



## UTJECAJ PROFILA ZASLONA RAČUNALA NA KVALITETU OTISAKA

## INFLUENCE OF COMPUTER DISPLAY PROFILES ON PRINT QUALITY

Ivan Friganović\*, Nikola Mrvac\*\*, Mario Periša\*\*

\*Prirodoslovno – grafička škola, Zadar,

\*\*Sveučilište u Zagrebu – Grafički fakultet, Zagreb,

\*\*\*MAPE, Zagreb

*Stručni članak / Professional paper*

**Sažetak:** Svakodnevni tehnološki napredak u izradi računalnih zaslona doveo je do zastupljenosti vrlo široke palete različitih tehnologija prikaza; starijih CRT modela, modernih tankih LCD zaslona te nadolazećih prikaza temeljenih na plazma tehnologiji.

U skladu sa navedenim za eksperimentalni dio ovog rada dizajnirana je i definirana te otisnuta testna forma kako bi se obuhvatilo što širi spektar informacija o boji. Nakon otiskivanja na otiscima je izmjereno niz parametara koji definiraju boju, te napravljena analiza kako bi se omogućilo smisljeno povezivanje parametara definiranih uz profile zaslona računala sa otiscima.

**Ključne riječi:** boja, prostor boja, kalibracija, gamut, otisak

**Abstract:** Everyday technological development in the production of the computer displays brought to the application of a broad range of different technology presentations: from the older CRT models, over the modern thin LCD displays to the future presentations based on plasma technology.

In accordance to the mentioned, for the needs of the experimental part of this work, the test form was designed, defined and printed in order to comprise the broadest possible colour information spectrum. After the printing, a series of parameters were measured on the prints which define the colour, and the analysis was done in order to enable the sensible linking of parameters defined with the computer display profiles with the prints.

**Key words:** digital colour, colour space, display calibration, gamut, imprints

## 1. UVOD

Primjena boje u digitalnom obliku prisutna je u svim segmentima života modernog čovjeka; u poslovnom svijetu općenito, u pripremi za tisak, u web dizajnu, u arhitekturi, pri izradi animacija, kod obrade fotografija, u medicini, u znanstvenim istraživanjima i drugdje.

Sveprisutnošću i globalnom rasprostranjenošću osobnih računala raste i zahtjevna potreba za bojom te njenom preciznom reprodukcijom. Tek unazad desetak godina računala mogu prikazati dovoljno širok spektar (16.7 milijuna) boja, s tim da se točnost kolor reprodukcija što na zaslonima što na raznoraznim medijima primjetno poboljšavala do današnjih dana.

Kao posljedica osjetljivosti ljudskog oka, u mogućnosti smo percipirati suptilne razlike u prikazima boja koje nam daju digitalne kamere, računalni zasloni, skeneri, pisači i slični uređaji. Visok nivo tehničkog znanja potreban je da bi se razumjele spone među navedenim uređajima, pogotovo za praktičnu kontrolu boje, u koracima radnog procesa, treba poznavati postave okruženja operativnog sustava, aplikacija i karakteristike računalnog zaslona te razumjeti upotrebu ICC (*International Color Consortium*) profila. Boja je ono što privlači potrošača i prodaje proizvod, važan je dio prodajnog procesa i konačne odluke kupca. Radni tijek boje započinje idejom dizajnera i specifikacijama naručioca. Od te točke informacija o boji prenosit će se preko određenog broja pojedinaca koji će je renderirati i reproducirati na raznim uređajima.

U svakoj fazi produkcije, izlazna vrijednost prethodnog koraka postat će ulazna vrijednost slijedećeg procesa. Svaka promjena boju stavlja u novi prostor, od fotografskog filma do RGB prostora zaslona računala, preko CMYK probnog otiska do finalnog otiska na širokoj paleti strojeva i medija. Svaka procjena među fazama u proizvodnom procesu najčešće se odvija pod nadzorom različitih promatrača u novim, drukčijim uvjetima promatranja i osvjetljenja.

Da bi se boja efikasno koristila te da bi se smanjili utrošci vremena i materijala u proizvodnom procesu potrebno ju je već u pripremnim fazama strogo kontrolirati. Upravljanje bojom započinje na računalnom zaslonu dizajnera. Ako uređaj nije adekvatno pripremljen za rad, ne prikazuje vjerno određeni prostor boja tj. ima anomalije, jako teško će se postići predvidivost finalnog proizvoda (otiska), dizajner neće realizirati vlastitu ideju ili neće zadovoljiti očekivanja naručioca.

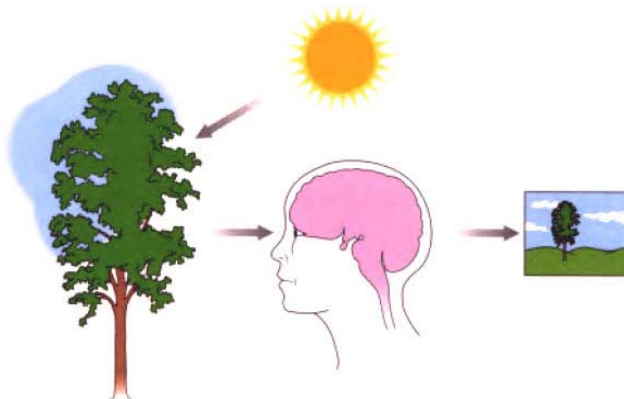
S obzirom na raznolikost tehnologija računalnih zaslona i uvjeta u kojima se ljudi kreativno izražavaju i rade, neminovna su odstupanja od određenih standarda. Stoga su i ciljevi ovog rada usmjereni kako bi se razjasnilo u kolikoj mjeri ta odstupanja utječu na konačni proizvod odnosno da li ona utječu na konačnu percepciju grafičkog proizvoda.

## 2. BOJA, MJERENJE I UPRAVLJANJE BOJOM

Iako je definiraju specifične valne dužine svjetla, boja nije fizički atribut same svjetlosti već je ona način na koji čovjek percipira energiju različitih valnih dužina. Boja proizlazi iz interakcije *svjetla*, *objekta* i *promatrača*. Sva tri elementa trebaju biti prisutna da bi boja egzistirala. Niz valnih dužina koji napušta predmet predstavlja *spektralnu informaciju* tog predmeta. Mjerenje spektralnih informacija pojedine površine predstavlja detaljnu analizu intenziteta reflektancije kroz sve vidljive valne dužine.

Pod utjecajem različitih izvora svjetla može se desiti da čovjek dvije boje različitih spektralnih karakteristika doživi kao jednake. Tu pojavu nazivamo *metamerija* i ona je posljedica zavaravanja ljudskog osjeta vida koji je ovisan o izvoru svjetla.

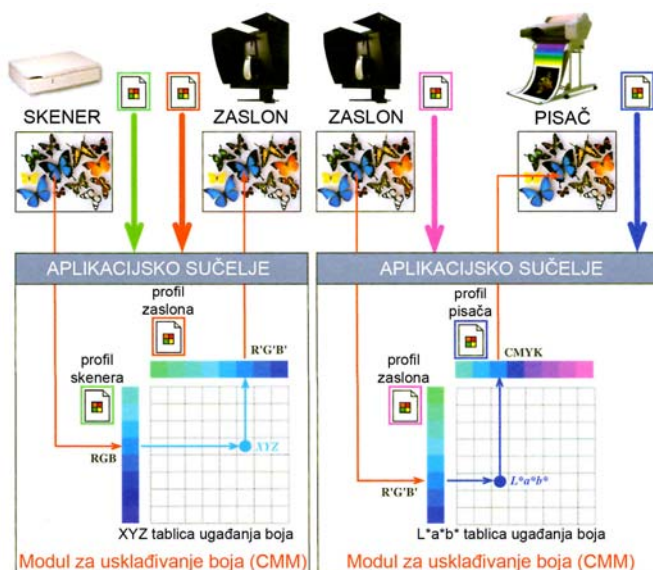
Informacije o boji se, da bi bile smještene i prikazane u nekom od definiranih modela tj. prostora boja, moraju prikupiti uređajima koji će za rezultat dati numeričke vrijednosti. Najčešće korišteni uređaji u grafičkoj tehnologiji danas su *denzitometri*, *kolorimetri* te *spektrofotometri*.



*Slika 1. Osjet vida prevodi valne dužine svjetla u doživljaj boje*

Postoji ogroman broj ljudi koji su u neku ruku zbunjeni razlikama kod očekivanih rezultata u tonu i nijansama boje, nakon što su fotografije skenirane ili uhvaćene digitalnom kamerom obradili, te prosljedili na ispis ili otiskivanje putem neke od aplikacija za obradu fotografija ili prijelom stranica. Uzrok tome su razlike u rasponima boja koje pojedini uređaji (digitalne kamere, skeneri, zaslone, pisači i tiskarski strojevi) mogu reproducirati.

Baš iz navedenih razloga razvijani su sustavi za upravljanje bojom (*Color Management System, CMS*). Unatoč tome, raniji sustavi za upravljanje bojom nisu bili u mogućnosti dati predvidive rezultate, procesi su bili vremenski zahtjevni, zasnivali su se na sistemima „pokušaja i pogreške“ uz ogroman utrošak materijala, rezultirajući razočaranjem ljudi koji su možda s nedovoljno razumijevanja pristupali problemu.

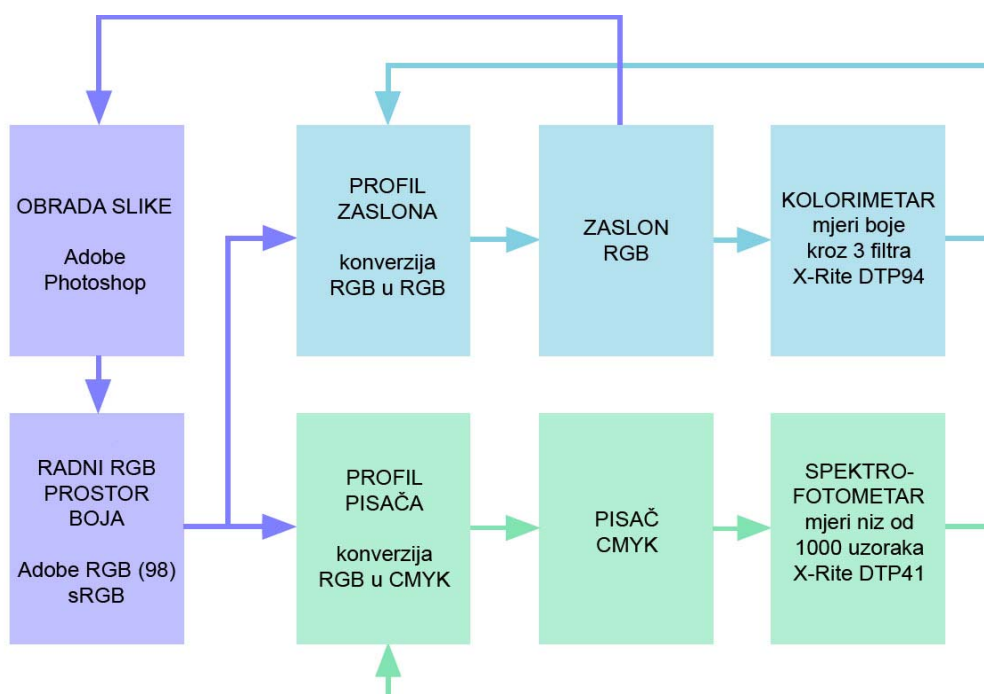


*Slika 2. Ilustrirani prikaz uloge modula za usklađivanje boja*

### 3. RAČUNALNI ZASLONI

Danas, kada kažemo „računalni zaslon“ mislimo na jednu od dvije tehnološke izvedbe prikaza a to su: „cijevni“ CRT (*Cathode Ray Tube*) zasloni i „tanki“ TFT LCD (*Thin-Film Transistor Liquid Crystal Display*) zasloni.

Brzi napredak tehnologije te komponenta sustava kao što su zasloni, skeneri i printeri, čini te uređaje različitim. Također, postave hardvera i softvera u uređima često se mijenjaju, uređaji se zamjenjuju i nadograđuju. Samim zaslonima s vremenom se mijenjaju karakteristike, fosforni sloj ili pozadinske lampe se troše te ne mogu održati prvobitne izlazne vrijednosti. Takva sitna odstupanja u raznim segmentima proizvodnog procesa možda neće biti zamijećena od strane proizvođača ali u nekom trenutku rezultati neće zadovoljiti naručioca. Da bi se premostile razlike koje nastaju među uređajima javlja se potreba za uspostavljanjem standarda za usklađivanje. U tom smislu razvijeni su i različiti ICC profili te metode kalibracije i karakterizacije.



Slika 3. Shematski prikaz funkcije ICC profila nastalog karakterizacijom

### 4. EKSPERIMENTALNI DIO

Za provedbu eksperimenta korišteno je 6 modela računalnih zaslona više srednje klase, zasnovanih na različitim tehnologijama prikaza:

- EIZO FlexScan S1910 – vrhunski novi 19“ LCD zaslon, S-PVA matrica
- Samsung Syncmaster 191T – stariji 19“ LCD model, PVA matrica
- Samsung SyncMaster 959NF – odličan 19“ CRT zaslon, Diamondtron NF cijev
- Samsung SyncMaster 1100DF – stariji 21“ CRT zaslon, DynaFlat cijev
- Hewlett-Packard P1230 – kvalitetniji 22“ CRT zaslon, Diamondtron NF cijev
- ASUS M6N – LCD zaslon prijenosnog računala dijagonale 15.1“
- Odabirom ovih modela zaslona pokriven je širok spektar različitih vrsta prikaza

Na odabranim modelima provedena je kalibracija i karakterizacija koje su kao rezultat dale pripadajuće ICC profile svakog od zaslona. Svi zasloni su za vrijeme kalibracije bili priključeni na PC računalo s operativnim sustavom Windows XP SP2, a sam proces je izveden pomoću kolorimetra Monaco OptixXR (DTP 94) i pripadajućeg softvera za kalibraciju i karakterizaciju Monaco OPTIX 2.0. CRT modeli zaslona bili su priključeni na 15-pinske D-Sub analogne priključke grafičkih kartica dok je na dva LCD modela kalibracija izvršena dok su bili spojeni s računalima putem digitalnih DVI priključaka. Svi zasloni obrađeni su u uvjetima u kojima su zatečeni, dakle većinom u neprofesionalnim, amaterskim okruženjima, kako bi se dobili rezultati koji će dati sliku raznolikih uvjeta u kojima se korisnici kreativno izražavaju.

Slijedeća faza eksperimentalnog dijela bila je primjena ICC profila zaslona na definirane testne forme putem softvera koji u sebi ima modul za upravljanje bojama u skladu s ICC specifikacijama. Odabran je program za obradu fotografije Adobe Photoshop CS.

Pomoću njega, dizajnirane su dvije testne forme, i to s isključenim funkcijama za upravljanje bojom kako bi forme bile definirane samo neovisnim RGB vrijednostima. Prva forma pokriva raspon boje od bjeline do punog tona a druga od punog tona do zacrnenja. Obje forme sadrže 7 nizova od po 16 mjernih polja dobivenih progresivnim oduzimanjem određenih RGB (255 – 0) vrijednosti. Na taj način dobiveni su redom nizovi polja za crvenu (R), zelenu (G), plavu (B), cijan (C), magentu (M) i žutu (Y). Sedmi niz na obje forme je istovjetan sivi klin od bjeline do zacrnenja. Obje forme također sadrže po tri umanjene fotografije (ljudsko lice, reljefni pejzaž u sivim tonovima te šareni motiv zdjele s voćem) kako bi se lakše stekao dojam o promjenama koje se događaju na nizovima mjernih polja.



*Slika 4. Testne forme s nizovima mjernih polja*

Na prikazanim formama u programu Adobe Photoshop CS, odabirom operacije „Assign Profile“ iz podizbornika „Mode“ u izborniku „Image“, primjenjeni su, jedan po jedan, profili dobiveni kalibracijom zaslona te profili koji standardno dolaze u paketu s upravljačkim programima pojedinog zaslona (osim u slučaju prijenosnog računala ASUS M6N za čiji prikaz tvornički ICC profil ne postoji). Same datoteke ICC profila prethodno je bilo potrebno instalirati pomoću „Color Control Panel Applet“-a kako bi putem ICM 2.0 modula za upravljanje bojom u Windows XP operativnom sustavu bili dostupni u samoj Adobe Photoshop CS aplikaciji.

Nakon primjene pripadajućih profila, forme su u aplikaciji prebačene iz RGB načina rada u CMYK način (Image-Mode-CMYK Color), kako bi se izmjene izazvane primjenom profila manifestirale u vidu postotaka CMYK komponenata. Nakon toga svaka od obrađenih formi snimljena je u obliku nesažete TIFF (Tagged Image File Format) datoteke veličine A4, razlučivosti 300 tpi (točaka po inču). Na ovaj način pripravljene su 24 testne forme: dvije originalne forme sa neizmijenjenim vrijednostima mjernih polja koje će služiti kao ogledni uzorci za usporedbu s ostalima, po 4 forme za svaki od 5 modela računalnih zaslona (dvije s primijenjenim profilom dobivenim karakterizacijom, dvije s primijenjenim tvorničkim profilom) te dvije forme za zaslon prijenosnog računala ASUS M6N (samo karakterizacijski profil).

Iz testnih formi izrađeni su otisci na stroju za digitalni tisak Xerox DocuColor 2060 upravljan Xerox EFI Fiery modulom koji uključuje i aplikaciju za rastriranje (RIP). Otisci su izvedeni na premazanom sjajnom papiru za umjetnički tisak, gramature 150 g/m<sup>2</sup>, prije otiskivanja čuvanom na temperaturi 23° C pri relativnoj vlažnosti zraka 55%).

#### 4. REZULTATI I DISKUSIJA REZULTATA

Zbog ograničenog prostora rezultati izmjerenih CIE Lab vrijednosti za svako od mjernih polja koje su se nalazila u nizovima na testnim otiscima prikazani su samo parcijalno te opisno s naglaskom samo na one elemente koji su značajniji sa stanovišta diskusije, odnosno samih zaključaka.

Obradom vrijednosti koje prikazuju kolorimetrijsku razliku  $\Delta E$  između mjernih polja na oglednim otiscima i mjernih polja na otiscima kod kojih su primijenjeni profili testiranih zaslona dobivene su dvije grupe rezultata. Rezultati za otiske kod kojih su primijenjeni profili zaslona dobiveni kalibracijom i karakterizacijom te rezultati za otiske kod kojih su primijenjeni tvornički profili zaslona.

Usporedbom rezultata očitanih s pojedinih mjernih nizova na otiscima kod kojih je primijenjen kalibracijski profil zaslona s vrijednostima na oglednom otisku mogu se uočiti razlike i sličnosti pri prikazivanju boja kod testiranih modela zaslona. Te razlike i sličnosti u najvećoj mjeri ovise o uvjetima korištenja pojedinih zaslona. S obzirom na postavljene ciljeve istraživanja samog rada istraživačke aktivnosti bile su usmjerene prema realnim uvjetima. To je iz tog razloga što najveći broj ljudi koji se bave dizajnom, pripremom te obradom fotografija nije u mogućnosti raditi u idealnim uvjetima osvjetljenja ili priuštiti si najskuplje modele računalnih zaslona.

Iz prve grupe otisaka vidljivo je da zasloni Eizo S1910, Samsung 959NF te HP P1230 funkcioniraju jako slično prikazuju svih sedam nizova mjernih polja tj. utjecaj profila dobivenih njihovom kalibracijom i karakterizacijom na otiske se podudara. Samsungov 959NF model i HP P1230 imaju identičnu Diamondtron Natural Flat tehnologiju cijevi koja je jako hvaljena i nagrađivana zadnjih godina, dok Eizov model S1910, jedan od modernijih LCD zaslona, interno računa vrijednosti boja u 10-bitnom modu kako bi što više približio svoju gama krivulju krivuljama CRT zaslona prema kojima je izrađena većina standarda prikaza boje kao i sam sRGB standard (osnova upravljanja bojom unutar Windows XP okruženja). Iz tih razloga navedena tri modela daju slične rezultate. Rezultati preostala tri modela dosta su karakteristični i različiti što bi otežalo njihovo zajedničko funkcioniranje u jedinstvenom radnom okruženju. Samsungov 1100DF model se kod nekih vrijednosti boje ponaša čudno dok stara tehnologija izrade matrice također Samsungovog 191T LCD modela u usporedbi s rezultatima modernog Eizovog

modela ne daje prihvatljive vrijednosti. Na posljetku, zaslon prijenosnog računala ASUS M6N i rezultati koje prikazuju pripadajuće mu krivulje ukazuje na to da se zasloni prijenosnih računala još uvijek izrađuju sa smanjenim naglaskom na vjernosti prikaza boja. Interakcija takvog tipa zaslona s osvjetljenjem u radnom okruženju ne može pružiti kvalitetu jednog kvalitetnog CRT zaslona s anti-refleksnim slojem ili modernijeg LCD zaslona.

Tvornički profili zaslona, obično isporučeni s pokretačkim programima (*driverima*) pojedinog zaslona, predstavljaju opisne datoteke koje modulu za upravljanje bojama operativnog sustava (u skladu s ICC specifikacijama) govori koji raspon RGB prostora boja je karakterističan za taj model zaslona. Ako znamo da se karakteristike zaslona mijenjaju s vremenom (pozadinske lampe slabe, fosforni sloj se troši) te ovise o uvjetima u kojima se njegov prikaz promatra možemo zaključiti da su tvornički profili poprilično besmisleni za iole ozbiljniji pokušaj upravljanja bojama.

Iz rezultata druge grupe otisaka na koje su primijenjeni tvornički profili zaslona, vidljivo je da zasloni Eizo S1910 i HP P1230 potvrđuju sličnost u karakteristikama prikaza (tvornički profili skoro identično djeluju na mjerna polja otisaka).

Treći model (Samsung 959NF) za koji je bilo očekivano isto ponašanje, svojim rezultatima odstupa. Iz nepoznatih razloga, njegov tvornički profil u kombinaciji s ICM 2.0 sustavom Windows XP OS-a i modulima za upravljanje bojom unutar Adobe CS aplikacije, rezultira potpuno defektnim vrijednostima nakon primjene na oglednu formu.

## 6. ZAKLJUČAK

Svakodnevni tehnološki napredak u izradi računalnih zaslona doveo je do zastupljenosti vrlo široke palete različitih tehnologija prikaza; starijih CRT modela, modernih tankih LCD zaslona te nadolazećih prikaza temeljenih na plazma tehnologiji.

Upotreba različitih modela zaslona u sprezi s također različitim operativnim sustavima na računalima, čiji standardi nisu posve definirani i međusobno usklađeni, dovode korisnika u zbunjujući položaj. Zbog toga korisnik ne može biti siguran da će njegova ideja i kreacija izrađena na osobnom računalu i puštena u produkciju, u obliku finalnog proizvoda, zadovoljiti naručioca ili kupca.

U tom smislu potrebno je dodatno ulaganje velike količine dragocjenog vremena u izobrazbu i shvaćanje kompliciranih odnosa između prostora boja, funkcioniranja modernih uređaja i strojeva za skeniranje, fotografiranje, ispis i tisak. Sve navedeno ostavlja jako malo vremena koje suvremeni korisnik danas može posvetiti čistom kreativnom radu i stvaralaštvu.

Sukladno rezultatima ovog rada vidljivo je i da efekti koje na otiske ostvaruju profili računalnih zaslona različitih karakteristika (dobiveni kalibracijom i karakterizacijom istovjetnim mjernim uređajem) nisu zanemarivi. Konačno rezultati govore nam i u kolikoj mjeri uređaji na kojima svakodnevno radimo nekonzistentno prikazuju boje.

Od šest modela računalnih zaslona na kojima je proveden eksperimentalni dio, tri modela (Eizo S1910, Samsung 959NF i HP P1230) nakon kalibracije i karakterizacije ponašaju se slično te daju bliske rezultate na otiscima. Ostala tri modela i nakon ugađanja imaju dosta velike međusobne oscilacije kod prikazivanja boja (naročito zaslon prijenosnog računala) te ne bi mogli zajedno funkcionirati u jednom proizvodnom lancu.

U skladu sa svime navedenim možemo generalno zaključiti. Ukoliko se želi steći potrebne preduvjete za reprodukciju vrhunskih kvaliteta nužno je dodatno ulaganje u vrhunsku računalnu opremu i mjerne uređaje te edukaciju korisnika.

## 6 LITERATURA

1. Friganović I., Utjecaj profila zaslona računala na kvalitetu otiska, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu - Grafički fakultet, Zagreb, 2006.
2. Frey Franziska S., , Reilly, James M., Digital Imaging for Photographic Collections, Image Permanence Institute, Rochester Institute of Technology, New York, 1999.
3. <http://home.comcast.net/~morrised2006/tips/monitor.htm>
4. <http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/V/Vision.html>
5. <http://www.adobe.com/>
6. <http://www.color.org>
7. <http://www.colorhythm.com/>
8. <http://www.digitalcolour.org/>
9. [http://www.drycreekphoto.com/Learn/color\\_management.htm](http://www.drycreekphoto.com/Learn/color_management.htm)
10. <http://www.eci.org/>
11. <http://www.freecolormanagement.com/>
12. <http://www.gretagmacbeth.com/>
13. Hutchenson Consulting, Succesful soft proofing, Washington, 2000.
14. International Color Consortium, Specification ICC.1:2003-09 V4.1.0, 2003.
15. Johannes Hoffstadt, Judging color proofs, Seybold, Amsterdam, 2003.
16. Kunihiko Sugiyama, Designers handbook 04, Ichikudo Printing Co., Drupa, 2004.
17. Milković M., Studij gamuta grafičkih otisaka, Magistarski rad, Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2004.
18. Thomas Niemann, Monitor calibration, ePaperPress, Portland, 2004.
19. Tim Grey, Color confidence, Sybex, San Francisco, 2004.
20. Vlašić K., Priručnik o skeniranju: tehnike i trikovi, Kristal Print, Zagreb, 2000.
21. X-Rite, Complete guide to color management, X-Rite Inc., 2005.
22. X-Rite, The Color guide and Glossary, X-Rite Inc., 2004.