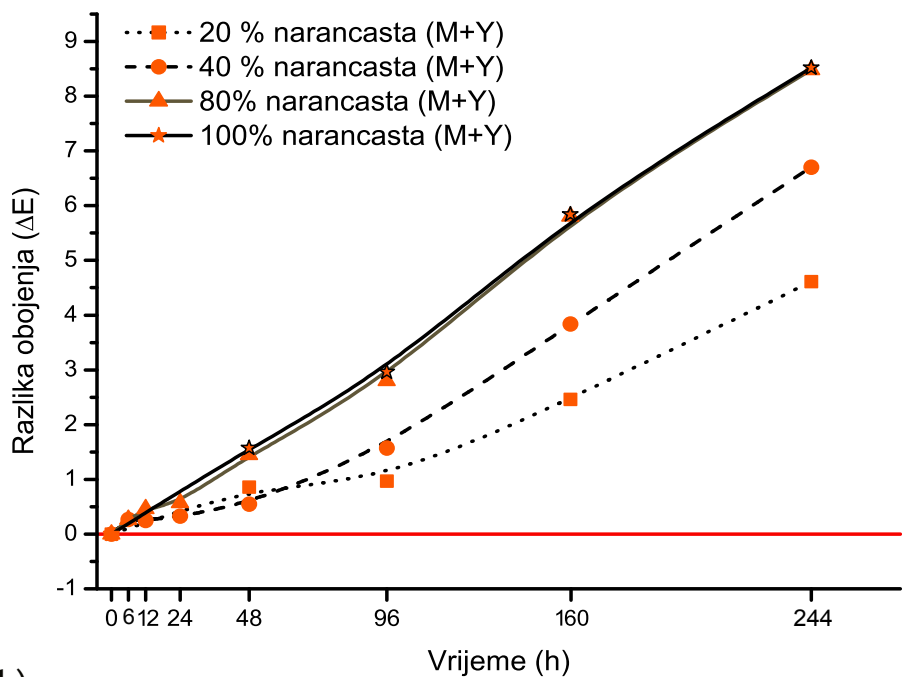
Ako analiziramo ΔE vrijednosti (slika 51. b) vidljivo je da crna boja doživljava vizualno uočljivu (graničnu kolornu promjenu) promjene obojenja nakon 6 sati starenja. To vrijedi za sve tonove a posebice za vrijednosti 40% RTV i 80% RTV, ($\Delta E_{40\%}=1,69$ i $\Delta E_{80\%}=1,22$). Takav brzi rast se nastavlja sljedećih 24 sata. Nakon toga dolazi do stabilizacije i usporavanja rasta. U vremenskom periodu između 48 i 244 sata obojenja za 80% RTV iznosi svega $\Delta E_{48h-244h}=1,19$.

Kao i kod žutih otisaka najveće kolorne promjene vidljivo su u punom tonu ($\Delta E_{100\%}=5,92$). Iako je crna u početku nestabilna (brzo se mijenja), proces se usporio i stabilizirao. To je zamijećeno u roku 48 sati sve tonske vrijednosti doživljuju kolorne promjenu. Nakon 244 sata, promjene nisu značajne te ne prolazi $\Delta E > 5$ (sve su u granici).

Za ovo istraživanje osobito je važno bilo analizirati nastajanje sekundarnih tonova pritom ju kao primjer poslužila narančasta i ljubičasto plava. U suvremenom tisku sve se češće otiskuju i šarene boje. Ove dvije boje moguće je realizirati na dva načina: 100% jednoslojnim tiskom (O i V) i 150% (100%Y i 50%M). U istraživanju se uspoređuju kritične boje narančasta i ljubičasta. Narančasta je prikazana na slikama 52. i 54., te ljubičasta 56. i 58. tiskanih na papiru za umjetnički tisak „Mango star Gloss“.



a)



b)

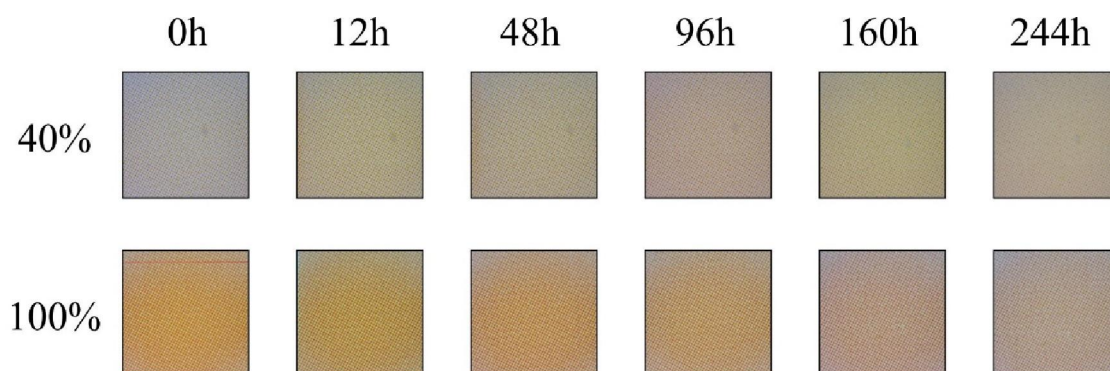
Slika 51. Kolorne promjene nastale starenjem narančastih (M+Y) HP indigo otisaka u periodu od 0-244 sata na papiru Magno star Gloss

a) 3D prikaz odstupanja narančastog (M+Y) bojila za rastertonska područja 20%, 40%, 80% i 100%

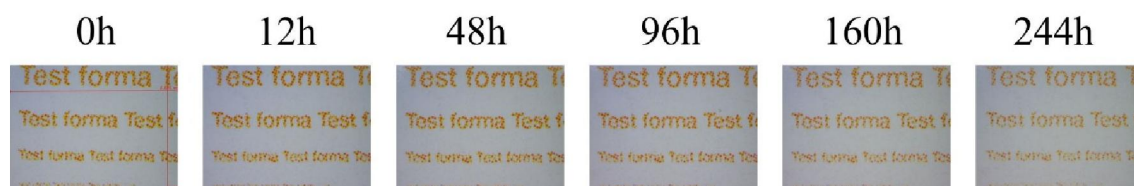
b) Razlika obojenja narančastog (M+Y) bojila (ΔE_{00} tijekom 244 sata) nastala tijekom eksperimentalnog izlaganja

Narančasta tiskana iz CMYK-a, odnosno s magentom i žutom je poprimila više obilježje žute boje. Samim time najveću degradaciju doživljava narančasti puni ton sukladno tome možemo zaključiti da promjene nastaju i po kromatičnosti i po svjetlini (Slika 51.). Iz pripadajućih krivulja može se zaključiti da će nakon 96 sati starenja doći do vidljive degradacije koja se ubrzava i nastavlja dalje. To pokazuje i relativno linearna krivulja koja pokazuje ovisnost razlike obojenja i vremena starenja.

Narančasti otisak koji je tiskan iz M + Y-a će nakon 48 sati imati vidljivu promjenu obojenja na rastertonskom području od 20% i 100% RTV-a. Niske tonske vrijednosti (20% RTV-a) će nakon 96 sati započeti bržu degradaciju. Interesantno je što tonska područja od 100% i 80% RTV imaju slične vrijednosti razlike obojenja. Zbog toga je preporučljivo napraviti još koji eksperiment koji bi utvrdio sa sigurnošću dali je to jedinstveni slučaj.

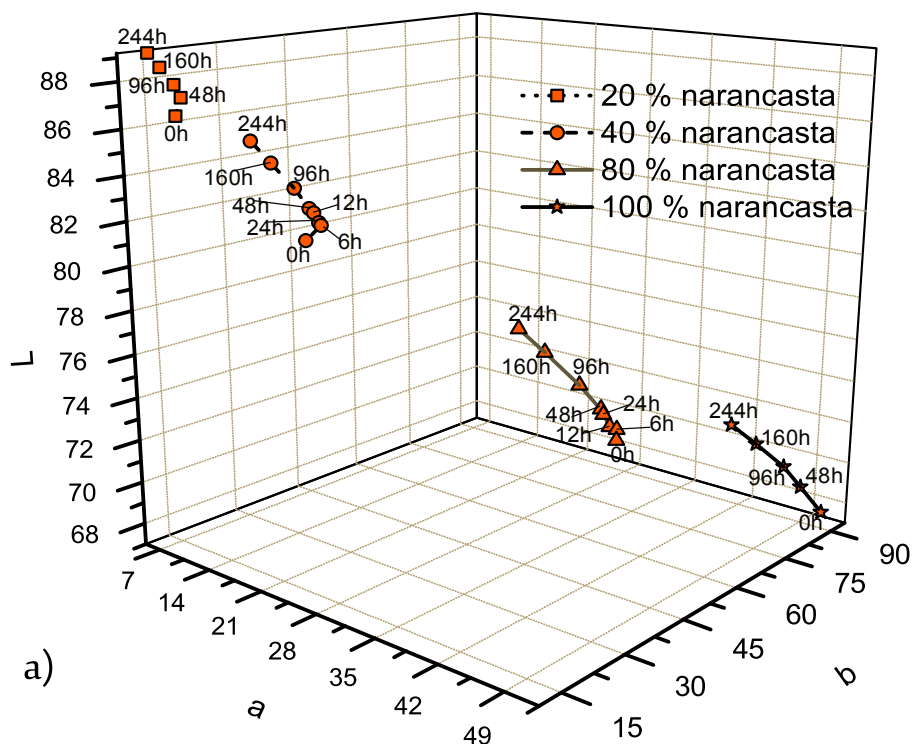


Mikrotekst

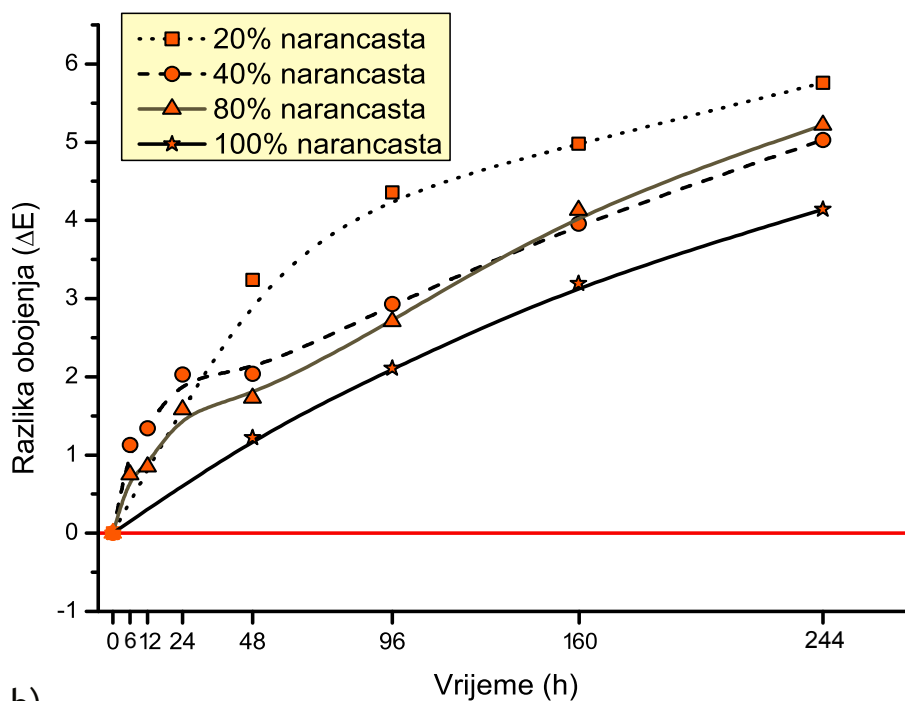


Slika 52. Polja 40% i 100% RTV i Mikrotekst prikazani nakon starenja za narančasto bojilo otisnuto principom M + Y na Magno star Gloss papiru

Promjene nastale starenjem vidljive su i vizualno ako se uzorci povećaju 60x. Na slici 52. to je posebice i vidljivo. Nakon 244 sata otisci postaju lagano sivkasti, te je i tekst izbljedila. Najdrastičnije promjene su vidljive na najsitnijim slovima. Time je još jednom dokazano isto ponašanje otisaka tijekom ubrzanog starenja.



a)



b)

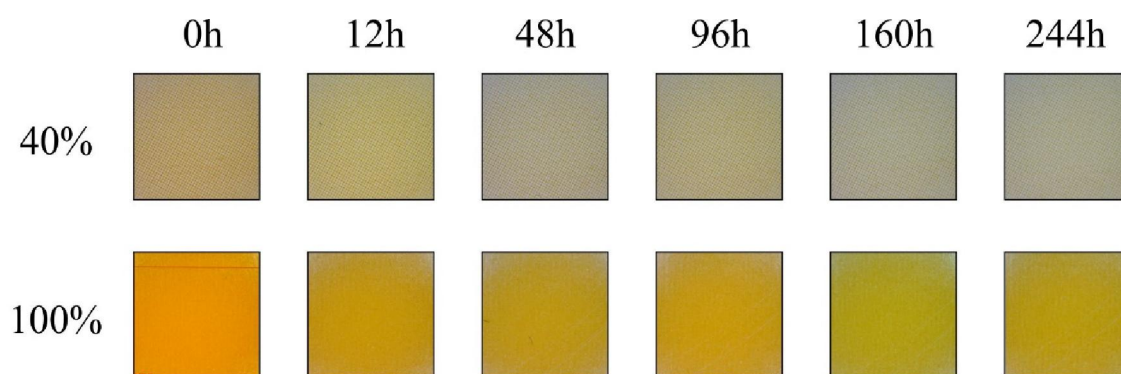
Slika 53. Kolorne promjene nastale starenjem narančastih PANTONE HP indigo otisaka u periodu od 0-244 sata na papiru Magno star Gloss

a) 3D prikaz odstupanja narančasta PANTONE bojila za rastertonska područja 20%, 40%, 80% i 100%

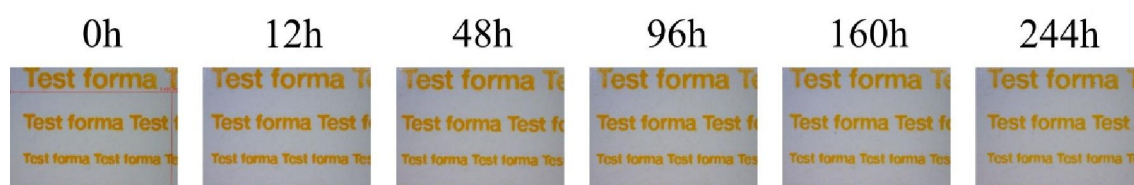
b) Razlika obojenja narančasta PANTONE bojila (ΔE_{00} tijekom 244 sata) nastala tijekom eksperimentalnog izlaganja

PANTONE narančasto bojilo otisnuto je u jednom sloju. Za razliku od narančaste otisnute iz MY-a otisak je puno stabilniji. To se vidi iz pravilnosti kretnje te točnoj grupiranosti ispitivanih rasterskih vrijednosti (Slika 53.). Također se može primijetiti nešto veća odstupanja nakon 48 sati starenja. Pritom će doći do promjena po kromatičnosti.

Grafovi na slici 53.b) imaju jedan lagano paraboličan oblik, što znači da on promjena dolazi nakon 24 sata. Vidljive razlike u obojenju događaju se nakon 96 sati. Izuzetak je 20% RTV gdje je u prvih 96 sati razlika obojenja vrlo velika ($\Delta E > 4$) te njezina vrijednost iznosi $\Delta E_{20\%} = 4,36$. Otisak se daljnjim starenjem stabilizirao te se njegova brzina starenja usporila $\Delta E_{96h-244h} = 1,4$ (Slika 53. b)

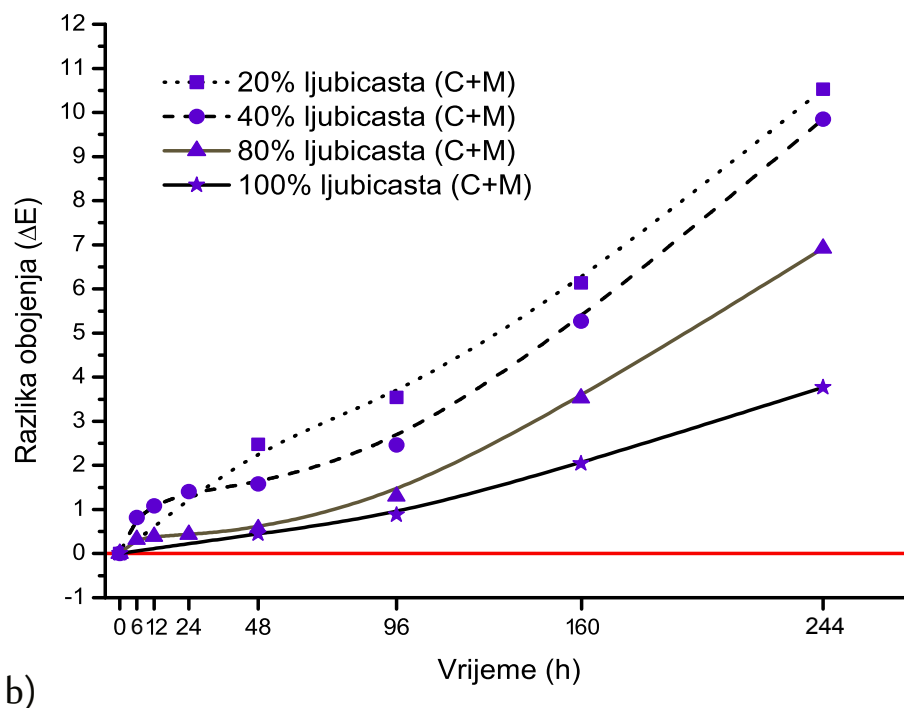
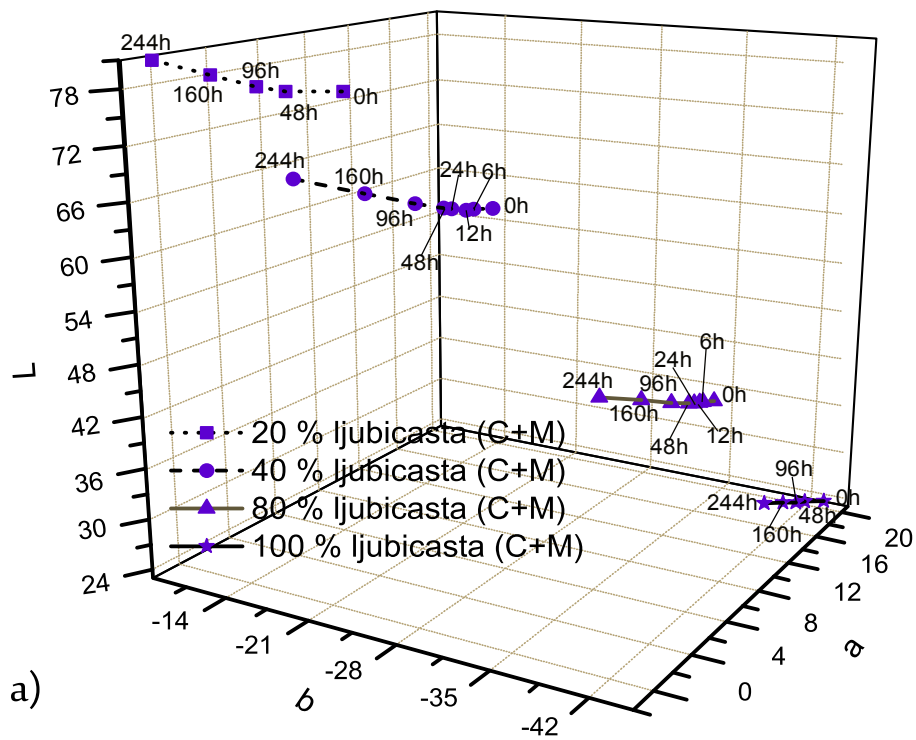


Mikrotekst



Slika 54. Polja 40% i 100% RTV i Mikrotekst prikazani nakon starenja za narančasto PANTONE bojilo na Magno star Gloss papiru

Vizualna analiza PANTONE slika narančastih otisaka (Slika 54.), jasno pokazuje kako se s vremenom bojilo ipak degradiralo. Međutim rezultati su još uvijek dovoljno dobri s obzirom na ekstremne uvijete kojima su bili izloženi. Na mikrotekstu je vidljiva očuvanost boje što možemo vidjeti znati iz dobre čitljivosti. Isto tako se primjećuje kako su 40% RTV polja doživjela veće promjene i veću degeneraciju u tonu, te ih zbog toga treba i izbjegavati

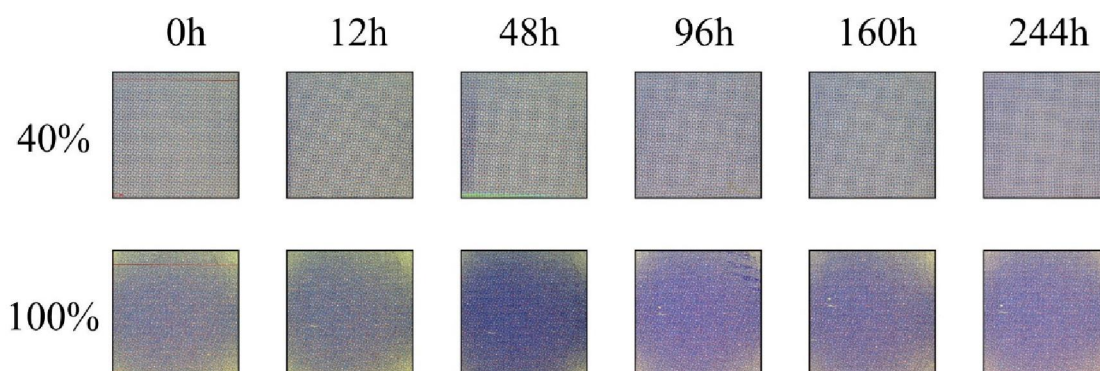


Slika 55. Kolorne promjene nastale starenjem ljubičastih (c + m) HP indigo otisaka u periodu od 0-244 sata na papiru Magno star Gloss

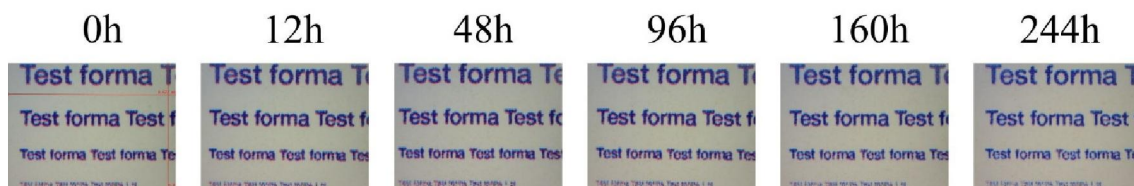
a) 3D prikaz odstupanja ljubičastog (M+C) bojila za rastertonska područja 20%, 40%, 80% i 100%

b) Razlika obojenja ljubičastog (M+C) bojila (ΔE_{00} tijekom 244 sata) nastala tijekom eksperimentalnog izlaganja

Ljubičasti ton se vrlo teško može točno reproducirati iz CMYK-a. Razlog tome je dvostruki nanos bojila u 100% iznosu. Kod tiska ljubičaste (M+C) jasno je vidljivo kako na malim rasterskim vrijednostima dolazi do veće promjene u obojenju (Slika 55.). Samim time puni ton ima najmanju kolornu promjenu. Poblizom analizom (Slika 55.) možemo vidjeti jedan rast u razlici obojenja za 20% i 40% RTV nakon 48 sati starenja. Drugim riječima ljubičasto bojilo se u prvih 24 sata samo lagano degradira. Ljubičasta iz CM-a tako doživljava vidljive kolorne promjene već nakon 12 sati (20% i 40% RTV-a) dok za 80% i 100% RTV-a one nastaju nakon 48 sati. Najmanju razliku obojenja nakon 244 sata starenja imati će puni ton ($\Delta E_{100\%}=3,77$), dok najveću 20% RTV($\Delta E_{20\%}=10,53$). Drugim riječima to znači da će dvostruki nanos bojila ipak biti stabilnija posebice ako je na gornjoj površini otisnuto stabilnije cijan bojilo. Tisak ljubičaste iz CM-a treba se koristiti samo u slučaju reprodukcije punih tonova koji će tako duže vremena održati svoju kolorimetričku vrijednost.

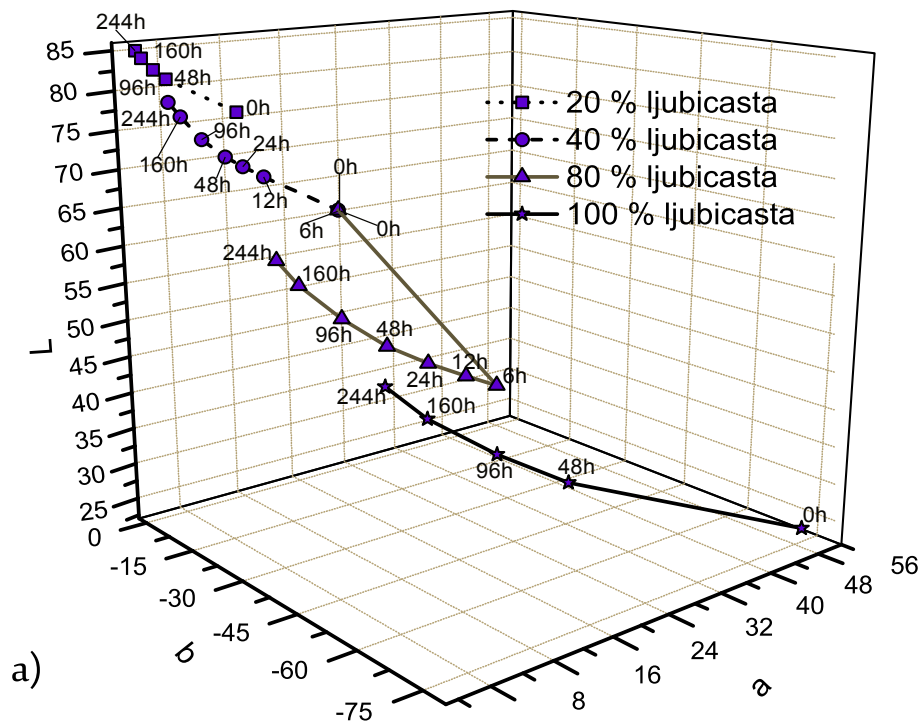


Mikrotekst

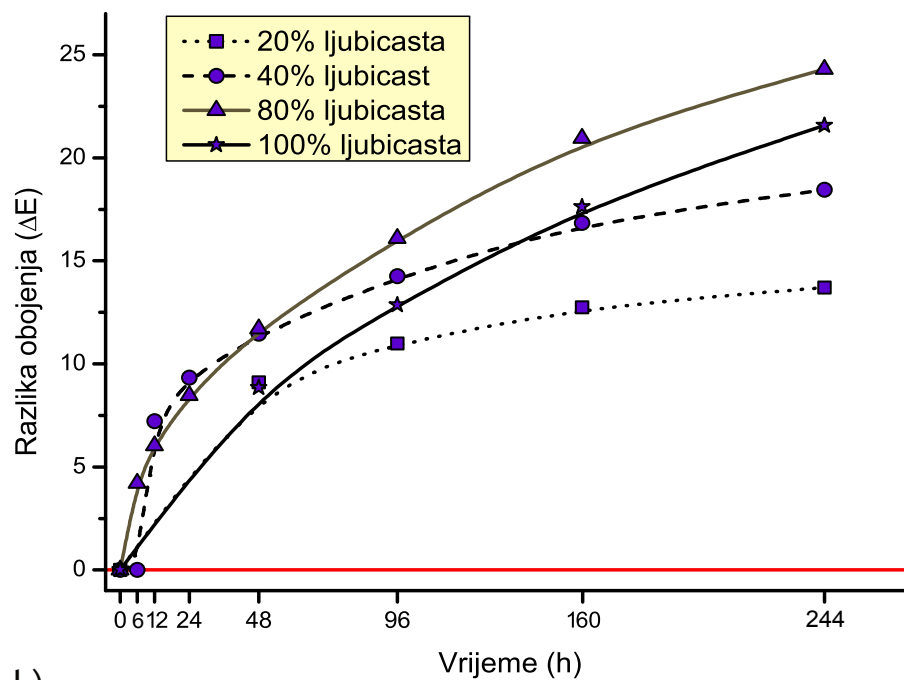


Slika 56. Polja 40% i 100% RTV i Mikrotekst prikazani nakon starenja za ljubičasto procesno bojilo na Magno star Gloss papiru

Na rasterskim poljima od 40% i 100% RTV-a vide se karakteristične kolorne promjene nakon izvršenog ubrzanog starenja. Posebice je vidljivo na mikrotekstu gdje se vrijednost od 1pt postepeno gubi. Nakon 244 sata ona je poprilično izbljedjela.



a)



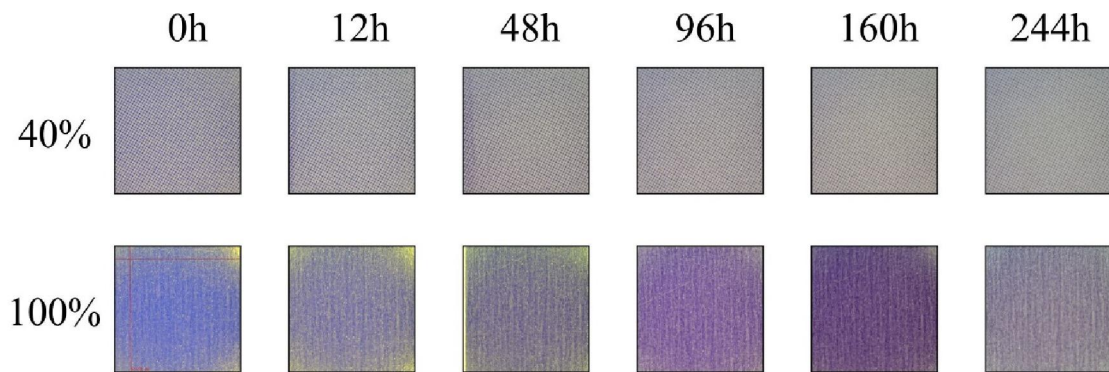
b)

Slika 57. Kolorne promjene nastale starenjem ljubičastih PANTONE HP indigo otisaka u periodu od 0-244 sata na papiru Magno star Gloss

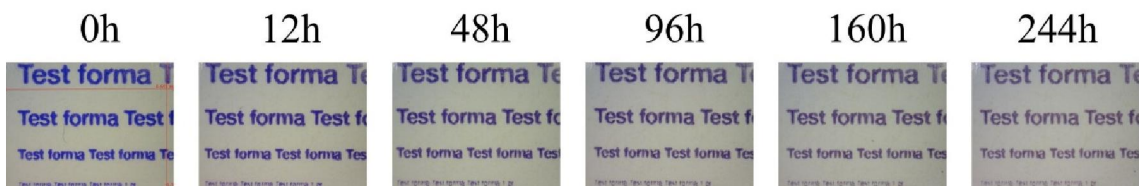
a) 3D prikaz odstupanja ljubičasta PANTONE bojila za rastertonska područja 20%, 40%, 80% i 100%

b) Razlika obojenja ljubičasta PANTONE bojila (ΔE_{00} tijekom 244 sata) nastala tijekom eksperimentalnog izlaganja

Za razliku od ljubičaste iz CM-a PANTONE ljubičasta starenjem je doživjela puno veće kolorne promjene. To je vidljivo iz grafikona na slici 57. Nastale promjene su najdrastičnije za puni ton i 80 % RTV. Pritom su promjene nastale i po kromatičnosti i po svjetlini. Vidljiva razlika u obojenju nastaje već nakon 12 sati starenja. To vrijedi za sve RTV vrijednosti tj. bez obzira na njihovu pokrivenost tiskovnih elemenata. Grafovi su paraboličnog oblika što znači da s vremenom dolazi do usporavanja degradacijskog procesa. U ovom slučaju to je zakašnjeli proces jer se, bojilo toliko deformiralo da više nije upotrebivo (244 sata). Najveće promjene doživjelo je tamnotonsko područje ($\Delta E_{80\%}=18,46$) a najmanju svijetlotonsko područje ($\Delta E_{20\%}=13,71$). U usporedbi sa drugim analiziranim bojilima definitivno je riječ jednom od najnestabilnijih.



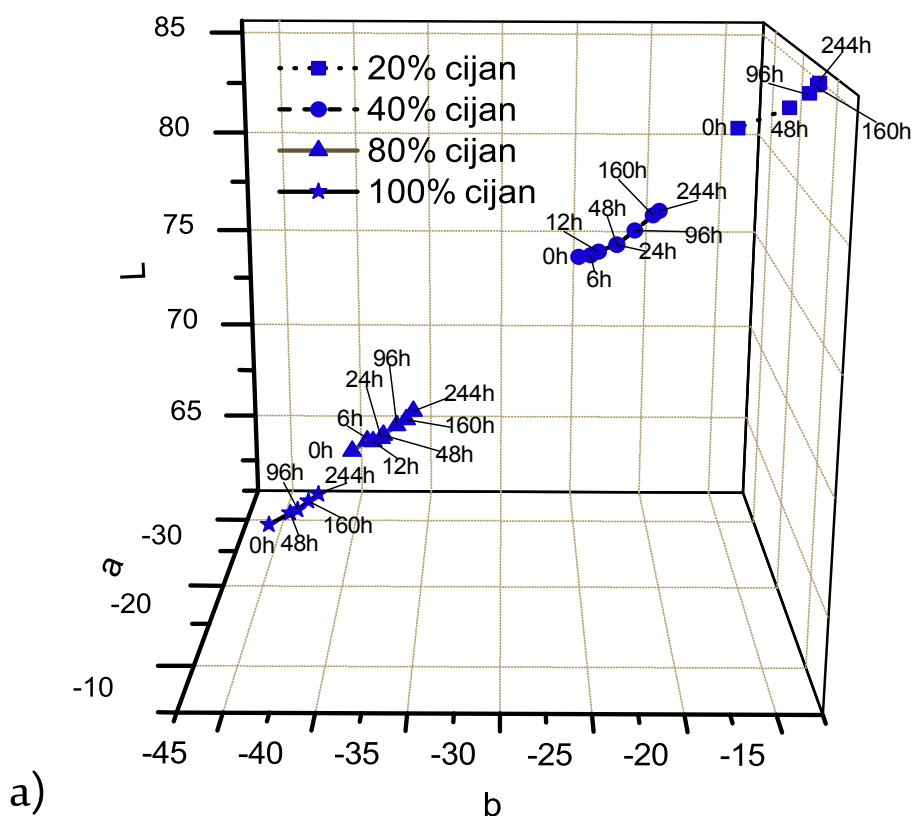
Mikrotekst

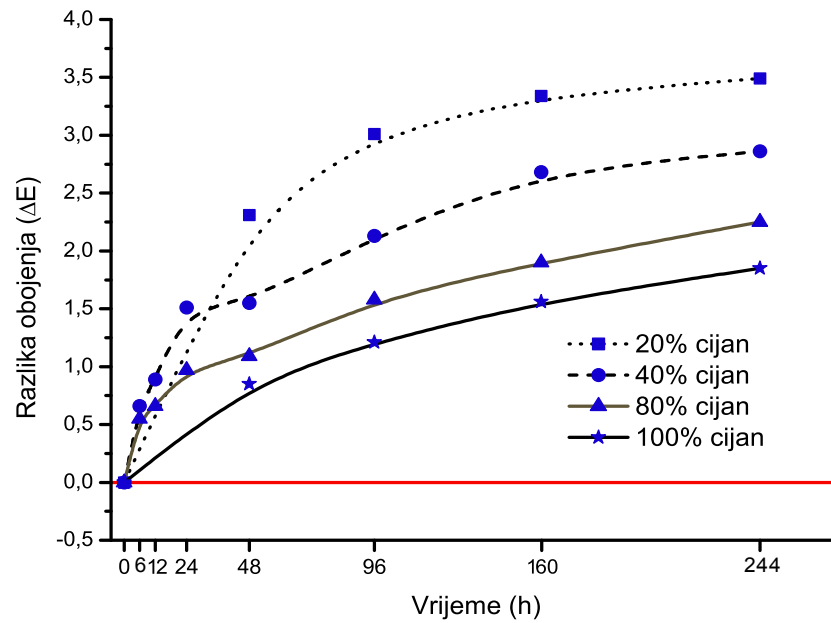


Slika 58. Polja 40% i 100% RTV i Mikrotekst prikazani nakon starenja za ljubičasto PANTONE bojilo na Magno star Gloss papiru

Na mikrotekstu se jasno vidi kompletni gubitak kromatičnosti i gubitak u svjetlini. Na uvećanim poljima se vide ogromne oscilacije u tonskim vrijednostima bojila. To su sada potpuno drugačiji tonovi. Bojilo nakon 244 sata starenjem će se promijeniti do neprepoznatljivosti. Zato se ljubičasto bojilo preporuča tiskati iz CM-a kako bi grafički proizvod imao duži životni vijek.

Eksperiment se paralelno vodio na dva različita papira. Razlog tome je da se istraži dali podloga ima kakav utjecaj na bojilo tijekom ubrzanog starenja. Na slikama 59, 60, 61 i 62 prikazane su kolorne promjene CMYK otisaka, do su na slikama 63, 65, 67 i 69 prikazane usporedbe spotnih boja (O i V) otisnutih na dva različita načina. Za tu potrebu otisci su tiskani na manje kvalitetnom papiru (ofsetni naravni papir) kako bi se moglo utvrditi dali promjena papira utječe na kolorimetričke vrijednosti boje. Ubrzanim starenjem otisaka stari i sama tiskovna podloga. Pretpostavlja se da će izlaganjem otisaka niskim valnim duljinama (UV područje EM zračenja) imat će za posljedicu promjene u kolornim vrijednostima ali i u kolornim vrijednostima pozadinske tiskovne podloge.





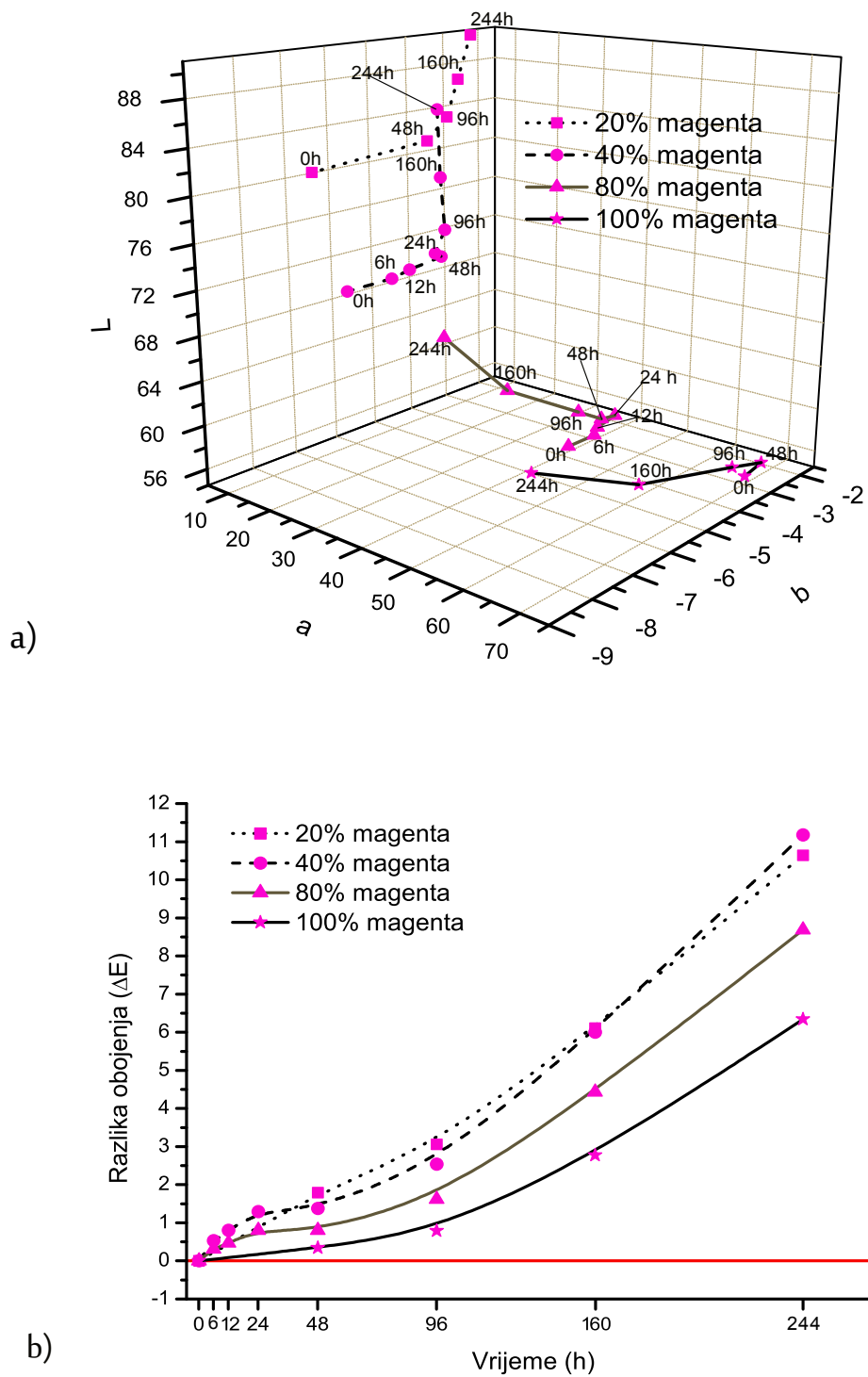
b)

Slika 59. Kolorne promjene nastale starenjem cijan HP indigo otisaka u periodu od 0-244 sata na papiru Maxio set

- a) 3D prikaz odstupanja cijan bojila za rastertonska područja 20%, 40%, 80% i 100%
 b) Razlika obojenja cijan bojila (ΔE_{00} tijekom 244 sata) nastala tijekom eksperimentalnog izlaganja

Na cijan otiscima otisnutim na ofsetnom papiru (Slika 59.) primjećuje se grupiranost rezultata koji ukazuju na stabilnost cijan bojila. To govori da se s vremenom nije dogodila velika kolorimetrijska promjena. Ipak promjene koje su se dogodile nastale su po svjetlini i kromatičnosti. Ipak ekstremno dugim starenjem (244h) cijan otisci doživjeli su srednje kolorne promjene ($\Delta E > 3$).

Paraboličnost krivulje ukazuje na jednu stabilnost kretanja. Najveću kolornu promjenu je doživjela 20% rastertonska vrijednost ($\Delta E_{20\%} = 3,49$), a najmanju puni ton ($\Delta E_{100\%} = 1,85$). Jedva vidljive kolorne promjene počele su se odvijati već nakon 24 sata i to za 40% rastertonske vrijednosti ($\Delta E_{40\%} = 1,51$).

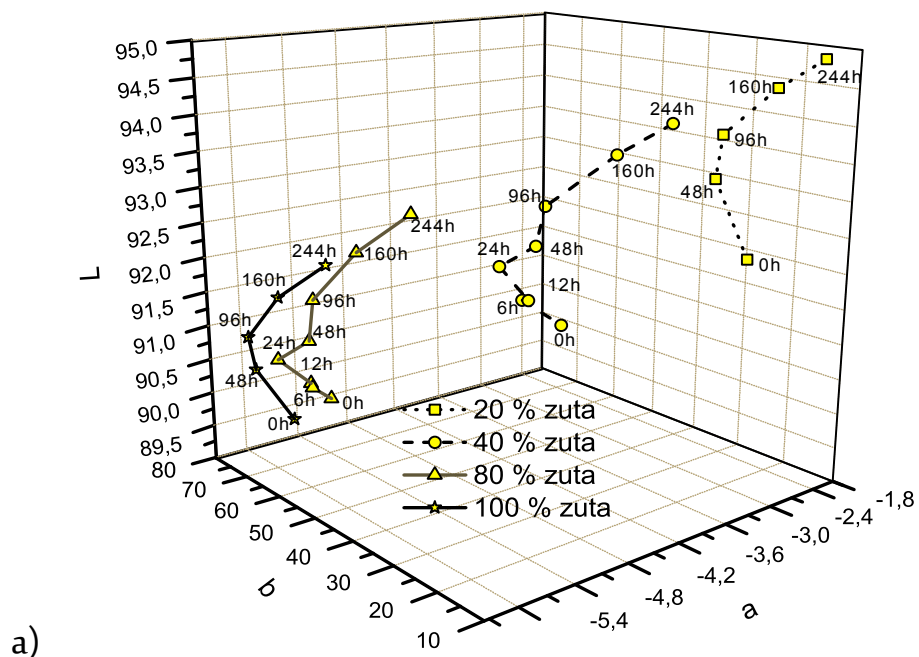


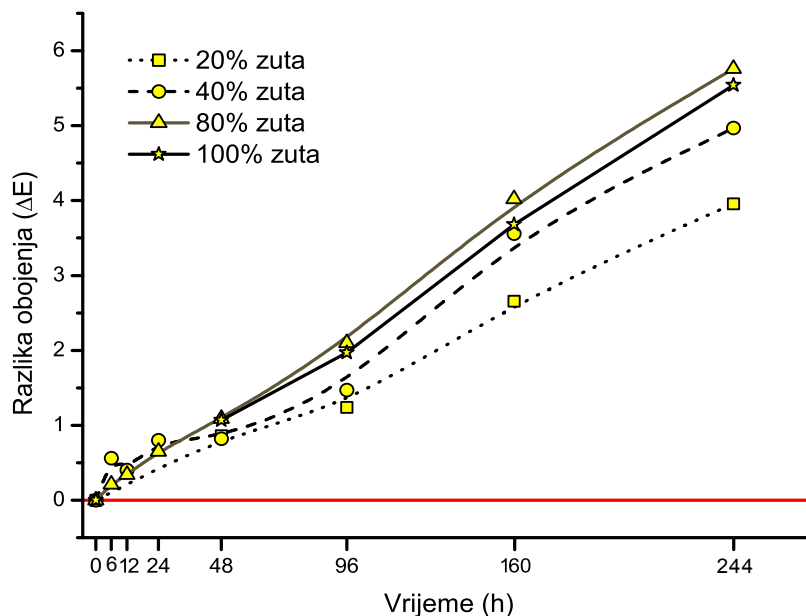
Slika 60. Kolorne promjene nastale starenjem magenta HP indigo otisaka u periodu od 0-244 sata na papiru Maxio set

- a) 3D prikaz odstupanja magenta bojila za rastertonska područja 20%, 40%, 80% i 100%
- b) Razlika obojenja magenta bojila (ΔE_{00}) tijekom 244 sata nastala tijekom eksperimentalnog izlaganja

Kako je već poznato od procesnih bojila najveće kolorne promjene doživjeli su magenta otisci. (Slika 60) Pritom će niže rastertonske vrijednosti (20% i 40% RTV-a) imati najveće kolorne promjene (nastale po kromatičnosti), dok će puni ton i 80% RTV-a svoje promjene imati po svjetlini. Magenta bojilo se pokazalo vrlo nestabilno i s vremenom se dramatično mijenja. Tako će tonovi migrirati po +a osi te prelaziti u –a odnosno prema zelenoj boji. Kao i kod premazanog papira nakon 48 sati nastale promjene izvoditi će se i po kromatičnosti i po svjetlini.

Nakon 244 sata starenja najmanje kolorimetriske promjene dogodile su se na punom tonu ($\Delta E_{100\%}=6,34$), a najveće na 40% rastertonske vrijednosti ($\Delta E_{40\%}=11,19$). Uočljivo je da se otisci nisu stabilizirali tijekom 244 sata ($\Delta E_{48h-244h}=7,89$), što ukazuje na njihov linearni rast. Značajnije kolorne promjene počele su se događati nakon 24 sata (za niže rastertonske vrijednosti) 20% i 40%RTV-a, a za 80% RTV-a nakon 96 sati. Puni ton (100% RTV-a) će doživjeti promjene nakon 160 sati. Samim time iz rezultata je vidljivo da će se magentini otisci na lošijem (ofsetnom) papiru više deformirati nego magentini otisci na papiru za umjetnički tisak





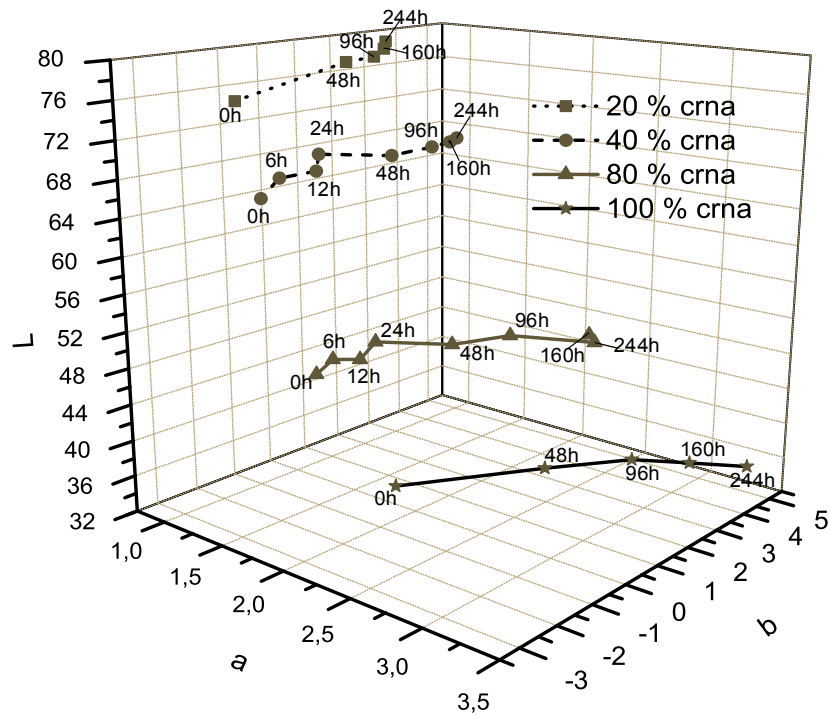
b)

Slika 61. Kolorne promjene nastale starenjem žutih HP indigo otisaka u periodu od 0-244 sata na papiru Maxio set

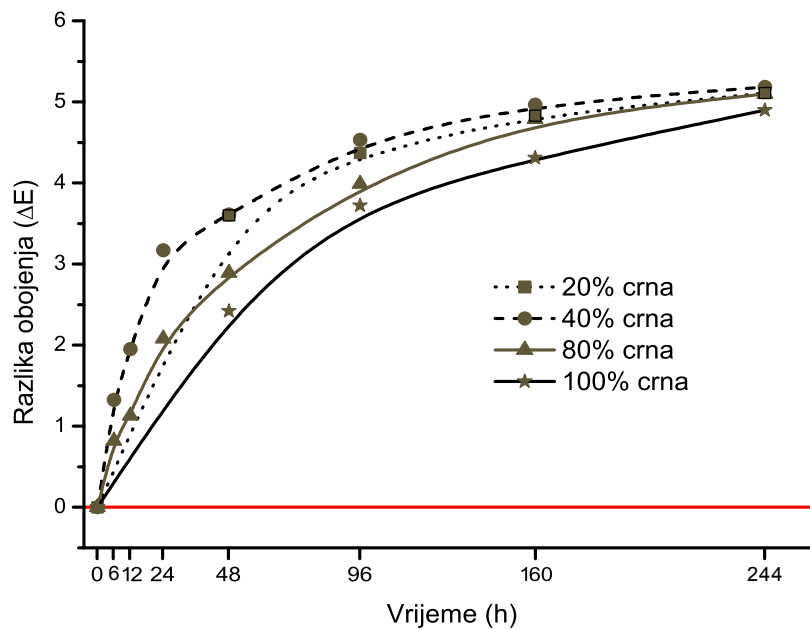
- a) 3D prikaz odstupanja žutog bojila za rastertonska područja 20%, 40%, 80% i 100%
 b) Razlika obojenja žutog bojila (ΔE_{00} tijekom 244 sata) nastala tijekom eksperimentalnog izlaganja

Otisci na ofsetnom papiru prikazuju jednu specifičnost a to je da do 48 sati dolazi do minimalnih promjena. One su prvo vidljive u kromatičnosti a nakon toga slijede promjene po svjetlini (Slika 61.). Ako se analizira kromatičnost vidljivo je da prvih 48 sati dolazi do rasta vrijednosti b^* (odlazi prema žutom području), nakon čega nastaje pad i kretanje u smjeru $-b$ (koordinate).

Iako žuta boja nije doživjela najveće kolorne promjene, karakteristična je po svojim oscilacijama. Pritom je vidljivo da je najmanja kolorna promjena nastala na najsvjetlijih tonova ($\Delta E_{20\%}=3,96$), dok je najveća kolorna promjena nastala na najtamnijim tonovima ($\Delta E_{80\%}=5,76$). Male kolorne promjene počele su nastajati nakon 48h (punom tonu i 80% rastertonske vrijednosti), te nakon 96 sati (za niske rastertonske vrijednosti). Nakon toga razlike u obojenju linearno rastu.



a)



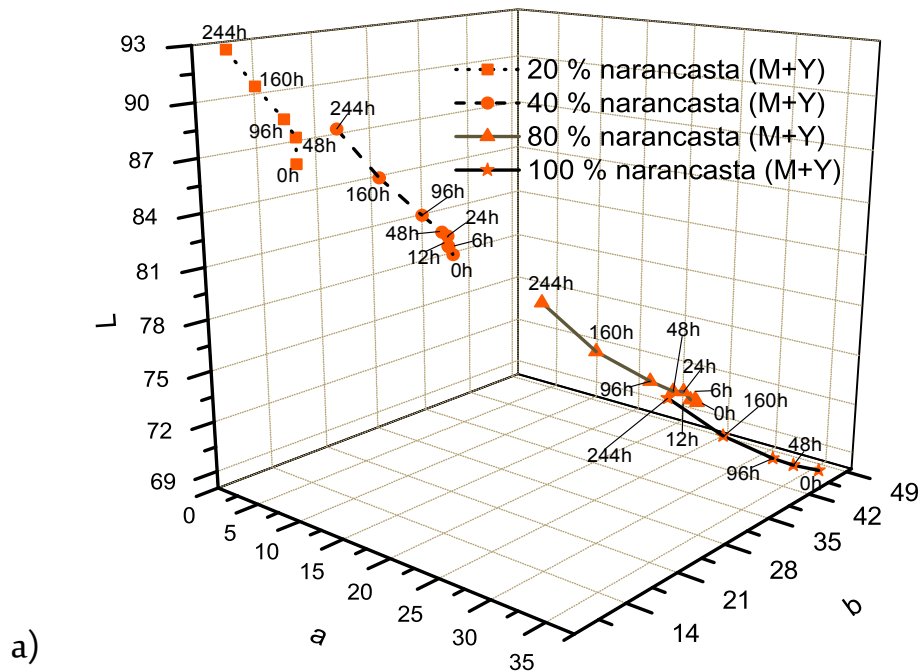
b)

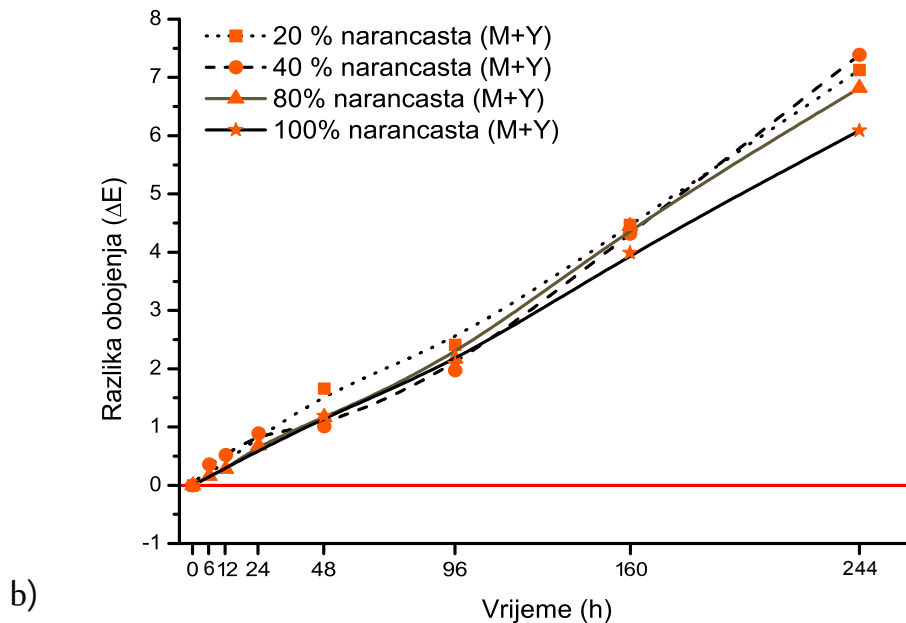
Slika 62. Kolorne promjene nastale starenjem crnih HP indigo otisaka u periodu od 0-244 sata na papiru

Maxio set

- a) 3D prikaz odstupanja crnog bojila za rastertonska područja 20%, 40%, 80% i 100%
 b) Razlika obojenja crnog bojila (ΔE_{00} tijekom 244 sata) nastala tijekom eksperimentalnog izlaganja

Crni otisci na ofsetnom papiru se najviše mijenjaju po tonu i kromatičnosti (Slika 62.). One se jasno mogu vidjeti unutar prvih 48 sati, nakon čega se vrijednosti razlike u obojenju smanjuju. Drugim riječima to znači da će se najveća degradacija dogoditi u prvih 48 sati nakon toga dolazi do stabilizacije otisaka. Iz konstruiranih grafikona vidljivo je da i već nakon 6sati nastaju male kolorne promjene ($\Delta E > 1$). Takav ubrzani trend se nastavlja sve do 96 sati. Najbolje je to vidljivo na 80% RTV-a ($\Delta E_{6-96h} = 3,17$). Nakon ovog brze degradacije dolazi do lagane stabilizacije ($\Delta E_{96h-244h} = 1,11$). Sve ukupno gledano nakon 244 sata starenja sve rastertonske vrijednosti doživljavaju sličnu razliku obojenja čiji prosjek iznosi ($\Delta E = 5,07$).



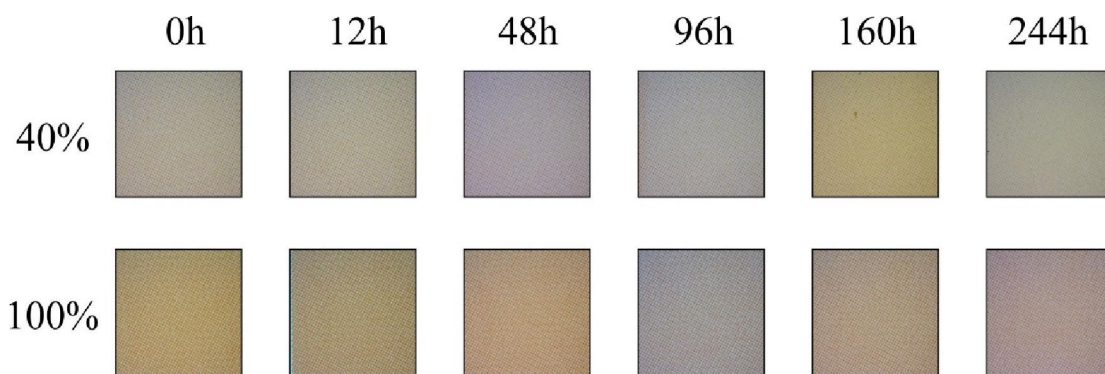


Slika 63. Kolorne promjene nastale starenjem narančastih (m+y) HP indigo otisaka u periodu od 0-244 sata na papiru Maxio set

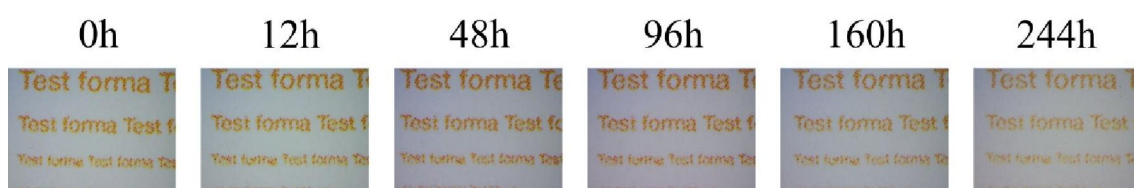
- a) 3D prikaz odstupanja narančastog bojila za rastertonska područja 20%, 40%, 80% i 100%
 b) Razlika obojenja narančastog bojila (ΔE_{00} tijekom 244 sata) nastala tijekom eksperimentalnog izlaganja

Na ofsetnom papiru narančasta boja tiskana iz M+Y-a će puno više sličiti žutim otiscima za razliku od onih koji su tiskani na premazanoj tiskovnoj podlozi. Ovako realizirana narančasta će se u prvih 96 sati lagano degradirati. Nakon toga slijedi ubrzani proces koji je vidljiv u grafovima (veći nagib linije). Pritom se degradira ton i po svjetlini i po kromatičnosti.

Linearna degradacija narančaste boje, specifična je za sve tonske vrijednosti. Ipak najveću degradaciju imali su otisci sa 40%RTV-a ($\Delta E_{40\%}=7,39$) a najmanju puni ton ($\Delta E_{100\%}=6,09$). Na naravnom papiru puni ton manje će se degradirati tijekom proces ubrzanog starenja. Što nije slučaj za papir za umjetnički tisak (puni ton će se najviše degradirati)

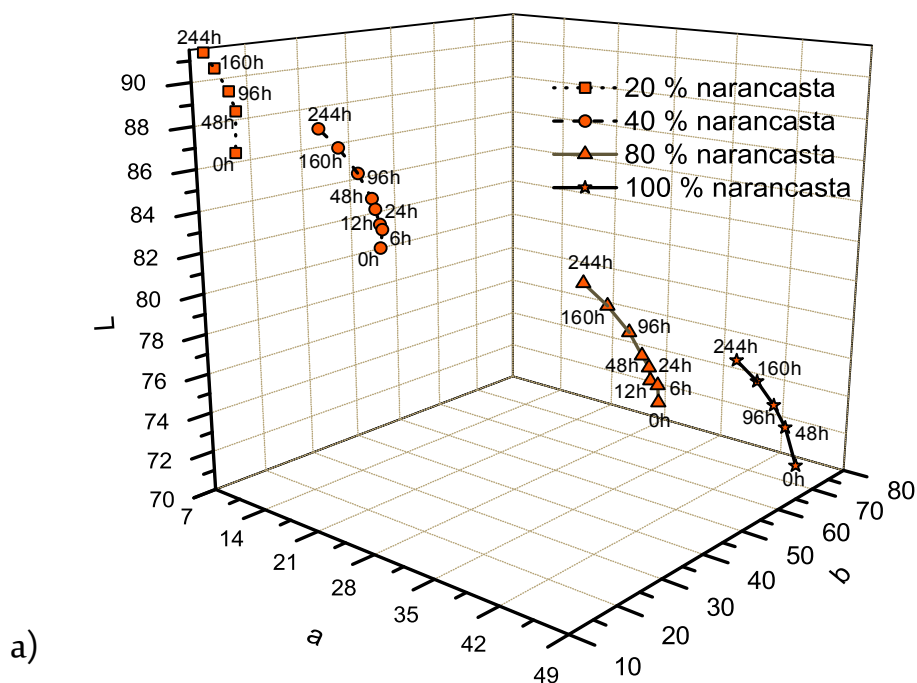


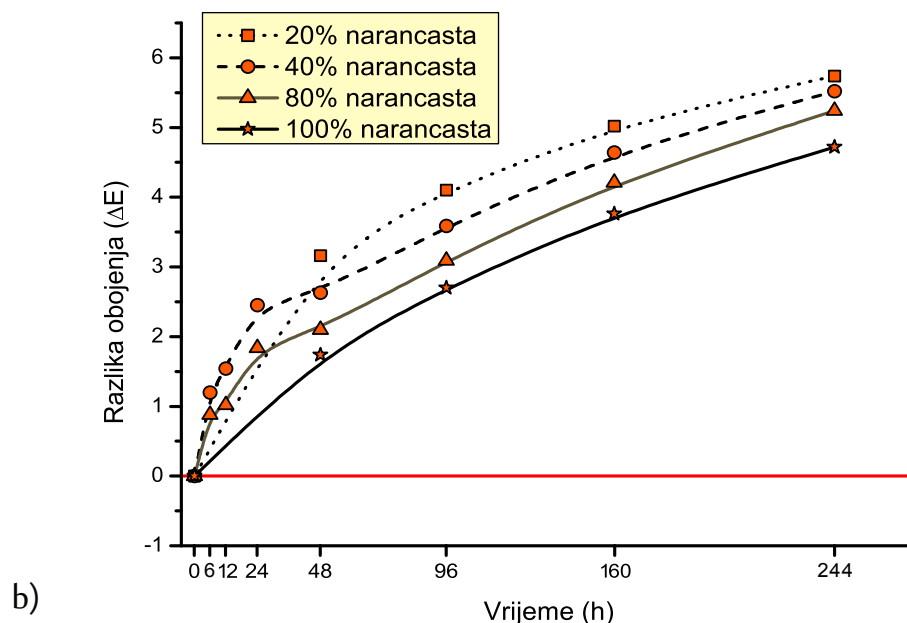
Mikrotekst



Slika 64. Polja 40% i 100% RTV i Mikrotekst prikazani nakon starenja za narančasto procesno bojilo na Maxio set papiru

Uvećana polja narančastih otisaka (Slika 64.) pokazuje da će ubrzano starenje generirati velike razlike obojenja i za 40% i za 100% RTV-a. Mikrotekst jasnu blijedeću pri čemu je čitljivost otežana nakon 12sati starenja.



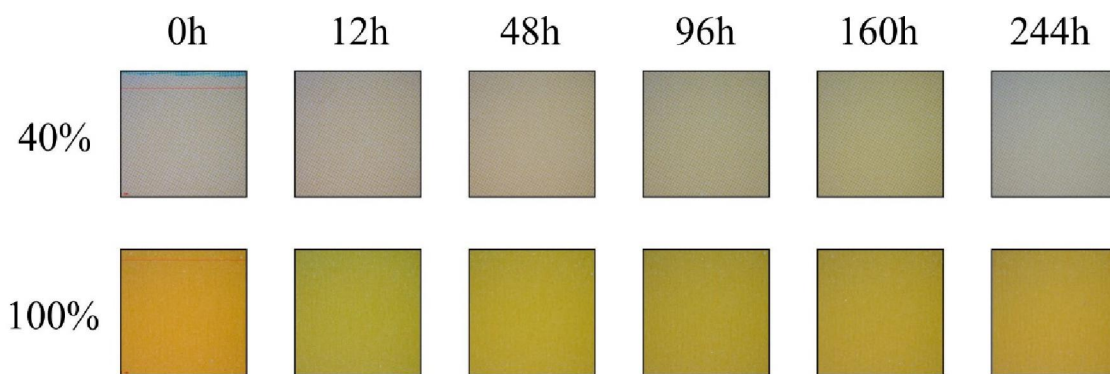


Slika 65. Kolorne promjene nastale starenjem narančastih PANTONE HP indigo otisaka u periodu od 0-244 sata na papiru Maxio set

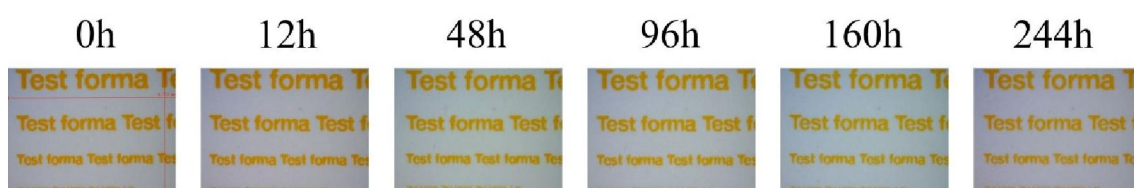
a) 3D prikaz odstupanja narančasta PANTONE bojila za rastertonska područja 20%, 40%, 80% i 100%

b) Razlika obojenja narančasta PANTONE bojila (ΔE_{00} tijekom 244 sata) nastala tijekom eksperimentalnog izlaganja

PANTONE narančasti otisak (slika 65.) jasno pokazuje vremensku konzistentnost ovakvog bojila. To znači da na ofsetnom papiru narančasti otisci, otisnuti samo u jednom nanosu su stabilniji od onih koji su otisnu u dva nanosa (100%Y i 50%M). Starenjem PANTONE narančaste došlo je do degradacije bojila po svjetlini i tonu. Samim time možemo zaključiti da je bojilo doživjelo srednje velike kolorne promjene ($\Delta E > 3,5$). Krivulje narančaste boje pokazuju starenjem jasan paraboličan oblik. To znači da sve RTV vrijednosti ujednačeno stare. Nakon 244 sata starenja najmanju razliku obojenja doživio je puni ton narančaste PANTONE boje ($\Delta E_{100\%} = 4,72$), a 20% RTV-a doživio je najveće promjene ($\Delta E_{20\%} = 5,74$).

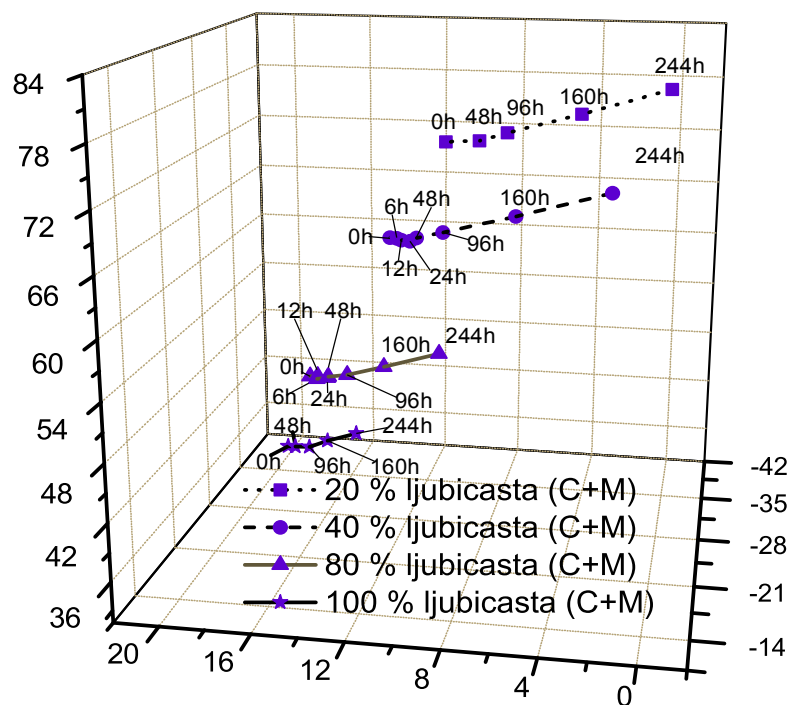


Mikrotekst

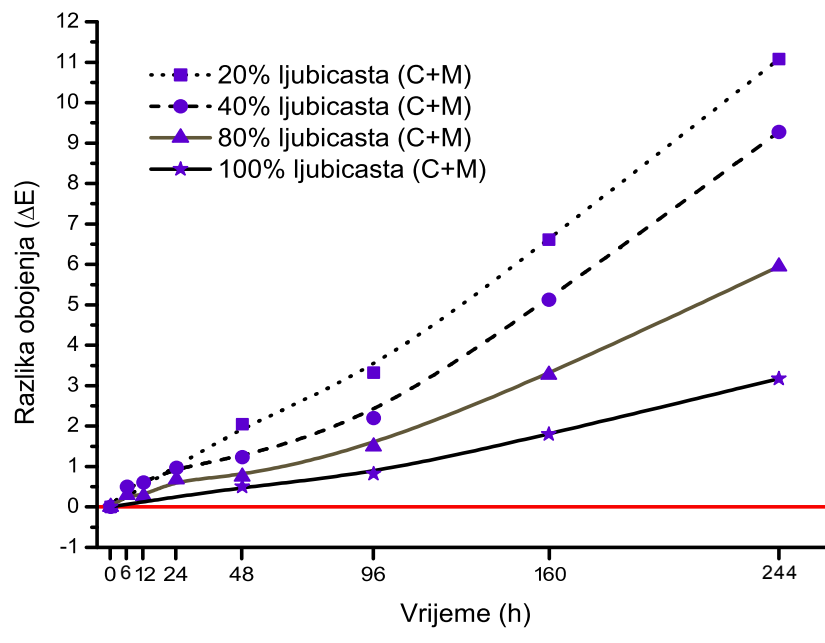


Slika 66. Polja 40% i 100% RTV i Mikrotekst prikazani nakon starenja za narančasto PANTONE bojilo na Maxio set papiru

Na uvećanoj slici 66. jasno se vidi kako je 100% narančasta postepeno gubi svoja svojstva, što vrijedi za pripadajući mikrotekst.



a)



b)

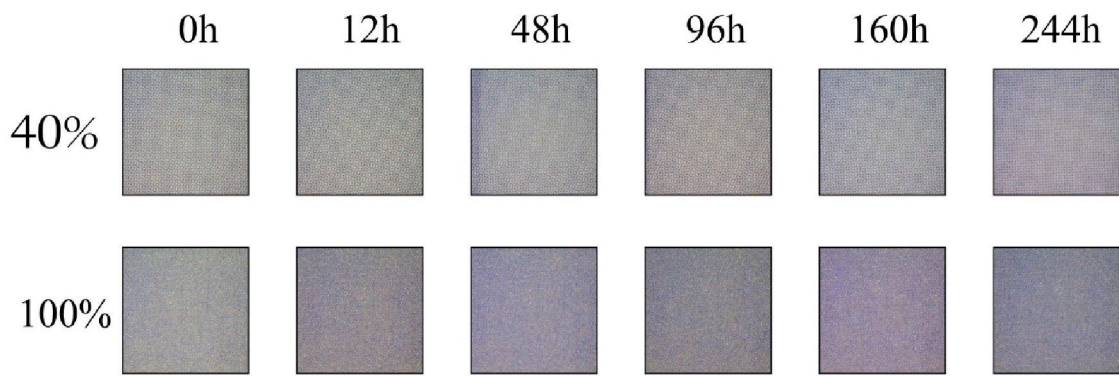
Slika 67. Kolorne promjene nastale starenjem ljubičastih (c+m) HP indigo otisaka u periodu od 0-244 sata na papiru Maxio set

a) 3D prikaz odstupanja ljubičastog (M+C) bojila za rastertonska područja 20%, 40%, 80% i 100%

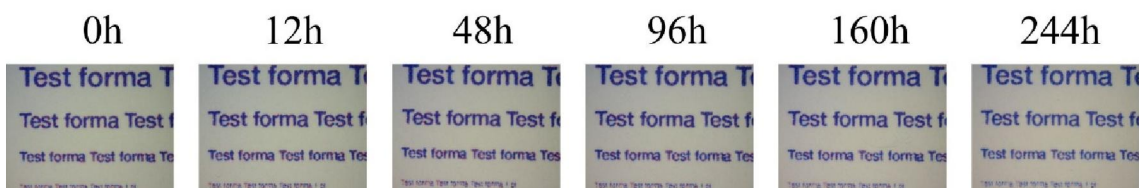
b) Razlika obojenja ljubičastog (M+C) bojila (ΔE_{00} tijekom 244 sata) nastala tijekom eksperimentalnog izlaganja

Za razliku od premazanog papira ljubičasta otisnuta na naravnom papiru ima mnogo lošija kolorna svojstva. Ljubičasto bojilo otisnuto primjenom M+C-a imati velike kolorne promjene i po svjetlini i po kromatičnosti. Iz slike 67. lako se može iščitati kako se nakon 48 sati počinju događati veće degradirajuće promjene što ukazuje na drastičan gubitak optičkih svojstava ljubičastog otiska.

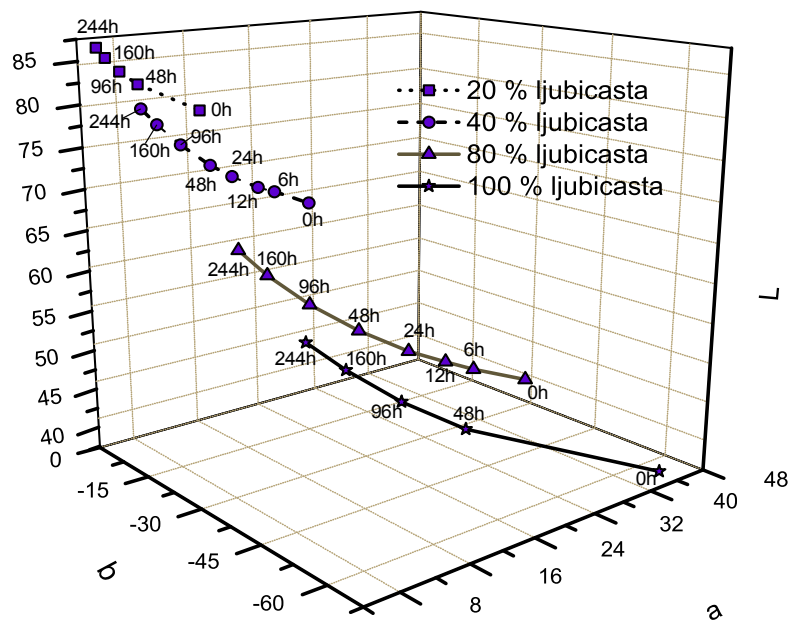
Krivulja starenja (Slika 67.b) jasno pokazuje na linearnu degradiranje otisaka. Ona je gotovo proporcionalna s vremenom starenja. Najviše se degradiraju svjetliji ljubičasti ton ($\Delta E_{20\%}=11,08$) a najmanje puni ljubičasti ton ($\Delta E_{100\%}=3,17$).



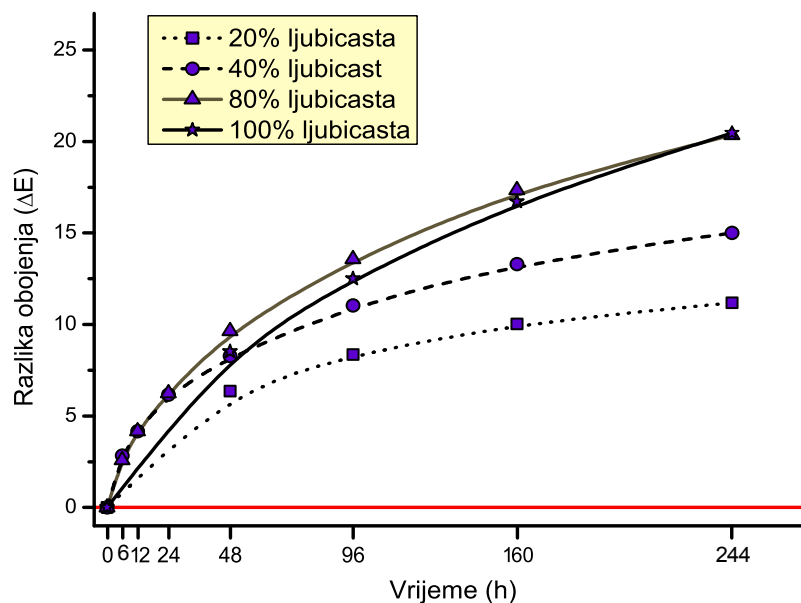
Mikrotekst



Slika 68. Polja 40% i 100% RTV i Mikrotekst prikazani nakon starenja za ljubičasto procesno bojilo na Maxio set papiru



a)



b)

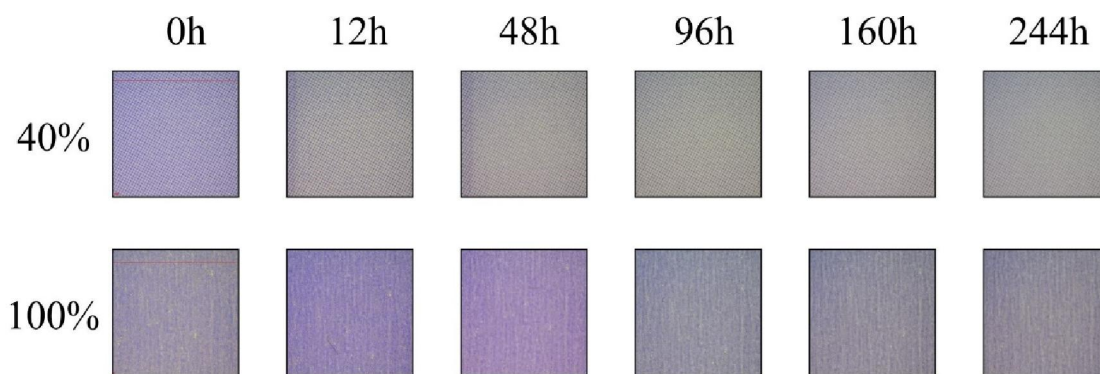
Slika 69. Kolorne promjene nastale starenjem ljubičastih PANTONE HP indigo otisaka u periodu od 0-244 sata na papiru Maxio set

a) 3D prikaz odstupanja ljubičasta PANTONE bojila za rastertonska područja 20%, 40%, 80% i 100%

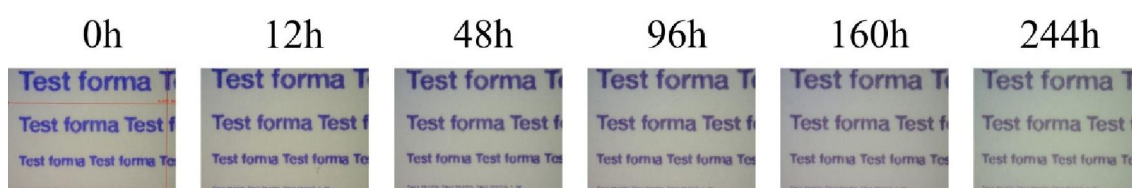
b) Razlika obojenja ljubičasta PANTONE bojila (ΔE_{00} tijekom 244 sata) nastala tijekom eksperimentalnog izlaganja

PANTONE ljubičasta otisnuta na ofsetnom papiru će tijekom proces svjetlosnog starenja pokazati velike razlike u obojenju (Slika 69.). One se događaju brzo i kontinuirano se kreću. Za razliku od premazanog papira velike kolorne promjene se uočavaju već nakon 24 sata, te se linearno nastavlja penjati.

Nakon 24 sata srednje i tamne tonske vrijednosti doživljavaju promjenu od $\Delta E_{40\%}=6,16$ i 80% $\Delta E_{80\%}=6,25$. Najveće razlika dogodila se nakon 244 sati i to u rastertonskim vrijednostima od 80% i 100% RTV-a. Interesantno je da su im se vrijednosti gotovo izjednačile u tom trenutku ($\Delta E_{80\%}=20,36$ i $\Delta E_{100\%}=20,46$).



Mikrotekst



Slika 70. Polja 40% i 100% RTV i Mikrotekst prikazani kroz vrijeme starenja za ljubičasto PANTONE bojilo na Maxio set papiru

Vizualnom procjenom uvećanih fotografija uočena je nekonzistentnost polja od 40% 100% RTV-a. To nam govori da je došlo do drastičnih kolornih promjena tijekom starenja. Na mikrotekstu možemo prijetiti gubitak dubine (tamnoće) odnosno izlaganju UV svjetlošću dolazi i do konstantnog blijedenja otiska.

5. ZAKLJUČAK

Kod cijan bojila starenjem će se ostvariti umjerena razlika u obojenju. Ona će biti značajno veća kod nižih tonskih vrijednosti nego kod punog tona (viših tonskih vrijednosti). Od procesnih bojila magentini otisci doživljavaju najveću kolornu promjenu. Ona iznosi $\Delta E_{40\%} = 10,33$. Upravo zbog toga potrebno je izbjegavati ovaj pigment, posebice ako će otisci biti izloženi vanjskoj atmosferi.

Od svih šarenih boja žuti otisci se najmanje mijenjaju. Pritom je važno napomenuti da će se puni tonovi više mijenjati od rastriranih. Akromatska crna pokazala se najstabilnijom. Ona se mijenja značajno u periodu od 48 sati. Nakon toga se proces stabilizira i ne prolazi granicu velike promjene u obojenju ΔE .

PANTONE narančasti otisci dobiveni jednim prolazom, imaju puno bolje rezultate od narančaste dobivene iz procesnih boja (M+Y). Rezultati su dvostruko bolji gdje na punom tonu otisnutom PANTONE bojilom iznosi $\Delta E_{100\%} = 4,14$, te na punom tonu otisnutom M+Y iznosi $\Delta E_{100\%} = 8,52$. Proizvod kojemu je potrebna dugotrajnija kvaliteta te je izložen na suncu, preporuka je koristiti PANTONE narančastu boju a ne onu nastalu iz M+Y.

Ljubičasti tonovi dobiveni iz procesnih bojila (C+M) imaju puno bolje rezultate od ljubičaste dobivene iz PANTONE bojila. PANTONE ljubičasti otisci imaju drastičnu promjenu u tonu ($\Delta E_{100\%} = 21,58$), a oni dobiveni iz procesnih bojila (C+M) u punom tonu imaju veliku razliku obojenja ($\Delta E_{100\%} = 3,77$). Otisci dobiveni procesnim bojilima imaju šest puta bolje rezultate. Proizvod kojemu je potrebna kvaliteta, preporučuje se korištenje procesne ljubičaste, odnosno izbjegavanje PANTONE ljubičaste.

Promjenom podloge na cijan otisku doći će do povećanja otpornosti na UV zračenje. Na kvalitetnijem papiru (Mango star Gloss) su rezultati lošiji (veće kolorne promjene). Stabilnost magenta bojila biti će manja ako se otiskuju na ofsetnom papiru. To vrijedi za sve RTV vrijednosti osim za puni ton, gdje je rezultat nezamjetno poboljšan.

Stabilnost žutog bojila je na ofsetnom papiru lošija od otisaka na papiru za umjetnički tisak (Mango star Gloss). Tako je uočena veća degradacija na tamnijim žutim tonovima na ofsetnom papiru (Maxio set), ali ne i za najsvjetlije tonove (20% RTV-a). Crna boja ponaša se slično na obje podloge. Njihovom komparacijom uočena je većom oscilacijom punih tonova dok su rasterski tonovi ostali gotovo isti.

Komparacijom narančastih otisaka otisnutih na dvije tiskovne podloge uočena je različita degradacija tijekom starenja. Tako će se niže rastertonske vrijednosti (20% i 40% RTV-a) lošije ponašati na ofsetnom papiru, dok će se visoke tonske vrijednosti (80% o 100% RTV-a) lošije ponašati na papiru za umjetnički tisak (Mango star Gloss). PANTONE narančasta ima nešto lošija svojstva na ofsetnom papiru. U slučaju potrebe promjene podloge ne bi trebalo imati kritičan utjecaj na dugotrajnost takvog otiska.

Ljubičasta dobivena procesnim bojilima (C+M) ima dosta pomiješanu promjenu u svojstvima, ali promjene nisu drastične. 80% RTV-a ima naj drastičniju promjenu ($\Delta E > 1$). Tako će se 20% RTV vrijednost lošije ponašati na ofsetnom papiru, dok će 40%, 80% i 100% RTV-a lošije ponašati na papiru za umjetnički tisak. Promjena tiskovne podloge neće kritično utjecati na dugotrajnost otiska. PANTONE ljubičasta tiskana na naravnom ofsetnom papiru davati će bolje rezultate u izdržljivosti tijekom izlaganja UV elektromagnetskim zračenjem od ljubičaste otisnute na papiru za umjetnički tisak.

Dugotrajno starenje otisaka skrenulo je pažnju na to da svako bojilo drugačije reagira i zahtjeva individualni pristup i poznavanje kako bi ga se uporabilo u najbolje mogućim uvjetima. Za eksterne uvijete preporuka je izbjegavati magenta i ljubičastu elektroink bojilo, te koristiti maksimalno moguće cijan i PANTONE narančasto bojilo, zbog njihove dugotrajne postojanosti. Pošto se na svim grafikonima uočava linearni oblik krivulja, vremenski period od 244 sata pokazao se nedovoljan upravo zbog toga. Bilo bi zgodni proširiti istraživanje i na duži vremenski period. Time bi došli do krajnje faze starenja te potpune degradacije elektroink bojila.

6. LITERATURA

1. Zjakić I. (2007). *Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska*, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb
2. Feller R. L. (1994). *ACCELERATED AGING: Photochemical and Thermal Aspects*, the J. Paul Getty Trust, USA
- 3.***http://hr.wikipedia.org/wiki/Ultraljubi%C4%8Dasto_zra%C4%8Denje
Wikipedija, 18.srpnja 2013.
4. ASTM Institute for Standards Research Program Effect of Aging on Printing & Writing Papers; (August 2000). "*Quantification and Prediction for Aging of Printing & Writing Papers Exposed to Light*"; USDA Forest Service Forest Products Laboratory Madison, Wisconsin
5. Majnarić I. (2007). *Studija indirektne elektrofotografije*, doktorska disertacija, Grafički Fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
6. Fiona J. Butterfield (1987). *Studies in Conservation Vol. 32*, No.4, Maney Publishing
7. Q-lab (2011). *Sunlight, Weathering and Light Stability Testing*
8. Q-lab (2012). *A Choice of Lamps for the QUV Accelerated Weathering Tester*
9. Gurav Sharma (2003). *Digital Color Imaging Handbook*, Xerox Corporation, Webster, New York
10. Majnarić I. (2004). *Kvaliteta digitalnih otisaka uvjetovana starenjem tiskovne podloge*, Magistarski rad, Grafički fakultet Sveučilšta u Zagrebu, Zagreb
11. Georg A. Klein (2010). *Industrial Color Physics*, Springer, Herrenberg, Germany
12. Scot Fry (1999). *Six degrees of separation: A look at the hexachrome™ high*
13. Lo, Mei-Chun, Chen, Chang-Lang, Tsung-Hsien (2007). *Characterization of High-fidelity Color Printing Devices Based on both Multispectral and Broadband Approaches*, 9th International Symposium on Multispectral Colour Science Taipei, Taiwan,
14. A.Ufuk Agar, Gary J. Dispoto, Ingeborg Tastl, Kok-Wei Koh, Niranjana Damera Venkata (2010). *Photo Quality Printing on a Digital Press*, Hewlett-Packard Laboratories Palo Alto, CA
15. L. B. Schein (1996). *Electrophotography and Development Physics*, 2th (ed), LaplacianPress, Morgan Hill (CA)
16. Drennan B. (1998). *Indigo E-print*, Adams-Harmon Graphics Press, Chicago

17. Bolanča Z, Bolanča S, Zjakić I, (2002). *Colorimetric Properties of the Prints During Ageing*, Proceedings of First European Conference on Colour in Graphics, Imaging and Vision, Poitiers
18. Xerox Corporation (1999). *Concepts of Basic Xerography*

7.POPIS SLIKA, TABLICA I FORMULA

Popis slika

Slika 2. Majnarić, Studija indirektne elektrofotografije, doktorska disertacija, 2007, str. 55

Slika 3. Majnarić, Studija indirektne elektrofotografije, doktorska disertacija, 2007., str 56.

Slika 4. I. Majnarić, Studija indirektne elektrofotografije, doktorska disertacija, 2007., str 56

Slika 5. I. Majnarić, Studija indirektne elektrofotografije, doktorska disertacija, 2007., str 57.)

Slika 11. dostupno na: http://www.colorline-usa.com/Digital_Offset_color.pdf,15.07.2013

Slika 18. I. Majnarić, Studija indirektne elektrofotografije, doktorska disertacija, 2007., str 41

Slika 21. dostupno na: http://www.colorline-usa.com/Digital_Offset_color.pdf,15.07.2013.

Slika 22. dostupno na: http://www.colorline-usa.com/Digital_Offset_color.pdf,15.07.2013

Slika 23. Digital Printing Start-Up Guide, str.82

Slika 26. dostupno na: <http://blog.savvydog.com> 18.07.2013.)

Slika 27. dostupno na: <http://seesaw.typepad.com/blog/collecting-jello> 15.07.2013.

Slika 28. Characterization of High-fidelity Color Printing Devices Based on both Multispectral and Broadband Approaches, str.37

Slika 29. dostupno na:

<http://graphicdesign.stackexchange.com/questions/9400/simplest-set-of-inks-that-could-print-the-rgb-gamut> 15.07.2013.

Slika 30. dostupno na: <http://opaltone.com>,15.07.2013.

Slika 31. dostupno na: <http://h10088.www1.hp.com>

Slika 32 dostupno na: <http://h10088.www1.hp.com>,15.07.2013.

Slika 33. Georg A. Klein, Industrial Color Physics, 2010., str 143.

Slika 34. Georg A. Klein, Industrial Color Physics, 2010., str 145.)

Slika 35. Georg A. Klein, Industrial Color Physics, 2010., str 146.)

Slika 36. Dostupno na: <http://www.q-lab.com/> 18.07.2013

Slika 37 Dostupno na: <http://www.q-lab.com/> 18.07.2013

Slika 38 Dostupno na: <http://www.q-lab.com/> 18.07.2013

Slika 39 Dostupno na: <http://www.q-lab.com/> 18.07.2013

Slika 40 Dostupno na: <http://www.q-lab.com/> 18.07.2013

Slika 42 Dostupno na: <http://www.q-lab.com/> 18.07.2013

Popis korištenih tablica

Tablica 2. I: Zjakić, Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska,2007, str.224

Popis korištenih formula

- (1) I. Zjakić (2007), Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, str.31
- (2) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.144
- (3) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.144
- (4) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.144
- (5) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.144
- (6) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.144
- (7) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.144
- (9) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.145
- (9) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.146
- (10) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.147
- (11) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.147
- (12) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.147
- (13) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.147
- (14) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.157
- (15) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.157
- (16) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.157
- (17) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.157
- (18) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.157
- (19) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.157
- (20) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.157
- (21) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.158
- (22) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.158
- (23) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.158
- (24) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.158
- (25) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.158
- (26) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.158
- (27) Georg A. Klein (2010), Industrial Color Physics, Springer, Germany, str.158

8.PRILOZI

Tablica 6. Tablice mjerenja cijan polja i izračun ΔE vrijednosti na papiru Mango star Gloss

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	84,32	-8,22	-14,67	0,00	0,00	0,00	0,00	
	84,32	-8,22	-14,67					
48 h	84,32	-8,22	-14,67	2,36	0,75	1,07	1,96	
	83,20	-8,78	-11,40					
96 h	84,32	-8,22	-14,67	3,20	0,77	1,47	2,73	
	83,16	-8,88	-10,14					
160 h	84,32	-8,22	-14,67	3,56	0,97	1,30	3,17	
	82,87	-9,28	-9,90					20% RTV
244 h	84,32	-8,22	-14,67	4,13	0,43	2,16	3,50	
	83,68	-8,64	-8,58					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	76,68	-15,10	-24,14	0,00	0,00	0,00	0,00	
	76,68	-15,10	-24,14					
6 h	76,68	-15,10	-24,14	0,78	0,43	0,37	0,53	
	76,09	-15,44	-22,95					
12 h	76,68	-15,10	-24,14	1,10	0,35	0,79	0,68	
	76,20	-15,17	-22,00					
24 h	76,68	-15,10	-24,14	1,61	0,46	0,87	1,28	
	76,05	-15,80	-21,32					
48 h	76,68	-15,10	-24,14	1,86	0,27	1,38	1,22	
	76,30	-15,15	-20,42					
96 h	76,68	-15,10	-24,14	2,55	0,28	1,74	1,84	
	76,29	-15,37	-19,21					40% RTV
160 h	76,68	-15,10	-24,14	2,95	0,09	2,04	2,12	
	76,56	-15,29	-18,41					
244 h	76,68	-15,10	-24,14	3,40	0,04	2,33	2,47	
	76,62	-15,26	-17,59					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	63,71	-27,07	-39,94	0,00	0,00	0,00	0,00	
	63,71	-27,07	-39,94					
6 h	63,71	-27,07	-39,94	0,52	0,40	0,21	0,26	
	63,23	-27,23	-39,08					
12 h	63,71	-27,07	-39,94	0,69	0,28	0,38	0,51	
	63,38	-27,42	-38,36					
24 h	63,71	-27,07	-39,94	1,01	0,31	0,57	0,78	
	63,34	-27,60	-37,56					
48 h	63,71	-27,07	-39,94	1,20	0,54	0,59	0,89	
	63,06	-27,76	-37,37					
96 h	63,71	-27,07	-39,94	1,62	0,28	0,88	1,33	
	63,37	-28,04	-36,14					80% RTV
160 h	63,71	-27,07	-39,94	1,97	0,09	1,20	1,56	
	63,60	-27,90	-35,06					
244 h	63,71	-27,07	-39,94	2,35	-0,15	1,45	1,84	
	63,89	-27,93	-34,10					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	57,22	-33,75	-47,84	0,00	0,00	0,00	0,00	
	57,22	-33,75	-47,84					
48 h	57,22	-33,75	-47,84	0,86	0,27	0,47	0,67	
	56,92	-34,21	-45,56					
96 h	57,22	-33,75	-47,84	1,25	0,15	0,71	1,02	
	57,05	-34,42	-44,42					
160 h	57,22	-33,75	-47,84	1,66	-0,11	0,94	1,37	
	57,33	-34,63	-43,29					100% RTV
244 h	57,22	-33,75	-47,84	1,97	-0,31	1,17	1,55	
	57,56	-34,49	-42,36					

Tablica 7. Tablice mjerenja magenta polja i izračun ΔE vrijednosti na papiru Mango star Gloss

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	81,72	20,20	-5,26	0,00	0,00	0,00	0,00	
	81,72	20,20	-5,26					
48 h	81,72	20,20	-5,26	2,38	0,68	0,38	-2,24	
	80,72	19,93	-1,70					
96 h	81,72	20,20	-5,26	3,12	0,27	1,26	-2,84	
	81,32	18,51	-0,62					
160 h	81,72	20,20	-5,26	4,87	-1,25	3,64	-2,98	
	83,57	14,96	-0,03					20% RTV
244 h	81,72	20,20	-5,26	8,66	-3,22	7,16	-3,66	
	86,58	10,43	1,09					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	72,29	35,84	-6,14	0,00	0,00	0,00	0,00	
	72,29	35,84	-6,14					
6 h	72,29	35,84	-6,14	1,10	-0,45	0,72	-0,70	
	72,89	34,18	-4,63					
12 h	72,29	35,84	-6,14	1,09	0,34	0,19	-1,02	
	71,84	35,60	-4,26					
24 h	72,29	35,84	-6,14	1,64	-0,19	0,86	-1,39	
	72,54	33,96	-3,42					
48 h	72,29	35,84	-6,14	2,05	-0,58	1,37	-1,40	
	73,07	32,71	-3,24					
96 h	72,29	35,84	-6,14	3,23	-1,47	2,38	-1,61	
	74,27	30,33	-2,61					40% RTV
160 h	72,29	35,84	-6,14	5,48	-3,14	4,21	-1,54	
	76,56	26,26	-2,25					
244 h	72,29	35,84	-6,14	10,33	-6,34	7,98	-1,66	
	81,14	18,99	-1,26					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	58,26	60,13	-2,65	0,00	0,00	0,00	0,00	
	58,26	60,13	-2,65					
6 h	58,26	60,13	-2,65	0,50	0,08	0,12	-0,48	
	58,18	59,71	-1,57					
12 h	58,26	60,13	-2,65	0,60	-0,01	0,34	-0,50	
	58,27	58,93	-1,50					
24 h	58,26	60,13	-2,65	0,82	-0,21	0,49	-0,63	
	58,50	58,38	-1,21					
48 h	58,26	60,13	-2,65	0,88	-0,22	0,68	-0,52	
	58,51	57,68	-1,43					
96 h	58,26	60,13	-2,65	1,67	-1,02	1,31	-0,20	
	59,40	55,43	-2,03					80% RTV
160 h	58,26	60,13	-2,65	4,00	-3,01	2,62	0,33	
	61,69	50,94	-2,89					
244 h	58,26	60,13	-2,65	8,49	-6,73	5,03	1,22	
	66,15	43,26	-4,06					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	50,50	74,42	2,66	0,00	0,00	0,00	0,00	
	50,50	74,42	2,66					
48 h	50,50	74,42	2,66	0,45	0,08	0,43	-0,10	
	50,42	72,56	2,83					
96 h	50,50	74,42	2,66	1,14	-0,57	0,86	0,48	
	51,07	70,79	1,39					100% RTV
160 h	50,50	74,42	2,66	3,05	-2,02	1,66	1,58	
	52,53	67,51	-1,20					
244 h	50,50	74,42	2,66	6,80	-5,30	3,23	2,79	
	55,95	61,24	-3,78					

Tablica 8. Tablice mjerenja žutih polja i izračun ΔE vrijednosti na papiru Mango star Gloss

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	92,01	-2,49	21,14	0,00	0,00	0,00	0,00	
	92,01	-2,49	21,14					
48 h	92,01	-2,49	21,14	0,89	0,42	-0,44	0,66	
	91,34	-1,94	22,11					
96 h	92,01	-2,49	21,14	1,18	0,37	0,72	0,86	
	91,42	-1,55	19,89					
160 h	92,01	-2,49	21,14	2,39	0,25	2,14	1,04	
	91,61	-1,18	17,31					20% RTV
244 h	92,01	-2,49	21,14	3,87	0,09	3,64	1,32	
	91,86	-0,77	14,76					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	90,78	-3,89	37,61	0,00	0,00	0,00	0,00	
	90,78	-3,89	37,61					
6 h	90,78	-3,89	37,61	0,41	0,24	0,16	0,29	
	90,40	-3,45	37,22					
12 h	90,78	-3,89	37,61	0,59	0,32	0,40	0,30	
	90,27	-3,38	36,60					
24 h	90,78	-3,89	37,61	0,34	0,24	0,20	0,14	
	90,40	-3,65	37,10					
48 h	90,78	-3,89	37,61	1,30	0,32	1,19	0,42	
	90,27	-3,03	34,55					
96 h	90,78	-3,89	37,61	1,98	0,25	1,90	0,47	
	90,38	-2,80	32,77					40% RTV
160 h	90,78	-3,89	37,61	3,98	0,06	3,95	0,49	
	90,69	-2,34	27,92					
244 h	90,78	-3,89	37,61	6,28	-0,10	6,24	0,75	
	90,94	-1,65	22,99					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	89,17	-4,91	68,90	0,00	0,00	0,00	0,00	
	89,17	-4,91	68,90					
6 h	89,17	-4,91	68,90	0,46	0,27	0,31	0,21	
	88,74	-4,47	67,68					
12 h	89,17	-4,91	68,90	0,69	0,31	0,60	0,16	
	88,68	-4,49	66,51					
24 h	89,17	-4,91	68,90	0,91	0,20	0,88	-0,02	
	88,85	-4,70	65,34					
48 h	89,17	-4,91	68,90	1,56	0,29	1,53	0,11	
	88,71	-4,31	62,86					
96 h	89,17	-4,91	68,90	2,64	0,11	2,63	-0,06	
	89,00	-4,27	58,71					80% RTV
160 h	89,17	-4,91	68,90	4,84	-0,15	4,82	-0,34	
	89,40	-4,10	51,03					
244 h	89,17	-4,91	68,90	7,24	-0,23	7,23	-0,38	
	89,54	-3,57	43,39					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	88,48	-4,80	87,70	0,00	0,00	0,00	0,00	
	88,48	-4,80	87,70					
48 h	88,48	-4,80	87,70	1,33	0,37	1,28	0,13	
	87,90	-4,24	81,57					
96 h	88,48	-4,80	87,70	2,80	0,14	2,78	-0,27	
	88,26	-4,54	74,71					
160 h	88,48	-4,80	87,70	5,33	-0,20	5,29	-0,64	
	88,79	-4,48	64,27					100% RTV
244 h	88,48	-4,80	87,70	8,02	-0,40	7,97	-0,82	
	89,11	-4,06	54,22					

Tablica 9. Tablice mjerenja crnih polja i izračun ΔE vrijednosti na papiru Mango star Gloss

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	76,52	0,44	-1,94	0,00	0,00	0,00	0,00	
	76,52	0,44	-1,94					
48 h	76,52	0,44	-1,94	4,01	0,07	-0,49	-3,98	
	76,42	0,91	2,20					
96 h	76,52	0,44	-1,94	4,76	-0,14	-1,14	-4,62	
	76,71	0,89	3,05					20% RTV
160 h	76,52	0,44	-1,94	5,08	-0,50	-1,42	-4,85	
	77,22	0,92	3,38					
244 h	76,52	0,44	-1,94	5,11	-0,64	-1,44	-4,86	
	77,41	0,93	3,40					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	65,16	0,25	-1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	
	65,16	0,25	-1,80					
6 h	65,16	0,25	-1,80	1,69	-0,19	1,10	-1,26	
	65,40	0,44	-0,09					
12 h	65,16	0,25	-1,80	2,28	-0,43	0,82	-2,09	
	65,68	0,56	0,47					
24 h	65,16	0,25	-1,80	3,27	-0,31	0,12	-3,26	
	65,54	0,46	1,56					
48 h	65,16	0,25	-1,80	3,95	-0,78	-0,69	-3,81	
	66,12	1,02	2,10					40% RTV
96 h	65,16	0,25	-1,80	4,54	-0,64	-1,22	-4,33	
	65,94	1,01	2,82					
160 h	65,16	0,25	-1,80	4,76	-1,23	-1,34	-4,39	
	66,67	1,09	2,91					
244 h	65,16	0,25	-1,80	4,89	-1,53	-1,41	-4,42	
	67,04	1,17	2,93					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	40,86	0,02	-0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	
	40,86	0,02	-0,75					
6 h	40,86	0,02	-0,75	1,22	0,02	0,18	-1,20	
	40,83	0,23	0,44					
12 h	40,86	0,02	-0,75	1,81	-0,69	-0,26	-1,65	
	41,63	0,33	0,89					
24 h	40,86	0,02	-0,75	2,82	-1,25	-1,09	-2,28	
	42,25	0,43	1,79					
48 h	40,86	0,02	-0,75	3,69	-1,45	-2,02	-2,72	
	42,47	1,07	2,46					
96 h	40,86	0,02	-0,75	4,32	-1,54	-2,65	-3,03	
	42,57	1,28	3,13					80% RTV
160 h	40,86	0,02	-0,75	4,81	-2,30	-2,87	-3,10	
	43,40	1,49	3,23					
244 h	40,86	0,02	-0,75	4,88	-2,39	-2,91	-3,11	
	43,49	1,54	3,23					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	22,26	0,23	1,41	0,00	0,00	0,00	0,00	
	22,26	0,23	1,41					
48 h	22,26	0,23	1,41	3,83	-1,34	-3,49	0,82	
	24,14	1,89	4,69					
96 h	22,26	0,23	1,41	5,20	-2,68	-4,34	1,04	
	25,97	2,44	5,46					100% RTV
160 h	22,26	0,23	1,41	5,64	-3,22	-4,47	1,17	
	26,70	2,65	5,46					
244 h	22,26	0,23	1,41	5,92	-3,54	-4,57	1,29	
	27,12	2,84	5,39					

Tablica 10. Tablice mjerenja narančastih (m+y) polja i izračun ΔE vrijednosti na papiru Mango star Gloss

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	87,17	6,79	12,89	0,00	0,00	0,00	0,00	
	87,17	6,79	12,89					
48 h	87,17	6,79	12,89	0,86	0,26	-0,48	-0,67	
	86,77	6,68	14,01					
96 h	87,17	6,79	12,89	0,97	-0,07	0,09	-0,96	
	87,27	6,09	13,39					
160 h	87,17	6,79	12,89	2,46	-0,86	1,51	-1,74	
	88,51	4,67	11,88					20% RTV
244 h	87,17	6,79	12,89	4,61	-1,78	2,84	-3,16	
	89,97	3,05	10,72					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	81,03	13,80	25,30	0,00	0,00	0,00	0,00	
	81,03	13,80	25,30					
6 h	81,03	13,80	25,30	0,27	0,21	-0,16	-0,04	
	80,72	13,93	25,65					
12 h	81,03	13,80	25,30	0,25	0,23	-0,06	-0,06	
	80,69	13,81	25,47					
24 h	81,03	13,80	25,30	0,33	0,12	0,05	-0,30	
	80,86	13,43	25,39					
48 h	81,03	13,80	25,30	0,55	0,09	0,53	0,14	
	80,90	13,37	24,17					
96 h	81,03	13,80	25,30	1,57	-0,47	1,49	0,13	
	81,72	12,34	22,34					40% RTV
160 h	81,03	13,80	25,30	3,84	-1,70	3,42	-0,43	
	83,55	10,01	19,23					
244 h	81,03	13,80	25,30	6,70	-3,29	5,30	-2,43	
	85,96	6,94	17,08					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	71,03	28,48	44,58	0,00	0,00	0,00	0,00	
	71,03	28,48	44,58					
6 h	71,03	28,48	44,58	0,27	0,09	0,17	0,19	
	70,91	28,40	43,94					
12 h	71,03	28,48	44,58	0,46	0,23	0,25	0,31	
	70,73	28,41	43,61					
24 h	71,03	28,48	44,58	0,57	0,07	0,47	0,32	
	70,93	28,02	42,99					
48 h	71,03	28,48	44,58	1,45	-0,06	1,13	0,90	
	71,11	27,54	40,72					
96 h	71,03	28,48	44,58	2,80	-0,66	2,28	1,49	
	71,90	26,20	37,27					80% RTV
160 h	71,03	28,48	44,58	5,81	-2,40	4,75	2,32	
	74,23	22,98	30,74					
244 h	71,03	28,48	44,58	8,48	-4,70	6,98	1,08	
	77,41	18,49	26,74					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	66,55	35,82	55,83	0,00	0,00	0,00	0,00	
	66,55	35,82	55,83					
48 h	66,55	35,82	55,83	1,57	-0,07	1,21	1,00	
	66,63	34,57	51,03					
96 h	66,55	35,82	55,83	2,96	-0,70	2,33	1,69	
	67,42	33,11	47,01					
160 h	66,55	35,82	55,83	5,84	-2,37	4,64	2,63	
	69,54	29,66	39,73					100% RTV
244 h	66,55	35,82	55,83	8,52	-4,72	6,81	1,98	
	72,62	25,09	34,66					

Tablica 11. Tablice mjerenja narančastih PANTONE polja i izračun ΔE vrijednosti na papiru Mango star Gloss

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	86,84	11,56	11,40	0,00	0,00	0,00	0,00	
	86,84	11,56	11,40					
48 h	86,84	11,56	11,40	3,24	-0,38	-0,34	-3,20	
	87,43	10,05	14,73					
96 h	86,84	11,56	11,40	4,36	-0,69	0,04	-4,30	
	87,91	8,95	15,12					
160 h	86,84	11,56	11,40	4,98	-1,13	1,03	-4,74	20% RTV
	88,60	7,76	14,17					
244 h	86,84	11,56	11,40	5,76	-1,50	1,88	-5,23	
	89,19	6,73	13,42					
vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	81,57	19,59	24,24	0,00	0,00	0,00	0,00	
	81,57	19,59	24,24					
6 h	81,57	19,59	24,24	1,13	-0,41	-0,85	-0,62	
	82,17	20,27	26,39					
12 h	81,57	19,59	24,24	1,34	-0,46	-0,82	-0,96	
	82,25	19,87	26,61					
24 h	81,57	19,59	24,24	2,03	-0,69	-0,76	-1,75	
	82,59	18,97	27,14					
48 h	81,57	19,59	24,24	2,04	-0,81	-0,54	-1,79	
	82,77	18,60	26,73					
96 h	81,57	19,59	24,24	2,93	-1,35	-0,01	-2,60	
	83,57	17,03	26,31					
160 h	81,57	19,59	24,24	3,96	-2,02	1,01	-3,25	40% RTV
	84,59	15,04	24,83					
244 h	81,57	19,59	24,24	5,03	-2,61	1,98	-3,82	
	85,49	13,34	23,41					
vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	72,38	39,68	58,35	0,00	0,00	0,00	0,00	
	72,38	39,68	58,35					
6 h	72,38	39,68	58,35	0,75	-0,26	-0,18	-0,68	
	72,72	39,16	59,62					
12 h	72,38	39,68	58,35	0,85	-0,34	0,00	-0,78	
	72,83	38,61	59,08					
24 h	72,38	39,68	58,35	1,58	-0,67	0,04	-1,43	
	73,28	37,61	59,51					
48 h	72,38	39,68	58,35	1,73	-0,85	0,10	-1,51	
	73,51	37,36	59,37					
96 h	72,38	39,68	58,35	2,71	-1,58	0,60	-2,12	
	74,50	35,41	58,17					
160 h	72,38	39,68	58,35	4,13	-2,62	1,56	-2,78	80% RTV
	75,93	32,50	55,47					
244 h	72,38	39,68	58,35	5,22	-3,35	2,32	-3,27	
	76,94	30,33	53,33					
vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	67,36	50,27	93,48	0,00	0,00	0,00	0,00	
	67,36	50,27	93,48					
48 h	67,36	50,27	93,48	1,22	-0,84	0,29	-0,83	
	68,42	48,07	92,78					
96 h	67,36	50,27	93,48	2,11	-1,56	0,59	-1,30	
	69,34	46,47	91,66					
160 h	67,36	50,27	93,48	3,19	-2,41	1,23	-1,69	
	70,43	44,19	88,84					
244 h	67,36	50,27	93,48	4,14	-3,12	1,85	-2,00	100% RTV
	71,37	42,19	86,12					

Tablica 12. Tablice mjerenja ljubičastih (c+m) polja i izračun ΔE vrijednosti na papiru Mango star Gloss

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	75,99	7,81	-15,07	0,00	0,00	0,00	0,00	
	75,99	7,81	-15,07					
48 h	75,99	7,81	-15,07	2,48	0,13	2,20	-1,13	
	75,82	6,72	-11,29					
96 h	75,99	7,81	-15,07	3,54	-0,41	3,49	-0,49	
	76,56	5,45	-10,12					
160 h	75,99	7,81	-15,07	6,14	-1,73	5,42	2,30	
	78,42	2,82	-9,17					
244 h	75,99	7,81	-15,07	10,53	-3,29	7,18	6,97	20% RTV
	80,67	-0,37	-8,08					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	62,57	11,93	-23,71	0,00	0,00	0,00	0,00	
	62,57	11,93	-23,71					
6 h	62,57	11,93	-23,71	0,82	0,19	0,52	-0,60	
	62,35	11,67	-22,33					
12 h	62,57	11,93	-23,71	1,08	0,28	0,73	-0,74	
	62,25	11,49	-21,87					
24 h	62,57	11,93	-23,71	1,41	0,09	1,16	-0,80	
	62,47	10,98	-21,10					
48 h	62,57	11,93	-23,71	1,58	-0,08	1,42	-0,69	
	62,66	10,58	-20,77					
96 h	62,57	11,93	-23,71	2,46	-0,85	2,30	-0,08	
	63,59	9,08	-19,75					
160 h	62,57	11,93	-23,71	5,27	-2,77	3,82	2,34	40% RTV
	65,91	5,69	-18,78					
244 h	62,57	11,93	-23,71	9,85	-5,21	5,60	6,22	
	68,97	1,29	-17,47					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	38,38	19,22	-36,88	0,00	0,00	0,00	0,00	
	38,38	19,22	-36,88					
6 h	38,38	19,22	-36,88	0,32	0,13	0,22	-0,18	
	38,23	18,92	-36,18					
12 h	38,38	19,22	-36,88	0,39	0,14	0,30	-0,20	
	38,22	18,78	-35,98					
24 h	38,38	19,22	-36,88	0,43	0,07	0,42	-0,08	
	38,30	18,43	-35,79					
48 h	38,38	19,22	-36,88	0,56	-0,09	0,55	0,07	
	38,49	18,02	-35,59					
96 h	38,38	19,22	-36,88	1,30	-0,70	0,94	0,55	
	39,19	16,75	-34,97					
160 h	38,38	19,22	-36,88	3,53	-2,41	1,59	2,02	80% RTV
	41,14	14,04	-34,36					
244 h	38,38	19,22	-36,88	6,92	-4,78	2,35	4,41	
	43,74	10,14	-33,74					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	23,69	24,33	-43,36	0,00	0,00	0,00	0,00	
	23,69	24,33	-43,36					
48 h	23,69	24,33	-43,36	0,45	-0,20	0,40	0,01	
	23,97	23,40	-42,28					
96 h	23,69	24,33	-43,36	0,88	-0,52	0,61	0,36	
	24,41	22,58	-42,00					
160 h	23,69	24,33	-43,36	2,04	-1,36	0,94	1,20	
	25,56	21,01	-41,75					
244 h	23,69	24,33	-43,36	3,77	-2,48	1,37	2,48	100% RTV
	27,07	18,77	-41,50					

Tablica 13. Tablice mjerenja ljubičastih PANTONE polja i izračun ΔE vrijednosti na papiru Mango star Gloss

vrijeme	L	a	b	DE	DL	DC	DH	
0,00	78,66	8,82	-18,54	0,00	0,00	0,00	0,00	
	78,66	8,82	-18,54					
48 h	78,66	8,82	-18,54	9,11	-2,17	7,19	-5,16	
	81,80	5,82	-5,32					
96 h	78,66	8,82	-18,54	11,00	-2,87	8,41	-6,48	
	82,84	5,27	-3,03					
160 h	78,66	8,82	-18,54	12,74	-3,78	9,50	-7,60	20% RTV
	84,21	4,58	-1,14					
244 h	78,66	8,82	-18,54	13,71	-4,36	9,87	-8,46	
	85,09	4,31	-0,13					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	67,13	15,55	-30,91	0,00	0,00	0,00	0,00	
	67,13	15,55	-30,91					
6 h	67,13	15,55	-30,91	0,00	0,00	0,00	0,00	
	67,13	15,55	-30,91					
12 h	67,13	15,55	-30,91	7,23	-2,43	4,87	-4,76	
	70,22	12,05	-18,36					
24 h	67,13	15,55	-30,91	9,33	-3,21	6,59	-5,77	
	71,24	10,89	-15,01					
48 h	67,13	15,55	-30,91	11,46	-3,94	8,26	-6,89	
	72,21	10,13	-11,75					
96 h	67,13	15,55	-30,91	14,26	-5,38	10,49	-8,02	40% RTV
	74,13	8,89	-7,77					
160 h	67,13	15,55	-30,91	16,84	-7,36	12,34	-8,78	
	76,88	7,63	-4,74					
244 h	67,13	15,55	-30,91	18,46	-8,58	13,36	-9,42	
	78,59	6,91	-2,95					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	42,01	34,25	-55,56	0,00	0,00	0,00	0,00	
	42,01	34,25	-55,56					
6 h	42,01	34,25	-55,56	4,21	-1,93	2,91	-2,36	
	44,11	29,48	-44,74					
12 h	42,01	34,25	-55,56	6,04	-2,71	4,20	-3,40	
	44,94	27,59	-40,41					
24 h	42,01	34,25	-55,56	8,48	-3,85	5,92	-4,70	
	46,14	25,20	-35,10					
48 h	42,01	34,25	-55,56	11,70	-5,45	8,04	-6,52	
	47,77	22,80	-28,88					
96 h	42,01	34,25	-55,56	16,09	-8,47	10,66	-8,57	80% RTV
	50,77	20,10	-21,98					
160 h	42,01	34,25	-55,56	20,96	-12,76	13,29	-10,00	
	54,87	17,23	-16,07					
244 h	42,01	34,25	-55,56	24,30	-15,97	14,80	-10,78	
	57,98	15,75	-12,84					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	23,86	57,15	-74,97	0,00	0,00	0,00	0,00	
	23,86	57,15	-74,97					
48 h	23,86	57,15	-74,97	8,84	-3,32	7,23	-3,85	
	28,36	39,55	-46,25					
96 h	23,86	57,15	-74,97	12,86	-5,91	10,03	-5,47	
	31,71	34,18	-37,10					
160 h	23,86	57,15	-74,97	17,62	-9,62	13,05	-6,88	100% RTV
	36,29	28,61	-28,57					
244 h	23,86	57,15	-74,97	21,58	-13,19	15,08	-8,03	
	40,47	25,42	-23,10					

Tablica 14. Tablice mjerenja cijan polja i izračun ΔE vrijednosti na papiru Maxio set

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	84,02	-7,86	-17,94	0,00	0,00	0,00	0,00	
	84,02	-7,86	-17,94					
48 h	84,02	-7,86	-17,94	2,31	-0,40	0,74	2,15	
	84,62	-9,36	-15,09					
96 h	84,02	-7,86	-17,94	3,01	-0,74	1,07	2,71	
	85,14	-9,52	-14,05					
160 h	84,02	-7,86	-17,94	3,34	-0,95	1,18	2,97	
	85,46	-9,62	-13,64					20% RTV
244 h	84,02	-7,86	-17,94	3,49	-0,98	1,17	3,14	
	85,51	-9,75	-13,50					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	77,82	-13,91	-25,70	0,00	0,00	0,00	0,00	
	77,82	-13,91	-25,70					
6 h	77,82	-13,91	-25,70	0,66	0,06	0,15	0,64	
	77,73	-14,72	-24,97					
12 h	77,82	-13,91	-25,70	0,89	-0,03	0,31	0,83	
	77,86	-14,86	-24,50					
24 h	77,82	-13,91	-25,70	1,51	-0,19	0,62	1,36	
	78,09	-15,29	-23,44					
48 h	77,82	-13,91	-25,70	1,55	-0,17	0,60	1,42	
	78,06	-15,38	-23,44					
96 h	77,82	-13,91	-25,70	2,13	-0,57	0,92	1,84	
	78,63	-15,59	-22,42					40% RTV
160 h	77,82	-13,91	-25,70	2,68	-1,03	1,29	2,11	
	79,29	-15,52	-21,44					
244 h	77,82	-13,91	-25,70	2,86	-1,18	1,44	2,16	
	79,51	-15,40	-21,09					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	66,19	-24,37	-39,64	0,00	0,00	0,00	0,00	
	66,19	-24,37	-39,64					
6 h	66,19	-24,37	-39,64	0,55	-0,31	0,22	0,39	
	66,57	-24,83	-38,67					
12 h	66,19	-24,37	-39,64	0,66	-0,25	0,31	0,53	
	66,50	-24,98	-38,31					
24 h	66,19	-24,37	-39,64	0,97	-0,27	0,38	0,85	
	66,52	-25,45	-37,82					
48 h	66,19	-24,37	-39,64	1,09	-0,37	0,40	0,95	
	66,65	-25,60	-37,67					
96 h	66,19	-24,37	-39,64	1,58	-0,66	0,57	1,32	
	67,00	-26,03	-36,85					80% RTV
160 h	66,19	-24,37	-39,64	1,90	-0,90	0,72	1,51	
	67,30	-26,13	-36,23					
244 h	66,19	-24,37	-39,64	2,25	-1,18	0,83	1,72	
	67,66	-26,34	-35,73					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	60,84	-29,06	-45,88	0,00	0,00	0,00	0,00	
	60,84	-29,06	-45,88					
48 h	60,84	-29,06	-45,88	0,85	-0,14	0,14	0,83	
	61,00	-30,52	-44,60					
96 h	60,84	-29,06	-45,88	1,21	-0,08	0,14	1,20	
	60,93	-31,26	-44,18					100% RTV
160 h	60,84	-29,06	-45,88	1,56	-0,44	0,28	1,47	
	61,34	-31,53	-43,44					
244 h	60,84	-29,06	-45,88	1,85	-0,75	0,46	1,63	
	61,71	-31,52	-42,72					

Tablica 15. Tablice mjerenja magenta polja i izračun ΔE vrijednosti na papiru Maxio set

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	82,30	20,77	-7,89	0,00	0,00	0,00	0,00	
	82,30	20,77	-7,89					
48 h	82,30	20,77	-7,89	1,79	-0,45	0,82	-1,52	
	82,97	19,85	-5,13					
96 h	82,30	20,77	-7,89	3,06	-1,46	2,16	-1,60	
	84,49	17,72	-4,38					20% RTV
160 h	82,30	20,77	-7,89	6,11	-3,31	4,98	-1,25	
	87,32	13,65	-3,60					
244 h	82,30	20,77	-7,89	10,64	-5,49	9,09	-0,66	
	90,78	8,64	-2,65					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	74,42	34,42	-8,57	0,00	0,00	0,00	0,00	
	74,42	34,42	-8,57					
6 h	74,42	34,42	-8,57	0,53	-0,04	0,05	-0,53	
	74,48	34,50	-7,62					
12 h	74,42	34,42	-8,57	0,81	-0,19	0,31	-0,72	
	74,68	33,91	-7,15					
24 h	74,42	34,42	-8,57	1,29	-0,41	0,51	-1,11	
	74,98	33,55	-6,37					
48 h	74,42	34,42	-8,57	1,38	-0,63	0,73	-1,00	
	75,28	32,99	-6,45					
96 h	74,42	34,42	-8,57	2,55	-1,62	1,69	-1,00	
	76,65	30,70	-5,95					40% RTV
160 h	74,42	34,42	-8,57	6,00	-4,17	4,28	-0,57	
	80,28	24,93	-5,38					
244 h	74,42	34,42	-8,57	11,19	-7,54	8,26	0,20	
	85,30	17,45	-4,59					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	61,20	57,45	-6,19	0,00	0,00	0,00	0,00	
	61,20	57,45	-6,19					
6 h	61,20	57,45	-6,19	0,31	0,01	-0,03	-0,30	
	61,19	57,63	-5,53					
12 h	61,20	57,45	-6,19	0,47	-0,24	0,20	-0,36	
	61,48	56,82	-5,34					
24 h	61,20	57,45	-6,19	0,80	-0,46	0,30	-0,59	
	61,74	56,53	-4,81					
48 h	61,20	57,45	-6,19	0,80	-0,55	0,40	-0,42	
	61,84	56,13	-5,14					
96 h	61,20	57,45	-6,19	1,62	-1,32	0,93	-0,16	
	62,74	54,24	-5,49					80% RTV
160 h	61,20	57,45	-6,19	4,43	-3,68	2,37	0,68	
	65,58	49,23	-6,66					
244 h	61,20	57,45	-6,19	8,69	-7,17	4,65	1,54	
	69,99	42,00	-7,29					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	54,84	69,14	-2,81	0,00	0,00	0,00	0,00	
	54,84	69,14	-2,81					
48 h	54,84	69,14	-2,81	0,34	-0,09	0,19	-0,27	
	54,94	68,39	-2,13					
96 h	54,84	69,14	-2,81	0,79	-0,62	0,49	0,07	
	55,50	67,14	-2,88					
160 h	54,84	69,14	-2,81	2,77	-2,16	1,30	1,14	
	57,16	63,78	-5,18					100% RTV
244 h	54,84	69,14	-2,81	6,34	-5,22	2,80	2,26	
	60,59	57,94	-7,18					

Tablica 16. Tablice mjerenja žutih polja i izračun ΔE vrijednosti na papiru Maxio set

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	92,20	-2,20	19,84	0,00	0,00	0,00	0,00	
	92,20	-2,20	19,84					
48 h	92,20	-2,20	19,84	0,86	-0,72	-0,23	-0,42	
	93,38	-2,64	20,19					
96 h	92,20	-2,20	19,84	1,24	-1,08	0,28	-0,54	
	93,97	-2,63	19,21					
160 h	92,20	-2,20	19,84	2,65	-1,42	2,18	-0,52	
	94,54	-2,17	15,83					20% RTV
244 h	92,20	-2,20	19,84	3,96	-1,62	3,60	-0,30	
	94,87	-1,71	13,53					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	91,38	-3,65	34,72	0,00	0,00	0,00	0,00	
	91,38	-3,65	34,72					
6 h	91,38	-3,65	34,72	0,56	-0,27	-0,44	-0,21	
	91,82	-4,06	35,83					
12 h	91,38	-3,65	34,72	0,40	-0,27	-0,14	-0,26	
	91,82	-4,03	35,05					
24 h	91,38	-3,65	34,72	0,80	-0,60	-0,16	-0,50	
	92,36	-4,36	35,04					
48 h	91,38	-3,65	34,72	0,82	-0,73	0,22	-0,30	
	92,56	-3,99	34,13					
96 h	91,38	-3,65	34,72	1,47	-1,06	0,91	-0,45	
	93,11	-3,98	32,36					40% RTV
160 h	91,38	-3,65	34,72	3,56	-1,45	3,21	-0,55	
	93,75	-3,45	26,99					
244 h	91,38	-3,65	34,72	4,97	-1,67	4,66	-0,45	
	94,11	-2,97	23,88					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	90,08	-5,02	63,38	0,00	0,00	0,00	0,00	
	90,08	-5,02	63,38					
6 h	90,08	-5,02	63,38	0,21	-0,15	0,05	-0,13	
	90,32	-5,23	63,18					
12 h	90,08	-5,02	63,38	0,34	-0,20	0,19	-0,19	
	90,41	-5,27	62,63					
24 h	90,08	-5,02	63,38	0,65	-0,48	0,18	-0,40	
	90,86	-5,61	62,63					
48 h	90,08	-5,02	63,38	1,09	-0,63	0,80	-0,37	
	91,10	-5,36	60,30					
96 h	90,08	-5,02	63,38	2,10	-1,04	1,72	-0,60	
	91,76	-5,43	56,93					80% RTV
160 h	90,08	-5,02	63,38	4,02	-1,48	3,63	-0,88	
	92,48	-5,22	50,34					
244 h	90,08	-5,02	63,38	5,76	-1,80	5,38	-1,01	
	93,00	-4,87	44,79					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	89,40	-4,96	76,55	0,00	0,00	0,00	0,00	
	89,40	-4,96	76,55					
48 h	89,40	-4,96	76,55	1,07	-0,64	0,74	-0,43	
	90,42	-5,48	73,26					
96 h	89,40	-4,96	76,55	1,97	-1,02	1,54	-0,69	
	91,03	-5,66	69,87					
160 h	89,40	-4,96	76,55	3,68	-1,44	3,24	-0,97	
	91,71	-5,57	63,01					100% RTV
244 h	89,40	-4,96	76,55	5,54	-1,76	5,12	-1,19	
	92,23	-5,32	56,02					

Tablica 17. Tablice mjerenja crnih polja i izračun ΔE vrijednosti na papiru Maxio set

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	76,87	1,52	-2,84	0,00	0,00	0,00	0,00	
	76,87	1,52	-2,84					
48 h	76,87	1,52	-2,84	3,60	-1,05	1,42	-3,13	
	78,34	1,24	0,83					
96 h	76,87	1,52	-2,84	4,37	-1,17	1,02	-4,09	
	78,51	1,23	1,64					
160 h	76,87	1,52	-2,84	4,83	-1,62	0,82	-4,48	
	79,15	1,21	2,00					20% RTV
244 h	76,87	1,52	-2,84	5,11	-2,13	0,77	-4,58	
	79,89	1,20	2,09					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	66,36	1,40	-1,96	0,00	0,00	0,00	0,00	
	66,36	1,40	-1,96					
6 h	66,36	1,40	-1,96	1,32	-0,29	0,98	-0,85	
	66,72	1,12	-0,63					
12 h	66,36	1,40	-1,96	1,95	-0,72	0,91	-1,57	
	67,26	1,24	-0,04					
24 h	66,36	1,40	-1,96	3,17	-0,86	0,99	-2,89	
	67,43	0,89	1,16					
48 h	66,36	1,40	-1,96	3,61	-1,30	0,23	-3,36	
	67,99	1,38	1,60					
96 h	66,36	1,40	-1,96	4,53	-1,69	-0,40	-4,19	
	68,47	1,46	2,50					
160 h	66,36	1,40	-1,96	4,97	-1,99	-0,69	-4,50	
	68,86	1,51	2,87					40% RTV
244 h	66,36	1,40	-1,96	5,19	-2,32	-0,77	-4,57	
	69,28	1,54	2,97					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	44,66	1,24	-0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	
	44,66	1,24	-0,16					
6 h	44,66	1,24	-0,16	0,82	-0,25	0,03	-0,78	
	44,92	1,14	0,64					
12 h	44,66	1,24	-0,16	1,13	-0,43	-0,25	-1,02	
	45,11	1,29	0,92					
24 h	44,66	1,24	-0,16	2,08	-0,83	-0,59	-1,81	
	45,53	1,16	1,82					
48 h	44,66	1,24	-0,16	2,89	-1,44	-1,43	-2,06	
	46,17	1,64	2,45					
96 h	44,66	1,24	-0,16	3,99	-2,08	-2,24	-2,57	
	46,82	1,87	3,43					
160 h	44,66	1,24	-0,16	4,79	-2,72	-2,96	-2,60	
	47,48	2,43	3,85					80% RTV
244 h	44,66	1,24	-0,16	5,10	-3,11	-2,99	-2,71	
	47,87	2,35	4,02					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	32,30	1,68	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	
	32,30	1,68	0,57					
48 h	32,30	1,68	0,57	2,42	-1,00	-1,62	-1,50	
	33,55	2,30	2,83					
96 h	32,30	1,68	0,57	3,72	-1,45	-2,70	-2,11	
	34,10	2,67	4,16					
160 h	32,30	1,68	0,57	4,31	-1,98	-3,18	-2,14	
	34,76	3,02	4,52					100% RTV
244 h	32,30	1,68	0,57	4,90	-2,47	-3,64	-2,16	
	35,35	3,36	4,86					

Tablica 18. Tablice mjerenja narančastih (m+y)polja i izračun ΔE vrijednosti na papiru Maxio set

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	87,12	7,96	10,86	0,00	0,00	0,00	0,00	
	87,12	7,96	10,86					
48 h	87,12	7,96	10,86	1,66	-0,79	0,13	-1,45	
	88,35	7,00	11,86					
96 h	87,12	7,96	10,86	2,41	-1,39	0,79	-1,80	
	89,30	6,28	11,30					
160 h	87,12	7,96	10,86	4,47	-2,44	2,43	-2,85	
	90,98	4,51	9,98					20% RTV
244 h	87,12	7,96	10,86	7,13	-3,58	4,00	-4,69	
	92,83	2,52	8,90					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	81,66	14,51	22,21	0,00	0,00	0,00	0,00	
	81,66	14,51	22,21					
6 h	81,66	14,51	22,21	0,36	-0,28	0,16	-0,17	
	82,07	14,18	22,05					
12 h	81,66	14,51	22,21	0,52	-0,28	0,14	-0,41	
	82,08	13,97	22,25					
24 h	81,66	14,51	22,21	0,89	-0,62	0,13	-0,63	
	82,58	13,78	22,42					
48 h	81,66	14,51	22,21	1,01	-0,80	0,38	-0,48	
	82,85	13,63	21,86					
96 h	81,66	14,51	22,21	1,97	-1,47	1,21	-0,54	
	83,84	12,67	20,47					
160 h	81,66	14,51	22,21	4,32	-2,83	3,01	-1,27	
	85,91	10,27	17,97					40% RTV
244 h	81,66	14,51	22,21	7,39	-4,46	4,80	-3,42	
	88,45	7,18	16,36					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	72,47	28,14	38,89	0,00	0,00	0,00	0,00	
	72,47	28,14	38,89					
6 h	72,47	28,14	38,89	0,16	-0,15	0,06	-0,01	
	72,67	28,02	38,75					
12 h	72,47	28,14	38,89	0,28	-0,16	0,22	0,05	
	72,69	27,80	38,30					
24 h	72,47	28,14	38,89	0,68	-0,54	0,41	0,04	
	73,20	27,42	37,82					
48 h	72,47	28,14	38,89	1,17	-0,70	0,81	0,47	
	73,40	27,19	36,46					
96 h	72,47	28,14	38,89	2,17	-1,28	1,57	0,78	
	74,19	26,19	34,38					
160 h	72,47	28,14	38,89	4,45	-2,74	3,33	1,10	
	76,19	23,50	30,13					80% RTV
244 h	72,47	28,14	38,89	6,82	-4,65	4,99	-0,04	
	78,89	19,79	27,44					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	68,05	35,68	47,30	0,00	0,00	0,00	0,00	
	68,05	35,68	47,30					
48 h	68,05	35,68	47,30	1,19	-0,57	0,81	0,67	
	68,78	34,73	44,36					
96 h	68,05	35,68	47,30	2,08	-1,10	1,44	1,04	
	69,45	33,82	42,28					
160 h	68,05	35,68	47,30	3,99	-2,37	2,89	1,41	
	71,10	31,22	38,14					100% RTV
244 h	68,05	35,68	47,30	6,09	-4,08	4,43	0,92	
	73,37	27,72	34,77					

Tablica 19. Tablice mjerenja narančastih PANTONE polja i izračun ΔE vrijednosti na papiru Maxio set

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	87,10	12,19	10,39	0,00	0,00	0,00	0,00	
	87,10	12,19	10,39					
48 h	87,10	12,19	10,39	3,16	-1,07	0,15	-2,97	
	88,78	10,47	13,11					
96 h	87,10	12,19	10,39	4,10	-1,61	0,62	-3,72	
	89,64	9,55	13,22					
160 h	87,10	12,19	10,39	5,02	-2,24	1,57	-4,21	20% RTV
	90,65	8,34	12,53					
244 h	87,10	12,19	10,39	5,74	-2,67	2,37	-4,50	
	91,34	7,45	11,84					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	82,54	20,42	24,95	0,00	0,00	0,00	0,00	
	82,54	20,42	24,95					
6 h	82,54	20,42	24,95	1,20	-0,50	-0,27	-1,05	
	83,28	19,78	26,34					
12 h	82,54	20,42	24,95	1,54	-0,63	-0,24	-1,39	
	83,48	19,39	26,55					
24 h	82,54	20,42	24,95	2,45	-1,04	-0,22	-2,21	
	84,10	18,51	27,15					
48 h	82,54	20,42	24,95	2,63	-1,37	-0,07	-2,25	
	84,60	18,26	26,89					
96 h	82,54	20,42	24,95	3,59	-2,11	0,45	-2,86	
	85,73	16,91	26,33					
160 h	82,54	20,42	24,95	4,64	-2,87	1,29	-3,40	40% RTV
	86,89	15,27	25,10					
244 h	82,54	20,42	24,95	5,52	-3,42	2,22	-3,72	
	87,75	13,83	23,60					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	74,28	37,19	56,17	0,00	0,00	0,00	0,00	
	74,28	37,19	56,17					
6 h	74,28	37,19	56,17	0,88	-0,53	-0,15	-0,68	
	75,00	36,59	57,30					
12 h	74,28	37,19	56,17	1,02	-0,71	0,08	-0,73	
	75,25	36,03	56,56					
24 h	74,28	37,19	56,17	1,84	-1,07	-0,09	-1,49	
	75,74	35,34	57,78					
48 h	74,28	37,19	56,17	2,10	-1,53	0,15	-1,43	
	76,38	34,89	56,90					
96 h	74,28	37,19	56,17	3,09	-2,31	0,42	-2,01	
	77,46	33,54	56,49					
160 h	74,28	37,19	56,17	4,21	-3,20	1,01	-2,54	80% RTV
	78,73	31,63	54,95					
244 h	74,28	37,19	56,17	5,24	-3,98	1,71	-2,94	
	79,85	29,72	52,94					

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	70,32	45,68	74,43	0,00	0,00	0,00	0,00	
	70,32	45,68	74,43					
48 h	70,32	45,68	74,43	1,74	-1,33	0,00	-1,12	
	72,07	43,94	75,46					
96 h	70,32	45,68	74,43	2,70	-2,12	0,18	-1,66	
	73,12	42,66	75,20					
160 h	70,32	45,68	74,43	3,76	-2,98	0,49	-2,24	100% RTV
	74,28	41,01	74,41					
244 h	70,32	45,68	74,43	4,72	-3,76	0,97	-2,68	
	75,34	39,21	72,77					

Tablica 20. Tablice mjerenja ljubičastih (c+m) polja i izračun ΔE vrijednosti na papiru Maxio set

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	77,22	8,69	-16,96	0,00	0,00	0,00	0,00	
	77,22	8,69	-16,96					
48 h	77,22	8,69	-16,96	2,05	-0,74	1,91	0,01	
	78,27	7,01	-14,23					
96 h	77,22	8,69	-16,96	3,32	-1,48	2,88	0,75	
	79,32	5,82	-13,37					
160 h	77,22	8,69	-16,96	6,61	-2,89	4,62	3,74	
	81,37	2,91	-12,50					
244 h	77,22	8,69	-16,96	11,08	-4,55	6,01	8,13	20% RTV
	83,83	-0,43	-11,83					
vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	64,87	12,28	-24,78	0,00	0,00	0,00	0,00	
	64,87	12,28	-24,78					
6 h	64,87	12,28	-24,78	0,50	-0,24	0,40	-0,17	
	65,16	11,82	-23,92					
12 h	64,87	12,28	-24,78	0,61	-0,19	0,55	-0,16	
	65,10	11,59	-23,65					
24 h	64,87	12,28	-24,78	0,97	-0,33	0,91	-0,14	
	65,27	11,08	-23,04					
48 h	64,87	12,28	-24,78	1,23	-0,67	1,03	0,01	
	65,69	10,79	-22,93					
96 h	64,87	12,28	-24,78	2,20	-1,37	1,59	0,65	
	66,56	9,54	-22,39					
160 h	64,87	12,28	-24,78	5,13	-3,15	2,82	2,91	
	68,79	6,27	-21,61					
244 h	64,87	12,28	-24,78	9,28	-5,35	4,00	6,44	40% RTV
	71,65	2,15	-20,99					
vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	43,29	18,25	-35,70	0,00	0,00	0,00	0,00	
	43,29	18,25	-35,70					
6 h	43,29	18,25	-35,70	0,30	-0,22	0,14	0,15	
	43,52	17,82	-35,47					
12 h	43,29	18,25	-35,70	0,27	-0,10	0,25	-0,04	
	43,40	17,77	-35,06					
24 h	43,29	18,25	-35,70	0,68	-0,47	0,46	0,16	
	43,79	17,15	-34,70					
48 h	43,29	18,25	-35,70	0,75	-0,56	0,46	0,19	
	43,90	17,12	-34,72					
96 h	43,29	18,25	-35,70	1,50	-1,08	0,75	0,72	
	44,45	16,06	-34,42					
160 h	43,29	18,25	-35,70	3,27	-2,40	1,18	1,88	
	45,84	14,11	-34,17					
244 h	43,29	18,25	-35,70	5,95	-4,27	1,67	3,80	80% RTV
	47,76	11,29	-34,10					
vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	31,94	20,31	-39,46	0,00	0,00	0,00	0,00	
	31,94	20,31	-39,46					
48 h	31,94	20,31	-39,46	0,50	-0,42	0,28	-0,06	
	32,46	19,77	-38,69					
96 h	31,94	20,31	-39,46	0,82	-0,57	0,47	0,36	
	32,66	18,94	-38,50					
160 h	31,94	20,31	-39,46	1,80	-1,34	0,65	1,02	
	33,61	17,94	-38,54					
244 h	31,94	20,31	-39,46	3,17	-2,18	0,88	2,12	100% RTV
	34,65	16,38	-38,70					

Tablica 21. Tablice mjerenja ljubičastih PANTONE polja i izračun ΔE vrijednosti na papiru Maxio set

vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	80,76	9,81	-19,09	0,00	0,00	0,00	0,00	
	80,76	9,81	-19,09					
48 h	80,76	9,81	-19,09	6,36	-1,63	5,33	-3,06	
	83,17	6,96	-9,43					
96 h	80,76	9,81	-19,09	8,36	-2,55	7,03	-3,75	
	84,55	5,99	-6,94					
160 h	80,76	9,81	-19,09	10,04	-3,57	8,40	-4,18	
	86,11	5,15	-5,16					20% RTV
244 h	80,76	9,81	-19,09	11,18	-4,31	9,27	-4,54	
	87,25	4,64	-4,04					
vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	70,21	16,84	-30,53	0,00	0,00	0,00	0,00	
	70,21	16,84	-30,53					
6 h	70,21	16,84	-30,53	2,83	-0,68	1,88	-2,00	
	71,09	15,32	-25,24					
12 h	70,21	16,84	-30,53	4,17	-0,93	2,86	-2,89	
	71,43	14,55	-22,78					
24 h	70,21	16,84	-30,53	6,16	-1,75	4,46	-3,86	
	72,50	13,08	-19,36					
48 h	70,21	16,84	-30,53	8,28	-2,56	6,07	-5,01	
	73,59	12,04	-16,00					
96 h	70,21	16,84	-30,53	11,04	-4,20	8,29	-5,95	
	75,84	10,38	-12,07					
160 h	70,21	16,84	-30,53	13,30	-5,85	10,13	-6,33	
	78,15	8,89	-9,30					40% RTV
244 h	70,21	16,84	-30,53	15,00	-7,12	11,41	-6,64	
	79,97	7,96	-7,39					
vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0 h	48,81	32,51	-51,89	0,00	0,00	0,00	0,00	
	48,81	32,51	-51,89					
6 h	48,81	32,51	-51,89	2,59	-0,54	1,86	-1,72	
	49,35	29,78	-44,95					
12 h	48,81	32,51	-51,89	4,16	-1,08	2,95	-2,73	
	49,89	28,29	-41,15					
24 h	48,81	32,51	-51,89	6,25	-1,99	4,47	-3,88	
	50,80	26,12	-36,39					
48 h	48,81	32,51	-51,89	9,65	-4,06	6,75	-5,58	
	52,88	23,18	-29,84					
96 h	48,81	32,51	-51,89	13,58	-6,85	9,24	-7,22	
	55,76	20,19	-23,51					
160 h	48,81	32,51	-51,89	17,35	-10,01	11,53	-8,25	
	59,22	17,31	-18,54					80% RTV
244 h	48,81	32,51	-51,89	20,36	-12,70	13,20	-8,89	
	62,33	15,36	-15,23					
vrijeme	L	a	b	dE00	dL00	dC00	dH00	
0,00	36,12	44,17	-63,78	0,00	0,00	0,00	0,00	
	36,12	44,17	-63,78					
48 h	36,12	44,17	-63,78	8,53	-2,84	6,51	-4,72	
	39,44	32,19	-39,54					
96 h	36,12	44,17	-63,78	12,51	-5,63	9,20	-6,34	
	42,57	27,87	-31,61					
160 h	36,12	44,17	-63,78	16,72	-9,32	11,72	-7,45	
	46,51	23,83	-25,24					100% RTV
244 h	36,12	44,17	-63,78	20,46	-12,78	13,67	-8,28	
	50,01	20,96	-20,68					