

Kartonska ambalaža i utjecajni čimbenici ekološke održivosti

Medek, Goran

Doctoral thesis / Doktorski rad

2018

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:867326>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-08**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)





Sveučilište u Zagrebu

Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Goran Medek

KARTONSKA AMBALAŽA I UTJECAJNI ČIMBENICI EKOLOŠKE ODRŽIVOSTI

DOKTORSKI RAD

Mentor:
izv. prof. dr. sc. Ivana Bolanča Mirković

Zagreb, 2018.



University of Zagreb

Faculty of Graphic Arts

Goran Medek

**CARDBOARD PACKAGING AND
INFLUENTIAL FACTORS OF
ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY**

DOCTORAL THESIS

Supervisor:
assoc. prof. Ivana Bolanča Mirković PhD.

Zagreb, 2018

UDK BROJ: 502:621.798:655.3.022.6

Imenovano Povjerenstvo za ocjenu doktorskoga rada:

1. izv. prof. dr. sc. Igor Majnarić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Dubravko Banić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, član
3. prof. emer. dr. sc. Đurđica Parac-Osterman, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, vanjska članica

Imenovano Povjerenstvo za obranu doktorskoga rada:

1. izv. prof. dr. sc. Igor Majnarić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Dubravko Banić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, član
3. prof. emer. dr. sc. Đurđica Parac-Osterman, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno - tehnološki fakultet, vanjska članica
4. doc. dr. sc. Miroslav Mikota, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, zamjenski član
5. doc. dr. sc. Krunoslav Hajdek, Sveučilište Sjever, zamjenski vanjski član

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Ivana Bolanča Mirković, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet

Datum obrane doktorskoga rada: 7. prosinca 2018.

Mjesto obrane doktorskoga rada: Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet

Povjerenstvo za obranu doktorskoga rada donijelo je sljedeću odluku:

„Obranio s ocjenom summa cum laude (*s najvećom pohvalom*) jednoglasnom odlukom Povjerenstva“

Izv. prof. dr. sc. Ivana Bolanča Mirković rođena je 7. lipnja 1976. godine u Zagrebu. Završila je Prirodoslovno matematičku gimnaziju, upisala Prirodoslovno matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, odjel Kemija i diplomirala 2002. godine. Diplomski rad pod naslovom „Određivanje elemenata u pitkoj vodi atomskom spektroskopijom i kompleksometrijom“ izradila je uz mentorstvo prof. dr. sc. Zlatka Meića, a rad je bio u okviru projekta prihvaćenog od Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa.

Iste godine izv. prof. dr. sc. Ivana Bolanča Mirković se zapošljava na Grafičkom fakultetu kao znanstveni novak – asistent na Katedri zaštite okoliša. Te godine upisuje poslijediplomski studij Grafičkog inženjerstva na istom fakultetu. Magistrirala je 23. svibnja 2005. u području tehničkih znanosti, polje grafička tehnologija. Mentor magistarskog rada pod naslovom „Mehanizmi deinkinga u funkciji starenja otisaka“ je prof. dr. sc. Adrijano Golubović, a komentor prof. dr. sc. Zdenka Bolanča.

Nastavlja postdiplomski studij na Grafičkom fakultetu, te doktorira 20. lipnja 2007. pod vodstvom mentora doc. dr. sc. Klementine Možine s Naravoslovno tehniška fakulteta Univerza v Ljubljani i komentorstva prof. dr. sc. Nine Knešaurek, sa Grafičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Doktorski rad je pod naslovom „Ekološki povoljnije ofsetne boje i mehanizmi deinkinga otisaka“.

Već kao apsolvent na diplomskom studiju, doktorica znanosti se počinje baviti znanstvenim radom, te publicira radove kao rezultat svojih istraživanja. Glavna područja njezine znanstvene djelatnosti su: ekologija, industrijska ekologija, primjena spektroskopskih i kemimetrijskih metoda u ekologiji, studij metoda i mehanizama reciklaže papira, te izučavanje procesa i mehanizama prirodnog i ubrzanog starenja boja, papira i otisaka.

Izv. prof. dr. sc. Ivana Bolanča Mirković aktivno je sudjelovala u znanstvenom istraživačkom projektima:

- „Mehanizmi deinkinga otisaka digitalnog tiska“ (0128003), prihvaćenom od Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa, RH od 2002 do 2006 godine.
- „Nove formulacije grafičkih materijala, karakteristike otisaka i čimbenici okoliša“ (128-1281955-1953) od 2007. godine do 2010. godine u okviru znanstvenog programa „Studij materijala i procesa grafičke reprodukcije u funkciji održivog razvoja“ (1281955).

Aktivno je sudjelovala na bilateralnim hrvatsko - slovenskim projektima:

- „Mehanizmi enzimatskog deinkinga digitalnih otisaka i karakteristike otpadnih voda“ od siječnja 2004 do prosinca 2005.
- „Mehanizmi deinkinga, nove formulacije grafičkih materijala i otpadne vode“ od siječnja 2006 do prosinca 2007.

Voditelj je znanstvenog projekta i programa:

- Nove formulacije grafičkih materijala, karakteristike otisaka i čimbenici okoliša (128-1281955-1953) od 2011.do 2014. godine.
- Studij materijala i procesa grafičke reprodukcije u funkciji održivog razvoja (1281955) do 2011. do 2014. godine.

Rezultate svojih istraživanja objavila je u 14 poglavlja u knjizi, 15 radova u časopisima, 72 znanstvena rada objavljena u zbornicima sa skupova i 4 stručna rada objavljena u zbornicima sa skupova.

Bolanča Mirković Ivana bila je 2009. godine član programskog odbora Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Blaž Baromić i 2011. član stručnog i programskog odbora International Council of Environmental Engineering Education.

Izv. prof. dr. sc. Bolanča Mirković provela je međunarodno usavršavanje:

- specijalizaciji u Pulp and Paper Institute u Ljubljani, Slovenija u trajanju u kontinuitetu od 6 mjeseci (kolovoz 2005- siječanj 2006),
- usavršavanju u sklopu ERASMUS programa na Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Bratislava, Slovačka u periodu od 12. 03. 2012. do 16. 03. 2012. (5 dana),
- usavršavanju u sklopu ERASMUS programa na Instituto Politecnico de Tomar, Tomar, Portugal, od 22.5.2017. do 26.5.2017. (5 dana).

Recenzirala je radove za časopise koji su citirani u tercijarnim bazama podataka:

Domaći časopisi:

1. Kemija u industriji
2. Tehnički Vjesnik / Technical Gasette
3. Acta Graphica

Strani časopisi:

1. BioResources
2. International Journal of Sustainable Engineering
3. Nordic Pulp & Paper Research Journal
4. Cellulose Chemistry and Technology
5. Journal Industrial & Engineering Chemistry Research
6. Coloration Technology Journal

Izv. prof. dr. sc. Ivana Bolanča Mirković uvela je nove predmete na Grafičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu:

- doktorski studij:
 - Nanotehnologija i okoliš (2007)
 - Nanotehnologija i okoliš i Nove tehnologije i okoliš (2013)
- dodiplomski studij:
 - Program laboratorijskih vježbi za kolegij Industrija i okoliš

Bolanča Mirković neposredni je voditelj 26 diplomskih radova i voditelj 38 završnih i diplomskih radova.

ZAHVALE:

Zahvaljujem voditeljici rada izv. prof. dr. sc. Ivani Bolanči Mirković koja mi je usmjeravanjem, diskusijama i savjetima pomogla pri izradi ovog rada.

Veliku podršku dobio sam od Lane Karlovačke tiskare d.d. u financijskom pogledu, izradi uzoraka za analizu, kao i velikom razumijevanju te susretljivosti, pa bi i ovom prilikom želio reći puno hvala.

Također se zahvaljujem izv. prof. dr. sc. Mileni Rehakovoj, Faculty of Chemical Technology University of Technology Bratislava na pomoći vezanoj uz eksponiranje uzoraka s NO₂ u laboratorijskim uvjetima.

Puno hvala mojoj supruzi Laviniji i obitelji na poticanju, ohrabrirvanju i podršci u svakom pogledu.

Zahvaljujem se svima koji su mi na bilo koji način pomogli da uspješno završim ovaj rad.

SAŽETAK

U posljednje vrijeme ekološka održivost tiskane kartonske ambalaže kao i sigurnost, posebno one za prehrambene i farmaceutske proizvode, značajno je područje istraživanja. Kako osigurati upotrebljivu ambalažu i ujedno zaštititi okoliš, proizvod, zdravlje i sigurnost potrošača, uključujući najbolje dostupne tehnologije, zatvoreni kružni tok, protok energije i materijala, temelj je održivog razvoja i unutar toga ekološke održivosti. Upravo zato neophodna su istraživanja i razvoj počevši od održivog grafičkog dizajna i materijala preko proizvodnje, tiska na ambalaži, doradnih procesa te korištenja i zbrinjavanja iskorištenog proizvoda.

U ovom radu izvršena istraživanja su koncipirana uz podršku eksperimentalnog dizajna. Uzorci za istraživanje otisnuti su u ofsetnoj tehnici tiska i dijele se u 18 serija u ovisnosti o korištenim grafičkim materijalima. Koriste se kombinacije varijabli kako slijedi: kartoni (reciklirana i djevičanska vlakana te FSC vlakna i alge iz Jadranskog mora), bojila (bez mineralnih ulja koja se razlikuju po udjelu obnovljive sirovine i inventivnoj kombinaciji smola/ulje te bojilo na osnovi mineralnog ulja), lakovi (vodo-disperzivni, UV sušeci lak i nelakirani otisci). Istražuje se utjecaj definiranih uvjeta okoliša (utjecaj sunčevog zračenja kroz staklo, dinamikom od 7, 14, 28, 56 i 112 dana tijekom ljeta) na neka optička svojstva za separacije CMYK bojila za otiske punog tona, 70 %, 50 % i 30 % RTV. Osim toga utvrđuje se utjecaj izlaganja otisaka ubrzanom termičkom starenju u zraku bez/sa NO₂ u koncentracijama 100 ppm i 800 ppm dinamikom od 1 do 5 dana. Treća cjelina odnosi se na utvrđivanje efikasnosti procesa povrata iskorištenih vlakana i određivanje karakteristika listova dobivenih od oporabljenih vlakana. Za statističku obradu podataka koristi se više faktorska analiza varijanci.

Rezultatima dobivenim mjerenjem relevantnih optičkih pokazatelja, dokazane su promjene nastale korištenjem bojila inovativnog sastava uključujući udjel i vrstu obnovljive sirovine u kombinaciji s kartonima s alternativnom sirovinom-zelenom algom iz Jadranskog mora. Pri valorizaciji promjena u kromatskim karakteristikama otisaka sa separacijama CMYK bojila u ovisnosti o RTV (100 %, 70 %, 50 % i 30 %) definiran je utjecaj interakcije bojilo/podloga, dinamika i specifičnosti izlaganja otisaka sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo i ubrzanom termičkim starenjem bez/sa NO₂. Laboratorijski izrađeni listovi od vlakana dobivenim oporabom otisaka metodom u tri faze imaju zadovoljavajuća svojstva, koja se očekuju od ekološko prihvatljivog papira.

Ključne riječi: kartonska ambalaža, ekološka održivost, ofsetni otisci, alternativna vlakna, inventivna bojila, lakovi, postojanost otisaka, sunčevo zračenje, ubrzano termičko starenje, ubrzano termičko starenje s NO₂, uporaba otisaka, višefaktorska analiza varijanci.

ABSTRACT

The environmental sustainability of cardboard packaging as well as safety, especially those for food and pharmaceutical products is a recently significant area of research. How to provide usable packaging and protect the environment, product, health and consumer safety, including the best available technologies, closed circular flow, energy and material flow at the same time, is the basis for sustainable development and with in ecological sustainability. That is the reason why researches and development are necessary starting with sustainable graphic design and materials, production, printing on packaging, finishing processes, use and disposal of the product used.

The researches carried out in this paper were conceived with the support of experimental design. Samples for research are printed in offset printing. A special printing form is designed that contains the following printing elements: a standard CMYK stapler wedge ranging from 10 % to 100 % RTV values, a color illustration of the packaging product and a standard wedge of 378 fields for ICC profiles.

Samples are divided into 18 series depending of the used graphical material. Various combinations of variables are used: cartons (recycled and virgin fibers and FSC fibers and algae from the Adriatic Sea), inks (without mineral oils differing in the proportion of renewable raw materials and inventive combination of resin / oil and mineral oil based inks), varnishes (water-dispersive varnish, UV cured varnish, and non-varnishes prints).

The first part of the research: Determining the impact of defined environmental conditions on ΔL^* , Δa^* , Δb^* and ΔE^* for the separation of CMYK ink full tone, 70 %, 50 % and 30 % RTV, including all series of measurements. Samples are exposed to the effect of solar radiation through the windows glass at a dynamic of 7, 14, 28, 56 and 112 days during the summer. By using experimental design, statistical models are created and relevant meteorological factors are also taken into account.

The second part of the research: Exposure of the imprints to accelerated thermal ageing at air without NO₂ presence and with it. The prints are exposed at concentrations of 100 and 800 ppm of NO₂ with a dynamics of 1 to 5 days. The colorimetric characteristics of the prints ΔL^* , Δa^* , Δb^* and ΔE^* are determined for the separation of CMYK ink, for full tone printing, 70 %, 50 % and 30 % of RTV values. Using statistical methods, the impact of defined variables on the experimental unit property is monitored.

The third part of the research refers to the efficiency of reusing of prints and the determination of optical characteristics of handsheets made from recovered fibers including image analysis, brightness and effective regional ink concentration.

For statistical data processing a multifactorial analysis of variances is used.

The results obtained by measuring the relevant optical parameters have been demonstrated by changes in the use of innovative inks composition including the share and type of renewable raw material combined with cardboard with alternative raw material - green algae from the Adriatic Sea. When evaluating changes in chromatographic characteristics of CMYK color separation prints depending on RTV (100 %, 70 %, 50 % and 30 %), the influence of inks / substrate interaction, dynamic and specificity of exposure to sunlight exposure through window glass and accelerated thermal aging without or with NO₂. Laboratory handsheets made of fibers obtained by the recovery of prints by the three-phase method have satisfactory properties, expected from ecologically acceptable paper.

Using multivariate analysis, conclusions are drawn in the context of optimization of research processes and new formulations of some graphic materials and are particularly important in the design of environmentally sustainable graphical products.

Key words: carton packaging, ecological sustainability, offset printing, alternative fibers, inventive inks, varnishes, permanence of prints, solar radiation through windows glass, accelerated thermal aging, accelerated thermal aging with NO₂, print reuse.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Svrha rada.....	1
1.2. Ciljevi istraživanja, znanstveni doprinos i primjena rezultata.....	1
2. OPĆI DIO	4
2.1. Održivost papirne i kartonske ambalaže.....	4
2.2. Dizajn ambalaže i okviri značajni za održivu ambalažu.....	9
2.3. Primjena okvira za dizajn održive ambalaže.....	15
2.3.1. Ambalaža od recikliranih materijala.....	18
2.3.2. Dizajn za sigurnost.....	21
2.3.2.1. Podrška uporabi ekološki prihvatljive proizvodnje.....	23
2.4. Alati za ocjenu ekološke podobnosti.....	24
2.4.1. Životni ciklus proizvoda.....	24
2.4.1.1. Definiranje ciljeva i opsega.....	27
2.4.1.2. Analiza inventara LCI	27
2.4.1.3. Procjena utjecaja LCIA.....	28
2.4.1.4. Interpretacija i tumačenje rezultata.....	30
2.4.2. Ugljikov otisak.....	31
2.4.3. Metode i smjernice za kvantifikaciju ugljikovog otiska.....	31
2.4.4. CEPI okvir za emisiju ugljičnog dioksida u proizvodima od papira.....	33
2.5. ENVIMAT – ekološki prošireni ulazno - izlazni model.....	35
2.5.1. Otisnuti proizvodi i ENVIMAT model.....	36
2.6. Postojanost papirne i kartonske ambalaže.....	40
2.7. Procjena pokazatelja i rezultata u zaštiti okoliša.....	41
2.7.1. Reciklaža papira.....	41
2.7.2. Alternativna vlakna u proizvodnji papira.....	42
3. METODIKA	44
3.1. Materijali.....	44
3.1.1. Bojila, lakovi i kemikalije.....	44
3.1.2. Tiskovne podloge.....	45
3.2. Dizajniranje test forme.....	47
3.3. Instrumenti i ostali pribor.....	47
3.3.1. Ofsetni stroj ROLAND 705.....	47
3.3.2. X – Rite DTP 20 Pulse.....	50

3.3.3.	Technidyne Color Touch 2 spektrofotometar.....	51
3.3.4.	Dezintegrator.....	52
3.3.5.	Uređaj za formiranje laboratorijskog lista.....	52
3.3.6.	Slikovna analiza.....	53
3.4.	Metode rada.....	54
3.4.1.	Prikaz toka eksperimentalnog istraživanja.....	54
3.4.2.	Izlaganje otisaka sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo.....	55
3.4.3.	Ubrzano termičko izlaganje otisaka sa / bez NO ₂	56
3.4.4.	Kolorimetrija i mjerenje boja.....	57
3.4.5.	Povrat iskorištenih vlakana metodom u tri faze.....	58
3.4.6.	Slikovna analiza.....	59
3.4.7.	Optičke metode za utvrđivanje svjetline lista.....	60
3.4.8.	Efektivne koncentracije zaostalog bojila (ERIC 950).....	61
3.4.9.	Statističke metode.....	61
4.	REZULTATI	63
4.1.	Rezultati mjerenja optičkih svojstava kartona izloženih sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo.....	63
4.2.	Kromatske karakteristike kartona i dinamika izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo.....	64
4.3.	Rezultati istraživanja kromatskih karakteristika otisaka izlaganih kroz prozorsko staklo.....	66
4.3.1.	Rezultati ovisnosti ΔL^* za otiske separacija CMYK bojila B ₁ , B ₂ i B ₃ , u kombinaciji s kartonima P ₁ i P ₂ , te lakovima L ₁ i L ₂ u odnosu na RTV i dinamiku izlaganja zračenju kroz prozorsko staklo.....	66
4.3.1.1.	Rezultati ΔL^* za otiske s cijan bojilima.....	66
4.3.1.2.	Rezultati ΔL^* za otiske s magenta bojilima.....	69
4.3.1.3.	Rezultati ΔL^* za otiske s žutim bojilima.....	72
4.3.1.4.	Rezultati ΔL^* za otiske s crnim bojilima.....	75
4.3.2.	Rezultati ovisnosti Δa^* za otiske separacija CMYK bojila B ₁ , B ₂ i B ₃ , u kombinaciji s kartonima P ₁ i P ₂ , te lakovima L ₁ i L ₂ u odnosu na RTV i dinamiku izlaganja zračenju kroz prozorsko staklo.....	78
4.3.2.1.	Rezultati Δa^* za otiske s cijan bojilima.....	78
4.3.2.2.	Rezultati Δa^* za otiske s magenta bojilima.....	81
4.3.2.3.	Rezultati Δa^* za otiske s žutim bojilima.....	84
4.3.2.4.	Rezultati Δa^* za otiske s crnim bojilima.....	87
4.3.3.	Rezultati ovisnosti Δb^* za otiske separacija CMYK bojila B ₁ , B ₂ i B ₃ , u kombinaciji s kartonima P ₁ i P ₂ , te lakovima L ₁ i L ₂ u odnosu na RTV i dinamiku izlaganja zračenju kroz prozorsko staklo.....	90

4.3.3.1.	Rezultati Δb^* za otiske s cijan bojilima.....	90
4.3.3.2.	Rezultati Δb^* za otiske s magenta bojilima.....	93
4.3.3.3.	Rezultati Δb^* za otiske s žutim bojilima.....	96
4.3.3.4.	Rezultati Δb^* za otiske s crnim bojilima.....	99
4.3.4.	Rezultati ovisnosti ΔE^* za otiske separacija CMYK bojila B ₁ , B ₂ i B ₃ , u kombinaciji s kartonima P ₁ i P ₂ , te lakovima L ₁ i L ₂ u odnosu na RTV i dinamiku izlaganja zračenju kroz prozorsko staklo.....	102
4.3.4.1.	Rezultati ΔE^* za otiske s cijan bojilima.....	102
4.3.4.2.	Rezultati ΔE^* za otiske s magenta bojilima.....	105
4.3.4.3.	Rezultati ΔE^* za otiske s žutim bojilima.....	108
4.3.4.4.	Rezultati ΔE^* za otiske s crnim bojilima.....	111
4.4.	Rezultati istraživanja kromatskih karakteristika otisaka izloženih ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa NO ₂	114
4.4.1.	Rezultati ovisnosti ΔL^* separacija CMYK bojila za otiske P ₁ B ₁ , P ₁ B ₂ i P ₁ B ₃ u odnosu na RTV (100 %, 70 %, 50 % i 30%) i dinamiku izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez/sa 100 ppm i 800 ppm NO ₂	114
4.4.2.	Rezultati ovisnosti Δa^* separacija CMYK bojila za otiske P ₁ B ₁ , P ₁ B ₂ i P ₁ B ₃ u odnosu na RTV (100 %, 70 %, 50 % i 30%) i dinamiku izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez/sa 100 ppm i 800 ppm NO ₂	120
4.4.3.	Rezultati ovisnosti Δb^* separacija CMYK bojila za otiske P ₁ B ₁ , P ₁ B ₂ i P ₁ B ₃ u odnosu na RTV (100 %, 70 %, 50 % i 30%) i dinamiku izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez/sa 100 ppm i 800 ppm NO ₂	126
4.4.4.	Rezultati ovisnosti ΔE^* separacija CMYK bojila za otiske P ₁ B ₁ , P ₁ B ₂ i P ₁ B ₃ u odnosu na RTV (100 %, 70 %, 50 % i 30%) i dinamiku izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez/sa 100 ppm i 800 ppm NO ₂	132
4.5.	Rezultati uporabe otisaka za ponovnu proizvodnju papira.....	139
4.5.1.	Rezultati uporabe otisaka s bojilima B ₁ , B ₂ i B ₃ na kartonu s algama iz Jadranskog mora metodom u tri faze.....	139
4.5.2.	Rezultati uporabe otisaka s bojilima B ₁ , B ₂ i B ₃ na kartonu s algama iz Jadranskog mora lakiranih vododisperzivnim i UV sušećim lakom	142
4.6.	Rezultati više faktorske analize varijanci.....	149
5.	RASPRAVA.....	153
5.1.	Optička svojstva kartona izloženog sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo.....	153
5.2.	Kromatske karakteristike kartona P ₁ i P ₂ u odnosu na dinamiku izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo.....	157

5.3.	Kromatske karakteristike otisaka izloženih sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo.....	158
5.3.1.	Vrijednosti ΔL^* za otiske separacija CMYK bojila B ₁ , B ₂ i B ₃ , u kombinaciji s kartonima P ₁ i P ₂ , te lakovima L ₁ i L ₂ u odnosu na RTV i dinamiku zlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo.....	158
5.3.1.1.	Vrijednosti ΔL^* za otiske s cijan bojilima.....	159
5.3.1.2.	Vrijednosti ΔL^* za otiske s magenta bojilima.....	162
5.3.1.3.	Vrijednosti ΔL^* za otiske s žutim bojilima.....	164
5.3.1.4.	Vrijednosti ΔL^* za otiske s crnim bojilima.....	166
5.3.2.	Vrijednosti Δa^* za otiske separacija CMYK bojila B ₁ , B ₂ i B ₃ , u kombinaciji s kartonima P ₁ i P ₂ , te lakovima L ₁ i L ₂ u odnosu na RTV i dinamiku izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo.....	169
5.3.2.1.	Vrijednosti Δa^* za otiske s cijan bojilima.....	169
5.3.2.2.	Vrijednosti Δa^* za otiske s magenta bojilima.....	173
5.3.2.3.	Vrijednosti Δa^* za otiske s žutim bojilima.....	178
5.3.2.4.	Vrijednosti Δa^* za otiske s crnim bojilima.....	182
5.3.3.	Vrijednosti Δb^* za otiske separacija CMYK bojila B ₁ , B ₂ i B ₃ , u kombinaciji s kartonima P ₁ i P ₂ , te lakovima L ₁ i L ₂ u odnosu na RTV i dinamiku izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo.....	186
5.3.3.1.	Vrijednosti Δb^* za otiske s cijan bojilima.....	186
5.3.3.2.	Vrijednosti Δb^* za otiske s magenta bojilima.....	189
5.3.3.3.	Vrijednosti Δb^* za otiske s žutim bojilima.....	194
5.3.3.4.	Vrijednosti Δb^* za otiske s crnim bojilima.....	200
5.3.4.	Vrijednosti ΔE^* za otiske separacija CMYK bojila B ₁ , B ₂ i B ₃ , u kombinaciji s kartonima P ₁ i P ₂ , te lakovima L ₁ i L ₂ u odnosu na RTV i dinamiku izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo.....	205
5.3.4.1.	Vrijednosti ΔE^* za otiske s cijan bojilima.....	205
5.3.4.2.	Vrijednosti ΔE^* za otiske s magenta bojilima.....	209
5.3.4.3.	Vrijednosti ΔE^* za otiske s žutim bojilima.....	216
5.3.4.4.	Vrijednosti ΔE^* za otiske s crnim bojilima.....	221
5.4.	Ubrzano termalno starenje otisaka u zraku sa /bez zagađivala atmosfere NO ₂	226
5.4.1.	Vrijednosti ΔL^* otisaka izlaganih ubrzanom termalnom starenju i termalnom starenju u prisutnosti NO ₂ za separacije CMYK bojila.....	226
5.4.2.	Vrijednosti Δa^* otisaka izlaganih ubrzanom termalnom starenju i termalnom starenju u prisutnosti NO ₂ za separacije CMYK bojila.....	232

5.4.3.	Vrijednosti Δb^* otisaka izlaganih ubrzanom termalnom starenju i termalnom starenju u prisutnosti NO_2 za separacije CMYK bojila.....	238
5.4.4.	Vrijednosti ΔE^* otisaka izlaganih ubrzanom termalnom starenju i termalnom starenju u prisutnosti NO_2 za separacije CMYK bojila.....	242
5.5.	Oporaba otisaka i povrat vlaknaca za ponovnu proizvodnju papira.....	247
5.5.1.	Oporab otisaka s bojilima B1, B2 i B3 na kartonu s algama iz Jadranskog mora metodom u tri faze.....	247
5.5.2.	Oporaba otisaka s bojilima B1, B2 i B3 na kartonu s algama iz Jadranskog mora lakiranih vododisperznim lakom i UV sušećim lakom.....	251
5.5.3.	Pokazatelji kvalitete listova dobivenih od vlaknaca oporabom otisaka metodom u tri faze – svjetlina i ERIC.....	254
5.6.	Višefaktorska analiza varijanci za istraživani sustav.....	256
6.	ZAKLJUČAK.....	260
7.	LITERATURA.....	266
8.	ŽIVOTOPIS I POPIS RADOVA.....	280

1. UVOD

Da bi se postigla održivost u području tiskane kartonske ambalaže potrebno je uključiti nove informacije o životnom ciklusu proizvoda s premisom „od kolijevke do kolijevke“ što bi trebalo donositi dodatnu ekonomsku, socijalnu i ekološku vrijednost.

Cikličku ambalažu treba dizajnirati s ciljem povećanja povrata materijala, energije i vode tijekom životnog ciklusa proizvoda. Da bi se smanjila količina otpada treba odabrati odgovarajući ambalažni materijal. Prirodni i obnovljivi materijali, kao što su na primjer papir i karton mogu se upotrijebiti kroz zatvoreni kružni tok primjenom reciklaže, ili se pak mogu koristiti kroz biološki metabolizam u organskim procesima.

1.1. Svrha rada

Kod kreacije zdravstveno i sigurnosno povoljne ambalaže treba smanjiti rizike za ljude i eko sustave. Ekološka održivost kartonske ambalaže obuhvaća područja: održivog dizajna proizvoda, obnovljive sirovine, najbolje dostupne tehnologije (BAT), zatvoreni kružni tok, kao i protok sirovine i materijala.

Pri izradi ambalaže treba težiti prema što većoj upotrebi recikliranih materijala, jer oni troše manje energije, generiraju manje onečišćenja uključujući emisiju stakleničkih plinova, međutim njihovo korištenje može u nekim slučajevima ograničavati zdravstvena i sigurnosna rizičnost tijekom životnog ciklusa proizvoda. To podrazumijeva istraživanja u području sirovina i materijala, zdravstvenih učinaka onečišćenja iz proizvodnih procesa (proizvodnja celuloze i papira, karakteristike i sastav bojila, utjecaj lakiranja otiska kroz relevantne faze životnog ciklusa, tisak na ambalaži), utjecaj uvjeta okoliša na stabilnost otiska, mogućnost ponovnog korištenja materijala i drugo.

Svrha istraživanja je određivanje utjecaja prije definiranih, praćenih varijabli, na odabrano svojstvo eksperimentalnih jedinica. Glavna svrha ovog doktorskog rada je doprinos ekološkoj održivosti u području tiskane kartonske ambalaže.

1.2. Ciljevi istraživanja, znanstveni doprinos i primjena rezultata

Ciljevi istraživanja ovog rada su pronaći zakonitosti u odnosu na: različiti udjel obnovljivih sirovina u ofsetnim bojilima, inovativnim tiskovnim podloge, zaštitu proizvoda

lakom, utjecaj uvjeta okoliša na proizvod, optičke i spektrometrijske karakteristike listova načinjenih od oporabljenih vlakanaca dobivenih iz različitih faza provedenih postupaka, sve u kontekstu ekološke valorizacije u funkciji održivosti.

Ciljevi ovih istraživanja su:

- definirati zakonitosti za izradu ekološko održivog ambalažnog proizvoda, koristeći različite kombinacije bojilo / karton u odnosu na udjel obnovljivih i inovativnih sirovina kao i alternativnih materijala,
- utvrditi na osnovu eksperimentalnog rada postojanost 6 serija kombinacija otisaka izloženih utjecaju sunčevog zračenja kroz prozorsko staklo, dinamikom 7, 14, 28, 56 i 112 dana za separacije CMYK bojila, koristeći otiske sa 100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV vrijednosti,
- utvrditi utjecaj izlaganja otisaka na kromatska svojstva ne lakiranih otisaka, lakiranih vododisperzivnim lakom i lakom koji suši pomoću UV zračenja,
- utvrditi optičke karakteristike otisaka izloženih ubrzanom termičkom starenju u zraku bez prisutnosti zagađivala atmosfere NO₂,
- dokazati utjecaj djelovanja ubrzanog termičkog starenja uz prisutnost 100 ppm i 800 ppm NO₂ i uz dinamiku izlaganja otisaka od 1, 2, 3, 4 i 5 dana na kromatske karakteristike otisaka,
- studirati utjecaj i pronaći zakonitosti utjecaja različitog udjela obnovljive sirovine u bojilima u kombinaciji s tiskovnim podlogama različitog kemijskog sastava na mehanizam procesa oporabe otisaka metodom u tri faze,
- definirati utjecaj lakiranja otisaka na efikasnost procesa oporabe otisaka kao i na karakteristike listova načinjenih od vlakanaca iz različitih faza samoga procesa,
- korištenjem eksperimentalnog dizajna i kreiranjem statističkih modela uključujući višefaktorsku analizu varijanci utvrditi odnos bitnih čimbenika sustava.

U znanstvenom pogledu rad je doprinos utvrđivanju zakonitosti utjecaja sastava bojila, tiskovne podloge i laka u odnosu na fizikalno kemijske procese koji se događaju na otisku tijekom starenja uvažavajući postulate dinamike procesa. Unutar proučavanja kompleksnog sustava bitno mjesto zauzima sastav i karakteristike tiskovne podloge. Poseban doprinos predstavlja prilog utvrđivanju mehanizma odvajanja bojila s podloge i prilikom toga prisutnih

procesu, koji su zaslužni kako za efikasnost samog procesa, tako i za karakteristike sekundarnih vlakana.

Primjena rezultata značajna je u području eko-dizajna i kreacije grafičkog proizvoda, doprinosi novim formulacijama grafičkih materijala veće ekološke podobnosti, korisna je za zatvaranje kružnog toka materijala, dakle značajna je u domeni ekološke održivosti ofsetnog tiska kada se radi o kartonskom ambalažnom proizvodu.

Korištenjem eksperimentalnog dizajna i kreiranjem statističkih modela, te utvrđivanjem zakonitosti utjecaja definiranih varijabli na odabrano svojstvo eksperimentalnih jedinica, postiže se prilog razvoju ekološke održivosti kartonske ambalaže, što predstavlja znanstveni doprinos ovog rada.

2. OPĆI DIO

U posljednjih nekoliko godina pakiranje je značajna tema po pitanju okoliša. Općenito, pakiranje djeluje na okoliš u svim dijelovima životnog ciklusa, zajedno s proizvodom koji je upakiran. Upravo zato, uloga pakiranja mora biti jasno definirana u korporativnoj strategiji razvoja, u životnom ciklusu proizvoda i mora biti u skladu s regulativama zaštite okoliša. Pojam održive ambalaže pobuđuje optimizam u razvoj novih načina pakiranja proizvoda koji smanjuju utjecaj na okoliš.

2.1. Održivost papirne i kartonske ambalaže

Svjetska komisija za okoliš i razvoj (Brundtland komisija) objavila je 1987. godine Izvješće i predstavila novi pojam održivog razvoja, kao “razvoja koji zadovoljava potrebe današnjice, a pritom ne ugrožava potrebe budućih generacija” [1, 2]. Ova definicija je temelj mnogih principa održivosti koji su predstavljeni od tada.

Na konferenciji Ujedinjenih naroda o okolišu i razvitku u Rio de Janeiru 1992. godine upozoreno je na sve veće probleme vezane uz pitanja razvitka i okoliša na lokalnoj i globalnoj razini. Na Konferenciji je usvojena Deklaracija i Akcijski program za 21. stoljeće (Agenda 21), koja daje potporu načelu održivog razvitka [3, 4]. Taj dokument utvrđuje ciljeve na područjima od interesa za međunarodnu zajednicu. Države članice obvezale su se ciljeve ostvariti do 2015. godine.

Konferencija održana 2012. godine u Rio de Janeiru definirala je ciljeve koji uključuju tri dimenzije održivog razvoja: gospodarsku, socijalnu i okolišnu, (“triplebottom line”, TBL), odnosno trostruku osnovnu liniju predstavljenu kao zabrinutost za ljude, profit i planet, kako bi se načelo održivog razvoja prevelo u značajke za poslovanje. te kao takvo zacrtalo globalnu razvojnu agendu za razdoblje nakon 2015. godine [5]. Pojam TBL je popularizirao Elkington, pa je u tabeli 2.1.1. dat prikaz te problematike na osnovu njegovog viđenja [6].

Ugovorom iz Amsterdama promicanje održivog razvitka postaje jedan od značajnih ciljeva Europske unije. Geslo te Konferencije je promisliti, obnoviti i izvijestiti [7]. Teme Konferencije su: pitanja resursa, put izlaska iz globalne recesije, ekonomska, okolišna i društvena odgovornost te transparentna komunikacija.

Tabela 2.1.1. TBL za poslovanje [6]

Osnovna linija	Problematika poslovanja
Ekonomski	Konkurentnost troškova
	Potražnja za proizvodima i uslugama
	Razina inovativnosti
	Ljudski i intelektualni kapital
	Profit
Socijalni i etički	Testiranje na životinjama
	Odnosi s javnošću
	Ljudska prava
	Uvjeti rada
	Neodgovoran marketing
	Utjecaj na autohtono stanovništvo
	Zapošljavanje manjina
Ekologija	Ekološka usklađenost
	Uporaba i zaštita prirodnih resursa
	Upravljanje ekološkim troškovima
	Potrošnja materijala, energije i vode
	Kruti otpad i onečišćenje
	Utjecaj na životni ciklus proizvoda i usluga
	Izvedba prema standardima dobre proizvođačke prakse

Na Summitu UN-a o održivom razvoju održanom u New Yorku u rujnu 2015. godine, nakon tri godine intenzivnih pregovora, usvojena je UN-ova Agenda 2030 pod nazivom Transformirajući naš svijet [8]. Agenda 2030 sadržava 17 ciljeva održivog razvoja razrađenih u 169 međusobno usko povezanih podciljeva. Agenda 2030 osim poveznice na Pariški sporazum o klimatskim promjenama nije pravno obvezujući dokument, međutim sve države članice UN-a preuzele su na sebe političku obvezu njezine provedbe. Provedbom UN-ove agende 2030 ujedno se jačaju načela dobre vladavine na nacionalnoj i svjetskoj razini kao i umanjuju rizici i uzročnici različitih kriza.

Na tragu Ujedinjenih naroda i Europska komisija razvija akcijski plan za promicanje održive potrošnje i proizvodnje. Ovaj plan proširuje koncept održivog razvoja na proizvode i usluge i njihov utjecaja na okoliš [9]. Zbog toga je potrebno:

- promicati eko - dizajn i eko - označavanje,
- promicati postupke „zelene nabave“ npr. kupnjom održivih roba i usluga od strane vladinih tijela i agencija,
- poticati trgovce da smanje utjecaj na okoliš u svojim opskrbnim lancima,
- promovirati učinkovitu proizvodnju [9].

Eko - efikasnost je upravljačka filozofija čiji je cilj da se maksimizira efikasnost proizvodnog procesa, a minimizira negativne okolišne utjecaje odnosno potiče aktivnosti koje stvaraju više vrijednosti s manje utjecaja [10]. Eko - efikasnost može se postići korištenjem novih tehnologija, smanjenjem inputa po jedinici proizvoda, kao što su energija i voda, efikasnijom reciklažom i smanjenjem emisija toksičnih materija. Izračunava se kao odnos dobiti i okolišnih utjecaja i troškova [11, 12]. Poboljšanje eko - efikasnosti postiže se i organizacijskim mjerama.

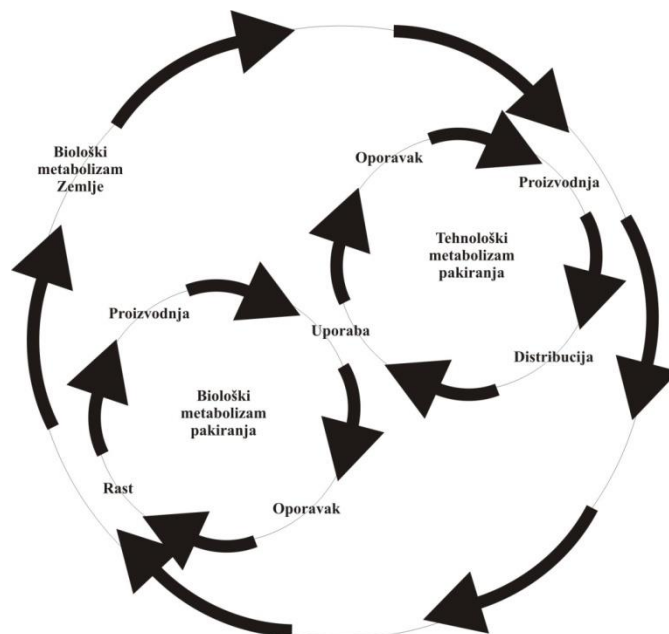
McDonough i Braungart tvrde da sama eko - učinkovitost nije održiva sama po sebi radi dematerijalizacije koja se koristi ili kemijskog emitiranja što ne zaustavlja trošenje ili destrukcije, nego samo proces usporava [13].

Ekološko učinkovit pristup izbjegava otpad projektiranjem proizvoda za oporabu i kontinuirani ciklus materijala pomoću jednog od metabolizama, biološkog ili tehničkog, bez ukrštene kontaminacije (slika 2.1.1.) [14].

Osim toga pravi izazov bi trebao biti u smjeru:

- poboljšanja ukupne učinkovitost zaštite okoliša kroz životni ciklus proizvoda,
- promicanja razvoja ekološko povoljnijih proizvodnih tehnologija,
- boljeg eko etiketiranja kako bi se pomoglo potrošačima pri izboru roba i usluga [14].

Slična razmišljanja proizlaze i kao rezultat Svjetskog poslovnog savjeta za održivi razvoj kojeg su osnovali poslovni ljudi u svrhu održivog razvoja baziranog na temelju eko - učinkovitosti [15].



Slika 2.1.1. Dva metabolizma u “kolijevka – kolijevka” modelu [14]

Tvrtke se potiču na praćenje i podnošenje izvješća o:

- vrijednosti poslovanja,
- utjecaju poslovanja na okoliš: potrošnju energije, materijala, vode, količinu emisije stakleničkih plinova, ozona i štetnih tvari,
- utvrđenoj eko-učinkovitosti za svaku kategoriju proizvoda [16].

Održivost je sastavni dio novog načina poslovanja. Sve je značajniji utjecaj regulatornih tijela, tržišta i udruga građana koji zahtijevaju od proizvođača:

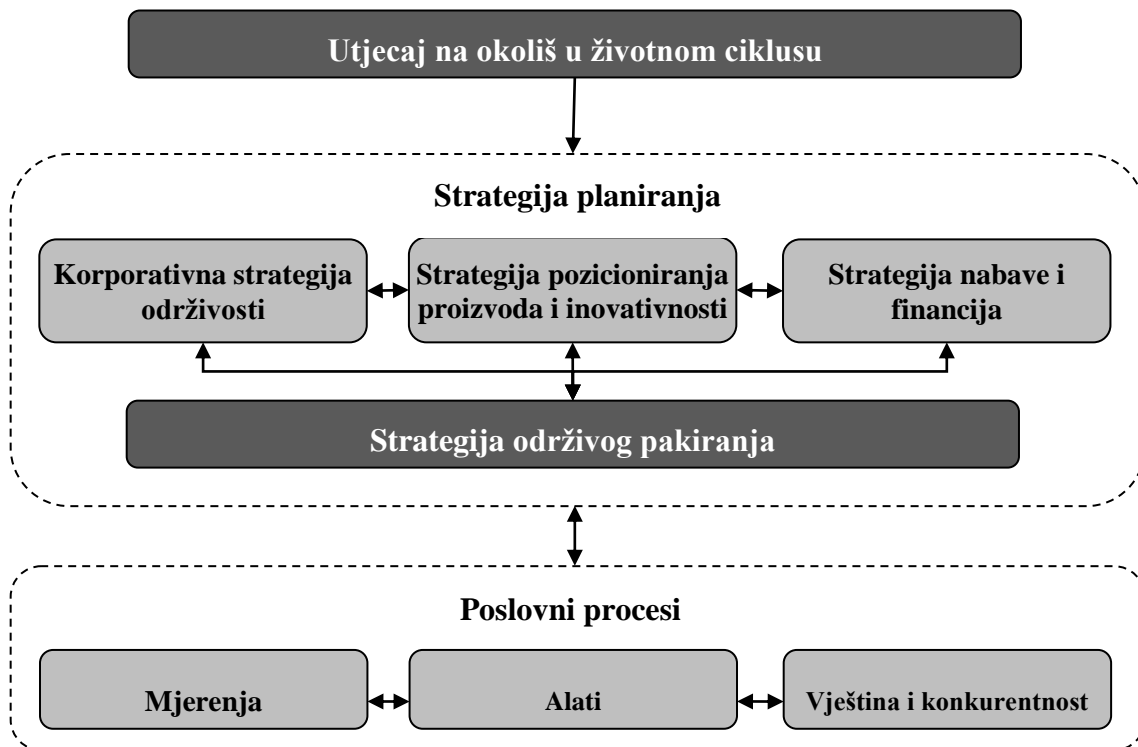
- povećanje udjela održivih proizvoda na tržištu
- javno objavljivanje svih odlika održivih proizvoda
- prikazivanje utjecaja proizvodnje na klimatske promjene, smanjenja utroška energije te emisije stakleničkih plinova
- dokaz o racionalnoj potrošnji prirodnih resursa
- povećanje korištenja obnovljivih resursa
- smanjenje otpada nastalog proizvodnjom, distribucijom, uporabom i odlaganjem [17].

Proizvođači moraju odgovoriti i udovoljiti ovim zahtjevima, a istovremeno je potrebno zadržati i ostvariti ciljeve uspješnog poslovanja (profitabilnost, rast prihoda i tržišnog udjela). Da bi se održivi razvoj uspješno implementirao u sustav poslovanja potrebno je usvojiti nova znanja i vještine. Veličina ovih promjena često je značajna, tako da se javljaju prepreke u organizacijskim promjenama [18].

Tabela 2.1.2. Nova znanja i vještine potrebne za implementaciju postavki održivog razvoja u sustav poslovanja [18]

Financijski učinak	Riziku pravljanja	Učinak održivosti
Prodajni i tržišni udio rasta	Tržišni rizik	Više održivih proizvoda
Rast profita	Financijski rizik	Učinak javne promidžbe
Upravljanje novčanim tijekovima	Poslovni rizik	Smanjenje klimatskih promjena
Financije		Smanjenje resursa
Dividende		Smanjenje otpada

Mnogi proizvođači čine velike i neophodne promjene pri implementaciji održivog razvoja u svoje poslovanje. Prvi korak u razvoju korporativne strategije održivosti su pojašnjenja: poslovnih specifičnosti za održivi razvoj, zaštita okoliša uz pomoć životnog ciklusa proizvoda i legislativa iz područja zaštite okoliša. Strategija u području održivosti mora definirati kako poslovati i u skladu s time podržavati sljedeće: poticati rast s više održivih proizvoda i usluga, poboljšati učinkovitost poslovanja kroz smanjenje materijalne i energetske potrošnje i otpada, zadovoljiti zakonske odredbe iz područja zaštite okoliša, predstaviti javnosti ekološke prednosti svojih proizvoda i postignuća u području zaštite okoliša.



Slika 2.1.2. Integracija održivog razvoja u korporativnu strategiju procesa planiranja [19]

Pakiranje mora biti dio ostvarenja poslovnih ciljeva održivog razvoja i potrebno ga je integrirati u korporativnu strategiju razvoja, ugraditi u kratkoročne, srednje i dugoročne ciljeve korporativnih aktivnosti kao što su marketing, komunikacija, prodaja, opskrba i postignuća u području zaštite okoliša (slika 2.1.2.) [19]

Učinkovita i ispravna uporaba ambalaže:

- omogućuje sigurnu i učinkovitu zaštitu proizvoda,
- smanjuje negativan utjecaj na okoliš pri prijevozu, uporabi i odlaganju proizvoda,
- doprinosi postizanju održivih razvojnih ciljeva.

Zaštita okoliša s aspekta proizvoda i njegovog pakiranja međusobno su povezane i ta veza mora biti razumljiva svima od proizvođača, lanaca opskrbe do krajnjeg korisnika.

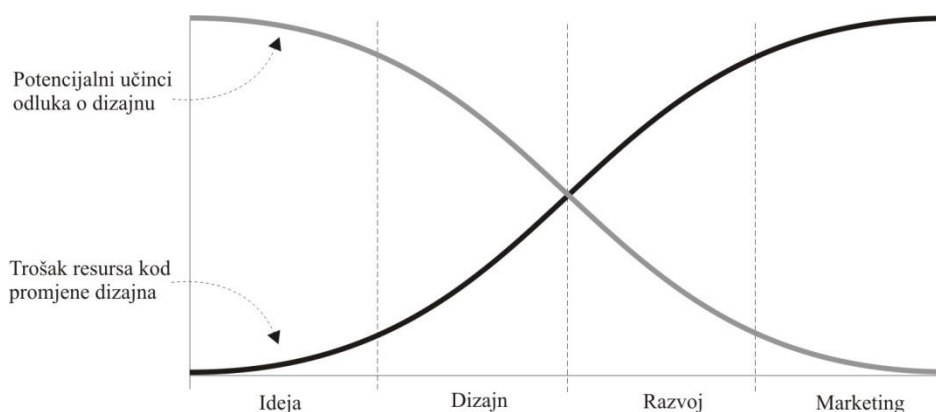
2.2. Dizajn ambalaže i okviri značajni za održivu ambalažu

Inicijativa ambalaže za održivost može se definirati kroz strategiju i operativni proces planiranja ali se prvenstveno promatra kroz dizajn. Dizajn ambalaže je složen proces koji razmatra mnoge aspekte marketinga, funkcije ambalaže i cijene. Dizajn za održivost dodaje daljnju složenost ovom procesu. Kako bi se doprinijelo održivom razvoju ambalaža mora biti:

- učinkovita u pružanju funkcionalnih zahtjeva proizvoda,
- učinkovita u korištenju materijala, energije i vode tijekom životnog ciklusa,
- udovoljavati zatvorenom kružnom toku materijala, koristiti obnovljive/reciklirane materijale i stvarati minimalan otpad,
- sigurna za ljude i okoliš, ne zagađivati okoliš i ne smije biti toksična [20].

Većina tvrtki ima razvijen proces proizvoda koji obuhvaća procese optimizacije ambalaže i dizajn nove ili redizajn postojeće ambalaže. Taj proces obično vodi niz stručnjaka unutar ili izvan tvrtke. Proces uključuje opsežne konzultacije s nizom sudionika u razvoju najboljeg rješenja koje zadovoljava mnoge potencijalno i konfliktne ciljeve: cijena, funkcija, prihvatljivost potrošaču, učinkovitost transporta, izloženost na policama, promocija i održivi razvoj.

Dizajn za održivost potiče ciljeve održivosti koje treba što ranije uključiti u sam tijek kreacije proizvoda. Održivost utječe na proces dizajna, a pristup tom procesu prikazan je na slici 2.2.1.



Slika 2.2.1. Pristup dizajnu održive ambalaže [14]

Iz prikaza se može iščitati najveći potencijal utjecaja na dizajn kako bi se postigli najbolji rezultati održivosti s najmanje troškova [21].

Održivost u procesu dizajna zahtijeva nove informacije i to:

- ekološki životni ciklus proizvoda i njegove ambalaže,
- ulogu ambalaže u postizanju ciljeva održivog razvoja,
- regulatorne zahtjeve zaštite okoliša i zbrinjavanja ambalaže,
- upotreba, recikliranje i odlaganje ambalaže na kraju životnog ciklusa.

Strategija održivog razvoja, kao što su procesi recikliranja i eliminacije toksičnih komponenti moraju biti u balansu s kriterijima uspješnosti tijekom proizvodnje i distribucije [22]. To bi u konačnici značilo da dizajn ambalaže treba usmjeriti tako da on kroz životni ciklus ostvaruje ekonomsku, socijalnu i ekološku podobnost i podliježe premisi „od kolijevke do kolijevke” [13]. Da bi ambalaža bila održiva treba ispuniti slijedeća četiri okvira: učinkovitost u isporuci i funkcionalnim zahtjevima, efikasnost pri upotrebi materijala, energije i vode tijekom cijelog životnog ciklusa, cikličnost u korištenju obnovljivih materijala i mogućnost ponovnog korištenja materijala na kraju životnog ciklusa, te sigurnost za ljude (slika 2.2.2.) [21].



Slika 2.2.2. Principi održivosti ambalaže [21]

Okvir 1: Učinkovita ambalaža - ispunjava svrhu

Pri dizajnu učinkovite ambalaže potrebno je zadovoljiti slijedeće kriterije [15]:

- pokazati kako je dizajn ambalaže prikladan za uporabu,
- osigurati: ekonomske, socijalne i ekološke vrijednosti,
- ispitati konvencionalne ciljeve dizajna ambalaže (tehničku izvedbu, praktičnost, cijenu) i usporediti s postavkama održivosti [22].

Učinkovita ambalaža ispunjava niz bitnih funkcija kao što su:

- osigurava sadržaj ambalaže do krajnjeg potrošača,
- štiti sadržaj od raznih vanjskih utjecaja (vibracije, toplina, mikroorganizmi, štetočine),
- lako se otvara,
- omogućava tekućini da se izlije ali bez prolijevanja,
- atraktivnost za kupnju,
- pruža informaciju o proizvodu, uputama za rukovanje ili uporabu, može poslužiti kao ekološko promotivno sredstvo [23].

Tabela 2.2.1. Potencijalne prednosti učinkovite ambalaže [21]

Ekonomске prednosti	Smanjenje štete na proizvodu Povećana prodaja proizvoda Usklađenost (označavanje)
Socijalne prednosti	Lagodnost potrošača Praktičnost pakiranja
Koristi za okoliš	Smanjenje proizvodnog otpada Smanjenje oštećenja proizvoda u opskrbnom lancu

Tvrtke su uvijek usmjerene na funkcionalne aspekte dizajna ambalaže, dok fokus na održivost može otvoriti nove mogućnosti ili revidiranje uloge ambalaže u smjeru kako slijedi:

- sprečavanja krađa u trgovinama npr. promjenom načina zatvaranja,
- smanjivanjem troška pakiranja kroz učinkovitiji dizajn ili kroz materijale koji su potrošaču privlačni, a imaju nižu naknadu za reciklažu,
- identificiranjem mogućnosti za inovacije, uključujući stvaranje novih proizvoda koji smanjuju potrebu za dodatnom ambalažom [24].

Okvir 2: Efikasna ambalaža - smanjuje utrošak materijala, energije i vode

Efikasna ambalaža je tako dizajnirana kako bi smanjila potrošnju resursa (materijala, energije i vode), otpada i emisije štetnih tvari tijekom svog životnog ciklusa [25 - 30]. Studija životnog ciklusa (LCA) pokazuje da smanjenje težine ambalaže i povećanje učinkovitosti u lancu opskrbe su dvije od tri najvažnije aktivnosti koje smanjuju utjecaj ambalaže na okoliš (treća je uporaba obnovljivih izvora energije) [31].

Prednosti učinkovitije ambalaže uključuju:

- uštede u lancu opskrbe koje se mogu vidjeti u poslovanju a mogu se prenijeti i na dobavljače, kupce i potrošače,
- manju potražnju za materijalima, energijom i vodom,
- manje zagađenje i manje otpada [32, 33].

Tabela 2.2.2. Potencijalne prednosti efikasne ambalaže [21]

Ekonomske prednosti	Smanjenje troškova materijala, energije i vode Povećana efikasnost lanaca opskrbe Smanjenje troškova u korist potrošača
Socijalne prednosti	Veća pristupačnost proizvoda Smanjenje težine ili volumena ambalažnog proizvoda
Koristi za okoliš	Smanjenje potrošnje materijala, energije i vode Smanjenje otpada i emisija štetnih tvari nastalih proizvodnjom izvornih materijala Smanjenje potrošnje energije i emisija štetnih tvari nastalih transportom Smanjenje otpadnih tvari

Okvir 3: Ciklička ambalaža – obnovljiva, može se reciklirati

Ciklička ambalaža je dizajnirana tako da bi se povećao povrat materijala, energije i vode tijekom životnog ciklusa [34]. Za smanjenje otpada, ambalažni materijali trebaju biti osmišljeni tako da nakon uporabe postaju korisni materijali za ovaj ili za neki drugi proces [13].

Prirodni i obnovljivi materijali, kao što su papir i drvo, postaju hranjive tvari za biološki metabolizam npr. u organskim procesima, kao što je kompostiranje. Proizvodni materijali poput stakla i plastike trebali bi postati hranjive tvari za tehnički „metabolizam” u industrijskim procesima (staklo se otopi u peći i ponovno se proizvede nova boca) [26].

Tabela 2.2.3. Potencijalne prednosti cikličke ambalaže [21]

Ekonomske prednosti	Smanjenje troškova materijala (reciklirani materijali) Smanjenje troškova u korist potrošača
Socijalne prednosti	Smanjenje estetskog utjecaja odlagališta otpada Produženje životnog vijeka postojećih odlagališta otpada
Koristi za okoliš	Smanjenje potrošnje materijala, energije i vode Smanjenje otpada i emisija nastalih proizvodnjom izvornih materijala Smanjenje pakirnog otpada koji zahtijeva odlaganje ili oporabu

Međutim, postoje ambalažni materijali koje nije moguće uspješno preraditi niti na jedan od dva opisna načina. To je slučaj s određenom plastičnom ambalažom koju nije moguće ponovno preraditi za istu namjenu, pa se koristi u druge svrhe (tabela 2.2.4.) [35, 36]. Strategija koju treba primijeniti kada je riječ o plastičnoj ambalaži ovisi o vrsti materijala, proizvodu i obliku potrošnje. Nameću se ograničenja na dvije od najviše popularnih metoda zbrinjavanja otpada, odlagališta i sagorijevanja. Tehnologije koje se ubrzano razvijaju u tom segmentu su reciklaža i povrat energije. Uspješnost reciklaže ovisna je o: dizajnu proizvoda, sakupljanju i sortiranju, karakterizaciji, aplikaciji i krajnjem korisniku [37].

Tabela 2.2.4. Opcije reciklaže za neke ambalažne materijale [21]

Materijal	Mogućnosti zatvorenog kružnog toka	Zapreke za reciklažu u zatvorenom kružnom toku	Mogućnosti krajnjeg korištenja s drugom namjenom
Polietilen tetraftalat (PET)	Lončići ili boce, do 100%	Kvaliteta (primjereno za doticaj s hranom), kontaminacija s PVC-om	Vlakna za odjeću i druge tekstilne proizvode
Polietilen visoke gustoće (HDPE)	Boce ili bačve, do 100%	Široki raspon različitih HDPE smola na tržištu može rezultirati nestabilnim proizvodom, kontaminacija bojom	Sanduci, bove, vanjski namještaj, građa
Polivinilklorid (PVC)	Boce ili bačve, do 100%	Niski trošak izvorne smole, mala količina materijala poslije uporabe	Cijevi, obuća, podovi
Staklo	Staklenke ili boce, do 100%	Visoki trošak transporta, kontaminacija s keramikom ili drugim staklom, miješanje s različito obojenim staklom	Baza u cestogradnji, asfalt, sredstvo za filtraciju, brusni abrazivni materijali
Aluminij	Limenke	Minimalne	Dijelovi za automobile i kamione, vrata, prozori, građa
Čelik	Limenke	Minimalne	Profili za armiranje, cijevi, žice, uređaji
Papir i karton	Kutije, transportne kutije, vrećice	Kvaliteta recikliranog vlakna (duljina vlakna, boja, kontaminacija)	Izolacija, leglo za životinje, baza u cestogradnji

Okvir 4: Sigurna ambalaža - ne onečišćuje, nije toksična

Sigurna ambalaža je dizajnirana tako da bi smanjila zdravstvene i sigurnosne rizike za ljude i ekosustave tijekom životnog ciklusa. Dizajn za održivost razmatra širi spektar mogućih učinaka na zdravlje ljudi i ekosustava u odnosu na tradicionalno razmatranje [38]. Održivi dizajn sigurne ambalaže uključuje:

- ekološki utjecaj uporabe sirovina iz prirodnih resursa,
- ekološke i zdravstvene učinke onečišćenja iz proizvodnih procesa,
- rizike povezane s migracijom opasnih tvari u hranu i piće,
- zaštita zdravlja i sigurnosni rizici u lancu opskrbe,
- utjecaj ambalaže na biljni i životinjski svijet, posebno u morima [39].

Dizajn za sigurnost mora uzeti u obzir ekološke i socijalne utjecaje sirovina, posebno onih sirovina dobivenih iz šumarstva i poljoprivrede. Ovu pojavu često nazivamo „ekološko upravljanje“ bio resursom. Celulozno vlakno iz drva kao osnova kartonskog ambalažnog materijala ili biopolimer iz poljoprivrednih proizvoda mogu utjecati na biološku raznolikost i održivost prirodnih ekosustava. Nabava obnovljivih materijala treba smanjiti utjecaj narast i uništenje šuma uporabom celuloze dobivene iz održivo upravljanih šuma (certifikat FSC) [40].

Tabela 2.2.5. Potencijalne prednosti sigurnog pakiranja [21]

Ekonomске prednosti	Smanjenje troškova zbrinjavanja (opasnog ili otrovnog otpada) Smanjenje rizika od povrata proizvoda s tržišta Smanjenje emisije spojeva ugljika i time troška za njihovo zbrinjavanje
Socijalne prednosti	Smanjenje zdravstvenih i sigurnosnih rizika za potrošača
Koristi za okoliš	Smanjenje eko-toksičnih utjecaja Smanjenje utjecaja na globalno zatopljenje

Vijeće za nadzor šuma (The Forest Stewardship Council – FSC) je neovisno međunarodno tijelo koje organizacijama daje dozvolu za izdavanje certifikata [40]. FSC certifikacija znači da se šumom gospodari prema strogim ekološkim, socijalnim i ekonomskim standardima. Cilj FSC-a je promoviranje odgovornog upravljanja šumama. Jedan od zadataka FSC organizacije je uspostava normi čijom primjenom se osigurava promicanje ekološki odgovornog, društveno korisnog i ekonomski održivog gospodarenja šumskim resursima. Osnovna ideja je da se uz pomoć podizanja ekološke svijesti potrošača potakne trajno gospodarenje šumama. Proizvodi koji nose FSC znak imaju sljedivost

dokumentacije od početka proizvodnje sirovine do izrade proizvoda i isporuke. Osnovni principi FSC normi su ugrađeni u zakonodavstvo zemalja Europske unije.

Zagađenje iz proizvodnih procesa ambalažne industrije može imati niz ekoloških i zdravstvenih negativnih učinaka. Emisija hlapivih organskih spojeva (VOC) nastalih u procesu tiska onečišćuje niži sloj atmosfere ozonom, a otpadne vode nastale tijekom proizvodnog procesa izbjeljivanja papira sadrže spojeve poput dioksina [41, 42]. U tom slučaju dizajn za sigurnost zahtijeva:

- poznavanje procesa tiska i proizvodnje ambalaže,
- primjenom dizajna ambalaže smanjiti utjecaj štetnih proizvodnih procesa [43, 44].

Ambalaža za prehrambene proizvode mora zaštititi integritet proizvoda, tako da zdravlje potrošača nije ugroženo [44]. Neki sastavni dijelovi ambalaže, kao bisfenoli A (BPA) i ftalati mogu u malim količinama migrirati iz ambalaže u prehrambeni proizvod [45]. Iako postoje razne studije o njihovim učincima na zdravlje čovjeka, sve je više dokaza da su potencijalno toksični, pa ih treba izbjegavati gdje je god to moguće [46]. U tom slučaju prilikom projektiranja ambalaže treba:

- poznavati materijale koji se koriste pri proizvodnji ambalaže,
- zatražiti od dobavljača Sigurnosne liste za sve materijale koji će se koristiti pri proizvodnji ambalaže,
- pratiti najnovija istraživanja koja se bave temom migracije štetnih tvari iz ambalaže,
- savjetovati se s dobavljačima, istraživačima i tijelima vlasti ukoliko postoji sumnja i zabrinutost u neki materijal ili proizvod,
- kao mjeru opreza, poduzeti korake da se zamjene svi potencijalno opasni materijali koji predstavljaju rizik po zdravlje čovjeka [47].

2.3. Primjena okvira za dizajn održive ambalaže

Dizajn održive ambalaže karakterizira sustavni pristup i primjenjuje sva četiri prije prikazana okvira uklopljena u jednu cjelinu. Takav način je osobito važno koristiti u početnoj fazi kreacije proizvoda (tabela 2.3.1.), a u daljnjem procesu razvoja proizvoda postoji mogućnost istraživanja alternativnih strategija [23]. To će pomoći u generiranju ideja za novi proizvod, ambalažu koja će potencijalno povećati vrijednost proizvoda u kontekstu manjeg utjecaja na okoliš.

Tabela 2.3.1. Principi eko-dizajna i strategija za papirnu i kartonsku ambalažu [23]

Eko-dizajn principi	Eko-dizajn strategija
Izbor materijala s niskim utjecajem	Čisti materijali Obnovljivi materijali Reciklirani materijali
Smanjenje korištenog materijala	Smanjenje u težini Smanjenje u volumenu
Optimizacija tehnološkog procesa	Čista proizvodna tehnologija Manje proizvodnih koraka Manja potrošnja energije / obnovljiva energija Manje proizvodnog otpada Manje potrošnog materijala u proizvodnji
Optimizacija distribucije	Manje / čisto / višekratno pakiranje Energetski učinkovit način prijevoza Energetski učinkovita logistika
Smanjenje utjecaja tijekom uporabe	Niska potrošnja energije Obnovljivi izvori energije Manja uporaba potrošnog materijala Obnovljivi potrošni materijal Nema gubitka energije / potrošnog materijala
Optimizacija na početku životnog ciklusa	Visoka pouzdanost i izdržljivost Jednostavno održavanje i popravak Modularna / prilagodljiva struktura proizvoda Klasični dizajn Suvremeni proizvod / zadovoljan korisnik
Optimizacija na kraju životnog ciklusa	Ponovna uporaba proizvoda Ponovna proizvodnja / uporaba Reciklaža materijala Sigurno spaljivanje Sigurno odlaganje ostatka proizvoda
Novi koncept razvoja	Prebacivanje na pružanje usluga Zajednička uporaba proizvoda Interakcija funkcija Optimizacija funkcija

Prvi odgovor koji moramo dobiti glasi, je li pakiranje uopće potrebno? U procesu dolaska do odgovora projektni tim počinje bolje razumijevati sam proizvod i komponente pakiranja, te pakiranje kao cjelinu. Istraživanje tržišta može koristiti u dobivanju odgovora kako i gdje predstaviti proizvod i jesu li određene značajke ambalaže zahtijevane od strane

kupca tj. potrošača. Kao primjer može se navesti ambalaža za pakiranje svježe salate koja uključuje jednokratni pribor za jelo, jer je proizvod namijenjen za konzumaciju daleko od kuće. Stoga je važno znati gdje će se salata konzumirati u većini slučajeva. Ako će se salata većinom konzumirati kod kuće ili na radnom mjestu, onda nam jednokratni pribor za jelo nije potreban, a njegovo potencijalno uklanjanje značajno štedi troškove i utjecaj na okoliš [48].

Zaštita proizvoda je primarna uloga ambalaže. Ovisno o proizvodu i sustavu opskrbnih lanaca, pakiranje mora zaštititi njegov sadržaj od:

- klimatskih utjecaja (temperatura, vlaga, svjetlost),
- mehaničkih opasnosti (ogrebotine, vibracije, ...),
- razmjene mirisa,
- kontaminacije mikroorganizmima [49].

Sekundarna i tercijarna ambalaža olakšava rukovanje i distribuciju proizvoda. Sekundarno i tercijarno pakiranje međusobno su ovisni o primarnom pakiranju, a kompletan sustav pakiranja mora biti optimiziran [50, 51]. Gledano iz perspektive održivosti važno je osigurati da su svi funkcionalni zahtjevi u paketnom sustavu ispunjeni. Promišljanjem svih tehničkih zahtjeva otvaraju se nove mogućnosti za smanjenjem materijalne i energetske potrošnje.

Prvi korak u učinkovitom dizajnu je identificirati sve komponente pakiranja tj. odrediti one koji su nužni i one dijelove koje je moguće eliminirati (osnovno pakiranje može sadržavati razne uloške, ladice i sl.). To je bitno iz razloga, jer pakiranje mora biti proizvedeno s minimalnom količinom materijala [52].

Učinkovit dizajn ima za cilj smanjenje potrošnje energije u svakoj fazi proizvodnog životnog ciklusa kako bi se pomoglo očuvati fosilna goriva te smanjiti emisiju stakleničkih plinova. Postoje mnoge strategije koje se mogu uporabiti kako bi se smanjila potrošnja energije u cijelom lancu opskrbe, uključujući i optimizirani dizajn svih komponenti ambalaže za učinkovitiji prijevoz. Vrlo je važan i izbor materijala za izradu ambalaže, jer neki materijali troše manje energije u ekstrakciji sirovina i u proizvodnim procesima [53].

Obnovljivim izvorima energije pogoduje dizajn ambalaže za ponovnu uporabu te reciklažu materijala. Većina ambalaže napravljena je za ponovnu uporabu (povratna ambalaža) tj. za ponovno punjenje raznih pića, mlijeka i sl. Međutim, u većini razvijenih

zemalja smanjuje se udio uporabe višekratnih staklenih boca s onim za jednokratnu uporabu.

Postoji niz razloga za tu promjenu:

- uvođenje samoposlužnih supermarketa i smanjenje udjela isporuka na kućni prag (npr. mlijeko u bocama),
- industrijski rast utječe i na povećanje distribucijskih međunarodnih mreža koje imaju dodatni trošak prijevoza za povrat prazne ambalaže (boca),
- povećanje udjela proizvoda (pića) koji se konzumiraju dalje od doma,
- smanjenje stopa povratnih naknada za povrat ambalaže (boca), što utječe na financijsku održivost i ekološke prednosti,
- otpor proizvođača i trgovaca prema višekratnoj ambalaži obrazlažući nizom komercijalnih, zdravstvenih i sigurnosnih razloga [54].

Međutim, ove tendencije manje su izražene u zemljama s posebnim regulatornim mjerama koje potiču uporabu višekratne ambalaže. Uz to potiče se primjena samoposlužnih dozirnih sustava u trgovinama organske i zdrave prehrane gdje se kupci potiču da donose vlastitu ambalažu na punjenje [55].

Za razliku od potrošačke ambalaže, višekratna uporaba i prenamjena industrijske ambalaže u proteklom desetljeću bilježi porast. Višekratni sustavi uključuju razne vrste kontejnera, gajbi, sanduka, drvenih ili plastičnih paleta. Ako se koristi na odgovarajući način, višekratna uporaba industrijske ambalaže može generirati niz prednosti u svrhu održivosti [56].

2.3.1. Ambalaža od recikliranih materijala

Pri izradi ambalaže treba težiti na uporabi recikliranih materijala jer oni:

- općenito troše manje energije za proizvodnju,
- smanjuju potrošnju prirodnih materijala i oslanjanje na neobnovljive izvore,
- generiraju manje zagađenja i emisiju stakleničkih plinova,
- određena uporaba recikliranih materijala utječe i na smanjenje troškova[57].

Uporabu recikliranih materijala može ograničiti:

- funkcija ambalaže ili proizvod koji se pakira,
- ograničenja koja uvjetuje opskrba,
- ograničenja vezana uz zdravstvene i sigurnosne standarde [59].

Tabela 2.3.1.1. Ušteda energije uporabom recikliranih materijala umjesto osnovnih materijala [58]

Materijal	Ušteda energije uporabom recikliranih materijala (%)
Valoviti karton (nebijeljeni materijal)	22
Čelik	79
Aluminij	93
HDPE	79
PET	76
PVC	80
Staklo	57

Reciklirani polimeri mogu se uporabljati u ambalaži koja dolazi u direktni kontakt sa hranom samo ako zadovoljavaju stroge zdravstveno-sigurnosne standarde [60]. Iznimka je neprerađeno voće i povrće. U ostalim slučajevima polimerni materijal mora biti ovjeren od nadležnog tijela za sigurnost prehrambenih proizvoda. Jedan od standarda je onaj koji propisuje američka Agencija za hranu i lijekove (US Food and Drug Administration, FDA) za reciklirane materijale koji dolaze u direktni kontakt s prehrambenim proizvodom, reciklirane smole koje zadovoljavaju FDA standarde ili su prošli kemijski proces recikliranja ili mehanički proces koji uključuje nekoliko faza čišćenja i dekontaminacije [61].

Reciklirani PET uglavnom je miješan sa osnovnom smolom u odnosu do 50% kako bi se zadovoljili strogi tehnički i sigurnosni zahtjevi za prehrambenu ambalažu. Npr. postotak recikliranog PET-a koji se koristi u Coca Cola bocama u SAD-u, Nizozemskoj, Belgiji, Švicarskoj, Njemačkoj, Švedskoj, Australiji, Japanu i Meksiku iznosi 50 % [62]. Reciklirani PET osim za prehrambene proizvode upotrebljuje se i za izradu boca za deterdžente i ostale proizvode za kućanstvo, gdje se još koriste i PVC i HDPE. Reciklirani HDPE se naširoko koristi za proizvodnju ambalaže za neprehrambene proizvode kao što su deterdženti, izbjeljivači i razna druga sredstva i kemikalije za čišćenje [63].

Reciklirani papir i karton može se uporabljati za izradu ambalaže koja dolazi u direktni kontakt sa prehrambenim proizvodom ako je poznat izvor vlakana (neki izvori nisu prihvatljivi, poput papira iz miješanog otpada) i ako je reciklirani materijal očišćen i obrađen na toj razini da zadovoljava sve zdravstveno - sigurnosne uvjete za sigurnost hrane [64 – 66]. Švicarski znanstvenici u svom istraživanju otkrili su neprihvatljivo visoke razine mineralnih ulja u recikliranim kartonskim kutijama [67]. U tom slučaju jedno od rješenja je da se

proizvod prije pakiranja u kutiju stavlja u zaštitnu vrećicu koja onemogućuje migracije. Drugi način je poboljšati proces recikliranja za smanjenjem udjela mineralnih ulja. Ako ništa od navedenog nije moguće reciklirana vlakna mogu se uporabiti u proizvodnji sekundarne ambalaže (transportne kutije i sl.) [21].

Da bi optimizirali uporabu recikliranog materijala u izradi ambalaže potrebno je:

- utvrditi jesu li ispunjeni svi tehnički zahtjevi za uporabu recikliranog materijala u ambalaži,
- pronaći i potvrditi dobavljača s pouzdanim izvorima recikliranih materijala,
- postaviti interne ciljeve za uporabu recikliranih materijala [68].

Recikliranje ambalažnog materijala ovisi o:

- mogućnošću njegova tehničkog recikliranja, tj. lakoća kojom se može preraditi i koristiti za proizvodnju novih proizvoda,
- dostupnost prikupljanja, sortiranja i prerade materijala.

Tehnička reciklaža ovisi o karakteristikama materijala i postupku. Kao što su se razvijale nove tehnologije i postajale komercijalno sve dostupnije za vjerovati je da će se sve više različitih materijala moći reciklirati. Reciklaža u mnogome ovisi o dostupnosti materijala za recikliranje. Prikupljanje ambalažnih materijala najčešće se provodi kroz sustav spremnika za npr. staklo, aluminijske limenke, plastične boce, papir i karton i sl. Iako se u većini slučajeva još uvijek koristi sustav mješovitog prikupljanja, koji se zatim razvrstava po pojedinim skupinama materijala [69].

Uporaba više materijala može spriječiti ili uzrokovati probleme u procesu recikliranja kao npr. plastični prozori na kutijama (za konditorske proizvode), plastične folije na poledini kutija itd. Premazi voska ili plastike na papiru također utječu na smanjenje iskoristivih vlaknaca koje dobijemo postupkom reciklaže. Ako se na jednom ambalažnom proizvodu uporabilo više različitih materijala (npr. karton + plastika) potrošače bi trebalo upozoriti da je materijale potrebno odvojiti prije odlaganja otpada [70]. Obnovljivi izvori energije generiraju se iz vode, vjetra, biomase i sunca. Ovi izvori energije smanjuju iscrpljivanje neobnovljivih resursa, te emisiju stakleničkih plinova. Strategija za promicanje uporabe obnovljivih izvora energije uključuje:

- generiranje energenta na licu mjesta, npr. kroz instalaciju solarnih panela na krovovima proizvodnih pogona,
- uporaba obnovljivih goriva za prometna sredstva (biogoriva) [71, 72].

2.3.2. Dizajn za sigurnost

Fokusirajući se na načela sigurnosti, dizajnerski će tim:

- razumjeti potpuni životni ciklus ambalaže i komponenata iz kojih je ambalaža izrađena,
- prepoznati i izbjeći uporabu opasnih tvari u proizvodnji ambalaže,
- prepoznati i izbjeći nastajanje opasnih tvari (staklenički plinovi) tijekom životnog ciklusa ambalaže [73].

Konvencionalno upravljanje načelima rizika uključuje identifikaciju i opasnosti rizika koje treba primijeniti kod odabira materijala, boja, pigmenata, lakova i drugih tvari koje se upotrebljavaju u proizvodnji ambalaže. Pristup upravljanja rizikom uključuje slijedeće korake:

1. odrediti mehanizme,
2. identificirati mogućnosti, rizike i prepreke,
3. procijeniti čimbenike koji su pod kontrolom državnih institucija,
4. uvjeriti se da postoji sustav kontrole državnih institucija,
5. vođenje proizvodne dokumentacije [57].

Dizajnerski tim treba u potpunosti razumjeti proizvodnju i proizvodni proces ambalaže i proizvoda koji se u nju pakira. Procjena rizika treba identificirati tvari koje se koriste ili ispuštaju u bilo kojoj fazi životnog ciklusa ambalaže ili proizvoda pri njihovoj uporabi, preradbi, ponovnoj uporabi, a koji bi možda mogao biti otrovan za radnike, potrošače ili ekosustav. Sve informacije, uključujući isticanje prihvatljivih granica, moraju biti navedeni u cijeloživotnim kartama i specifikacijama ambalaže i pakiranja.

European Printing Industry Association načinilo je tzv. „listu isključenja“ za tiskarska bojila i druge materijale koji se koriste u tisku u odnosu na zdravstvene i sigurnosne rizike na tom području. Lista uključuje tvari koje su klasificirane kao kancerogene, mutogene ili toksične. Naglasak je na pigmentima bojila koji mogu sadržavati teške metale: Cd, Cr(VI), Pb, Hg i Se [74]. Dva primjera koji su predmet istraživanja i razvoja prevladavanja potencijalnih rizika su bisfenol i ftalati.

Bisfenol (BPA) je kemikalija koja se upotrebljava kod polikarbonatnih proizvoda (bočice za piće), te epoksi smola koje se koriste kod limenki za hranu i pića [75]. BPA kod navedene ambalaže sprječava prijenos okusa s ambalažnog materijala na proizvod. U istraživanju provedenom u Sjedinjenim Američkim Državama na 19 testiranih proizvoda kod

svih je otkriven BPA u niskim koncentracijama. Istraživanje je pokazalo da se BPA apsorbira u ljudskom tijelu, te je prisutan u urinu 95 % građana Amerike [76]. Mnoge studije pokazale su povezanost koncentracije BPA sa zdravstvenim problemima čovjeka kao što su: rak prostate, rak dojke, srčane bolesti, gojaznost, pomanjkanje pažnje i općenito pad imuniteta organizma. BPA koji ulazi u okoliš kroz otpadne vode ima potencijalu opasnost spram riba i drugih organizama koji obitavaju u vodi [77].

Kao rezultat toga, mnoge vladine organizacije donijele su legislative za uklanjanje BPA u ambalaži za djecu i dojenčad, kao najrizičnije skupine. Alternativni polimer za polikarbonate je poliamid kada su u pitanju dječje bočice za piće. Alternativni epoksidni premazi za metalne limenke su poliesterski premazi i prirodna ulja i smole. Jedan od izazova za proizvođače je osigurati sva potrebna testiranja alternativa BPA da se utvrdi njihova sigurnost i utjecaj na zdravlje čovjeka i okoliš.

Ftalati su skupina kemikalija koja ima široku uporabu u ambalaži proizvoda za osobnu higijenu (šamponi, losioni, tekući sapuni i sl.). Ftalati se upotrebljavaju kao „plastifikatori“ kod PVC ambalaže da bi ona bila fleksibilnija. Kao i BPA, ftalati se mogu apsorbirati u tijelo čovjeka kroz migracije u hranu ili putem drugih oblika kontakta [78]. Istraživanja su povezala izloženost ftalatima s zdravstvenim problemima raka prostate te smanjene muške plodnosti [79]. Posebna zabrinutost se iskazuje prema koncentracijama ftalata u igračkama, jer postoji vrlo velika vjerojatnost da će dijete staviti igračku u usta. Ftalati su i čest zagađivač okoliša, jer su u uporabi raznih proizvoda još od 1940. godine [80]. Međutim, njihova toksičnost je ograničena, jer su lako razgradivi i njihovi udjeli toksičnosti su vrlo niskih razina. Zbog toga je teško vjerovati da će njihova toksičnost imati utjecaja na reproduktivne osobine živih organizama.

Europska direktiva o ambalaži i ambalažnom otpadu navodi da razina teških metala (olovo, kadmij, živa i krom) u ambalaži ili komponentama pakiranja ne smije prelaziti koncentraciju od 100 ppm [81]. Zakon Sjedinjenih Američkih Država ima istu definiranu granicu i strože uvjete. Visoka razina teških metala utvrđena je u otisnutim plastičnim vrećicama i to osobito Pb, Hg i Cr, posebno ako su se u tisku koristila bojila na osnovi otapala [82].

2.3.2.1. Podrška uporabi ekološki prihvatljivije proizvodnje

Dizajnerski tim mora poznavati proizvodni proces, jer time može utjecati na mogućnost smanjenja utjecaja na okoliš kroz primjenu čistijih proizvodnih tehnologija i tiska na ambalaži. Postoje dvije skupine zagađivala: hlapivi organski spojevi (VOC) i spojevi klora, na koje se može utjecati dizajnom i promjenom formulacije materijala.

VOC su prirodne ili sintetske organske tvari koje imaju tendenciju isparavanja tijekom proizvodnje ili uporabe, a emisija može biti štetna ili otrovna ako se direktno udiše. U kombinaciji sa sunčevom svjetlosti i dušik oksidom generiraju ozon u prizemnim slojevima atmosfere. Izvori emisije VOC-a u industriji ambalaže su otapala osnovnih boja, te ljepila, kao i u sredstvima za pranje tiskarskih strojeva. Alternativa je uporaba bojila na bazi vode iako ona zahtijevaju više energije i nisu pogodna za sve tiskarke tehnike. Slijedeća alternativa je korištenje bojila i lakova koji se suše pomoću UV zračenja [83]. Isto se odnosi i na ljepila na bazi vode, ona ne emitiraju VOC ali trebaju više energije za sušenje i nisu pogodna za apliciranje na sve materijale.

Donedavno se vjerovalo da se svjetlina celuloze u proizvodnji ne može postići s vrijednošću od 90%, ako se u procesu bijeljenja ne koristi klor ili spojevi klora. Implementacija modifikacije kuhanja i delignifikacije na osnovi kisika utjecali su na smanjenje Kappa broja što je utjecalo na smanjenje upotrebe kemikalija za bijeljenje. Pod utjecajem legislative i zahtjeva tržišta za papirom nebijeljenim klorom industrijska proizvodnja je ubrzano preuzela ECF (celuloza proizvedena bez elementarnog klora) i TCF (celuloza bez klora i spojeva klora) procese bijeljenja u kojima su hipoklorit, Cl_2 i ClO_2 zamijenjeni kemikalijama na osnovi kisika [84].

Od različitih otpadnih voda koje se generiraju u proizvodnji celuloze i papira najviše je onečišćen efluent iz postrojenja za bijeljenje. Identificirano je više od 300 različitih spojeva u efluentu iz procesa bijeljenja. Oko 200 od njih su klorirani organski spojevi, koji sadrže klorirane smolne kiseline, klorirane fenole i dioksine. Zagađivala kao što su klorirani fenoli i dioksini su toksični, nisu biološki razgradivi i imaju tendenciju kontaminacije prehrambenog lanca pomoću bioakumulacije [42]. Dioksin je poznat po svojoj ekstremnoj toksičnosti i vjeruje se da je kancerogen. Napredne ECF i TCF tvornice celuloze generiraju efluent s manje toksičnim efektom [85].

2.4. Alati za ocijenu ekološke podobnosti

2.4.1. Životni ciklus proizvoda

Procjena životnog ciklusa je jedna od najvažnijih metoda vrednovanja utjecaja proizvoda na okoliš. Životni ciklus može se definirati kao niz međusobno povezanih faza sustava proizvoda, koji obuhvaća dobivanje sirovine, energiju, proizvodnju, distribuciju, korištenje proizvoda i zbrinjavanje iskorištenog proizvoda. Pri tome se dobivanje proizvoda definira kao skup procesa, a poveznicu čine materijali ili pak energija, kojima se obavljaju utvrđene funkcije [86].

Procjena životnog ciklusa obuhvaća bilježenje i vrednovanje svih ulaza i izlaza, te utjecaja proizvoda na okoliš tijekom cijelog njegovog životnog ciklusa. Zapravo, moglo bi se reći da je koncept životnog ciklusa holistički pristup procjenjivanja utjecaja proizvoda „od kolijevke do groba“ na okoliš, međutim po sadašnjoj koncepciji uključujući održivost naglasak je na paradigmi” od kolijevke do kolijevke” [87, 13].

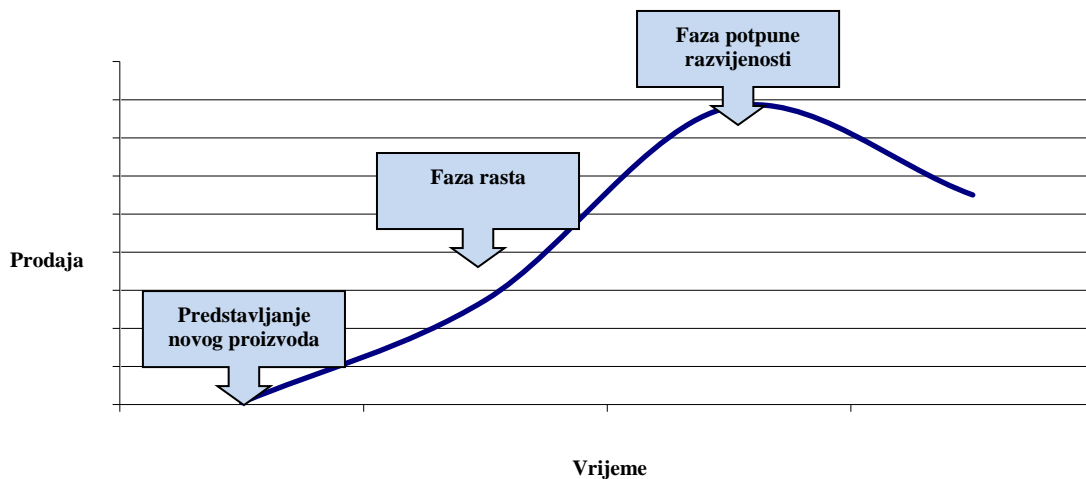
Procjena životnog ciklusa postavljena je u oštre kvantitativne okvire, a zahtijeva mnoštvo podataka da u potpunosti ispuni inventurnu komponentu svih ulaza i izlaza. To je u stvari alat koji osigurava određenu vrstu informacija koja može potaknuti istraživanja i razvoj novih materijala i tehnologija. Osim toga može ukazati na crne točke proizvodnje, koje predstavljaju rizik, koje se onda određenim metodama eliminiraju, imajući na umu hijerarhiju postupaka [88].

Procjena životnog ciklusa može djelovati na ekološku osviještenost proizvođača, ali i potrošača. Zainteresirane strane, kao što su skupine građana, nevladine organizacije, organizacije za zaštitu potrošača i slične mogu utjecati na prekid proizvodnje štetnih ili opasnih proizvoda. Moguće posljedice neposluha, nepoduzimanja mjera u kontekstu smanjenja utjecaja na okoliš, mogu oslabiti ugled proizvođača u javnosti ili pak uzrokovati pad kredibilitet poduzeća [89].

Prema Society for Environmental Toxicology and Chemistry definicija procjene životnog ciklusa je kako slijedi: životni ciklus je objektivan proces za procjenu opterećenja okoliša povezanog s proizvodom i proizvodnjom, tako da identificira i kvantizira energiju, korištene materijale, emisiju iz proizvodnje, transport i distribuciju, korištenje, održavanje, reciklažu i konačno odlaganje. Prema SATAC-u glavni ciljevi za provođenje LCA su pridonijeti

razumijevanju cjelokupnog proizvodnog sustava u odnosu na posljedice ljudske aktivnosti i zaštitu okoliša. Osim toga treba donosiocima odluka pružiti podatke u kojima su definirani ekološki učinci, da bi se identificirale mogućnosti za smanjenje utjecaja na okoliš [90].

Upravljanje životnim ciklusom proizvoda često se koristi kao informacija marketingu, razvoju proizvoda i proizvodnom planiranju (slika 2.4.1.1.) [21].



Slika 2.4.1.1. Upravljanje životnim ciklusom proizvoda [21]

Ovaj pristup opisuje aktivnosti i odabir resursa koji se odražavaju na dob i marketinški prodor proizvoda na tržište. Kod novih proizvoda marketinške aktivnosti usmjerene su na stvaranje potražnje. U ovom djelu konkurencija je mala ali je i profitabilnost niska. Kod povećanja prodaje, profitabilnost raste ali konkurencija stvara pritisak na cijenu. Kod postojećih proizvoda marketinške aktivnosti usmjerene su na brend proizvoda te održavanje i povećavanje tržišnog udjela, konkurencija je intenzivnija te se povećava pritisak k smanjenju troškova. Kad prodaja postojećeg proizvoda pada ili se stabilizira na nižoj razini, raste pritisak za profitabilnosti što dovodi do dominacije smanjenja troškova i strategije učinkovitosti. Ciljevi održivosti i aktivnosti razlikuju se ovisno o dobi proizvoda te imaju ulogu u prodaji i profitabilnosti. Održivi razvoj mora biti ugrađen u razvoj novih proizvoda, postojeće proizvode potrebno je ocjenjivati i po potrebi redizajnirati, poboljšavati ili ugaziti na tržištu.

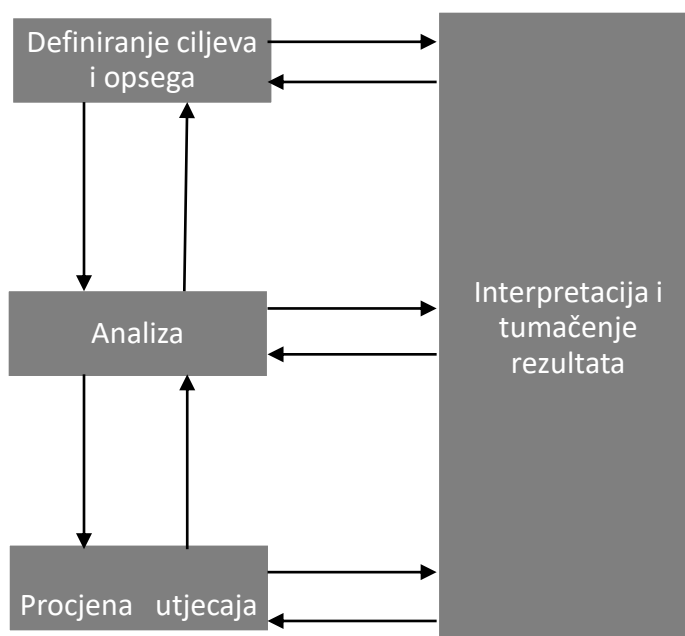
Upravljanje životnim ciklusom proizvoda i pripadajući alati za procjenu životnog ciklusa (LCA) koriste se za generiranje ekološke karte životnog ciklusa proizvoda te identifikaciju strategije poboljšanja. Njihova je svrha optimizacija sustava kao cjeline.

Ekološki učinak raznih grafičkih proizvoda provodi se metodom procjene životnog ciklusa proizvoda (LCA). LCA analiza mogućih utjecaja proizvoda na okoliš tijekom životnog ciklusa uključuje nabavu sirovina, proizvodnju, uporabu i na kraju sakupljanje, recikliranje i konačno zbrinjavanje.

Pristup životnom ciklusu u ovim fazama provodi se kroz alate, programe i postupke, koji služe za procjenu prijedloga, procesa i proizvoda iz perspektive životnog ciklusa. Životni ciklus proizvoda podupire vodeće postavke održivosti kao što je dematerijalizacija i eko učinkovitost. Dematerijalizacija se zasniva na smanjenju energije i materijala u proizvodnji, a da pri tome ne dolazi do smanjenja kvalitete proizvoda i nezadovoljstva korisnika.

LCA metoda može pomoći u identifikaciji raznih mogućnosti koje mogu poboljšati utjecaj na okoliš tijekom različitih faza životnog ciklusa proizvoda, u svrhu informiranja ljudi koji donose odluke u industriji, vladi ili nevladinim agencijama, u odabiru relevantnih pokazatelja utjecaja na okoliš, i u marketingu proizvoda.

Norma ISO14040:2016 definirala je četiri glavne faze za životni ciklus proizvoda koje su prikazane na slici 2.4.1.2. [91].



Slika 2.4.1.2. Četiri glavne faze životnog ciklusa proizvoda [91]

Značajke i funkcije svakog modula predstavljaju određeni broj logično povezanih jednadžbi. Kako bi se izgradio jedan modul, potrebne su informacije o svim ulazima (sirovine, energija) i izlazima (proizvodi, emisije, otpad, poluproizvodi).

2.4.1.1. Definiranje ciljeva i opsega

Faza definiranja ciljeva određuje cilj studije: planirani zahtjev, razloge studije, ciljane korisnike i jesu li su rezultati namijenjeni za javnu objavu. Opseg uključuje informacije o istraživanom sustavu proizvoda, funkciji sustava proizvoda, funkcionalnu cjelinu, granicu sustava, zahtjeve, ograničenja i pretpostavke, podaci visoke kvalitete i vrstu kritičkog osvrta [91].

Ključna jedinica LCA je funkcionalna cjelina i ona mora biti jasno definirana. Funkcionalna cjelina definira ono što je proučavano. Funkcionalna jedinica je referentna vrijednost, mjera funkcije, koja se proučava i čini osnovu za usporedbe između ulaznih i izlaznih tokova.

U normi ISO 14040, funkcionalna jedinica je definirana kao "kvantificirana izvedba sustava proizvoda za upotrebu kao referentna jedinica". Funkcionalna jedinica je obično 1000 kg proizvoda (npr. kutija), osim ako nije drugačije navedeno. Tako funkcionalna jedinica u grafičkoj tehnologiji može biti za sustav boja definirana kao jedinica površine zaštićene na određeni broj godina. Moguća je usporedba dvaju različitih sustava boja s istom funkcionalnom jedinicom.

Opseg i granica sustava i razina detalja u izračunu LCA ovisi o temi i namjeni studije. Tako se dubina istraživanja može razlikovati ovisno o cilju. Kao posljedica toga, rezultati različitih LCA studija ne mogu se međusobno uspoređivati bez pažljivog razmatranja njihovih funkcionalnih jedinica, granica i pretpostavki koje se odnose na izračune.

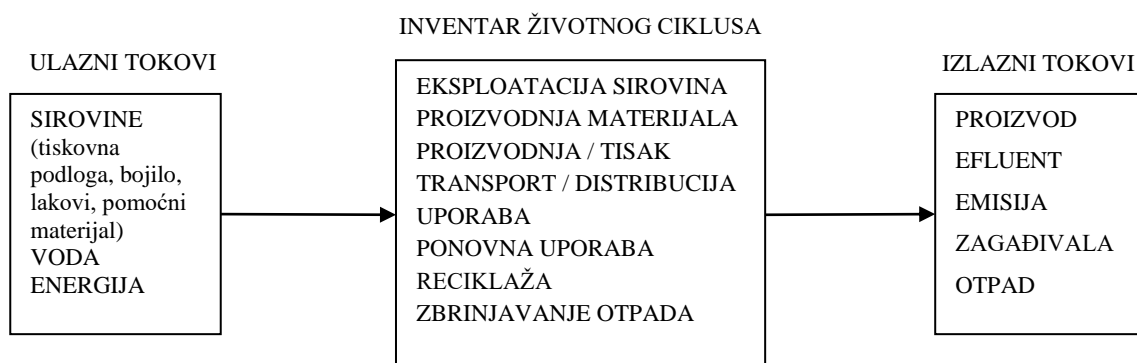
2.4.1.2. Analiza inventara LCI

Sustav analize inventara uključuje sve relevantne procese u proizvodnji, upotrebi i zbrinjavanju iskorištenog proizvoda [92]. Analiza inventara (LCI) daje informacije o ulazima u sustav i izlazima iz sustava te utjecaju na okoliš iz sustava. Podaci o svakom procesu mogu se podijeliti na:

- ulaznu energiju, sirovinu i materijale, pomoćne tvari,

- proizvodi, poluproizvodi i otpad,
- emisije u zrak, efluenti i zagađenje tla,
- ostali aspekti utjecaja na okoliša [92].

LCI podaci sastoje se od ulaza i izlaza. Prikupljaju su ulazni i izlazni podaci iz tiska i ostalih postupaka radi provođenja procjene životnog ciklusa (LCA). Ulazni podaci uključuju tiskovni materijal (papir, boja, kemikalija, itd.), vodu i energiju. Izlazni podaci sastoje se od proizvoda, različitih komponenti otpada i emisija (slika 2.4.1.2.1). Za procjenu inventara potrebni su podaci koji se nalaze u komercijalnim, industrijskim, državnim ili vlastitim bazama podataka (Packaging – Ecoinvent, Gabi Software) [93, 94]. Tipična tabela inventara može sadržavati popis velikog broja intervencija. Neke analize životnog ciklusa završavaju s ovom fazom. Međutim Eco - invent smatra se gotovo najobjektivnijim dijelom LCA analize.



Slika 2.4.1.2.1. Prikaz LCI – ulazni i izlazni tokovi za kartonski otisnuti ambalažni proizvod

2.4.1.3. Procjena utjecaja LCIA

U fazu procjene utjecaja LCIA spadaju klasifikacija, karakterizacija i procjena dobivenih rezultata prema normi ISO 14042 [95]. Analiza i usporedba opterećenja okoliša je povezana s tokovima materijala i energije determinirana u prijašnjim fazama. Konvencionalno je klasifikacija tokova uvrštena u specifične kategorije utjecaja i potreban je izbor metode.

Jedna od metoda je ReCiPeMid/Endpoint metoda [96]. Postupak metode procjene usuglašen je po principu modeliranja i izbora, ali nudi rezultate na razini srednje vrijednosti i na razini krajnjih točaka [97]. U razini srednjih vrijednosti su emisije štetnih tvari i korištenih

prirodnih resursa, koje se pretvaraju u kategoriju indikatora utjecaja u krajnje točke pokazatelja, kao što su kiselost, klimatske promjene i eko-toksičnost. Ishodni kriterij procjene usredotočuje se na tri krajnje točke pokazatelja "utjecaj na ljudsko zdravlje", "biološku raznolikost" i "trošenje prirodnih resursa". Procjena krajnjih točaka uključuje mnogo više neizvjesnosti nego pristup srednje razine.

Utjecaj kategorija koje se ocjenjuju u proizvodnji novina, časopisa i tjednika, a koriste se za procjenu utjecaja na životni ciklus su:

1. klimatske promjene koje se odnose na globalno zatopljenje kao posljedicu povećanja stakleničkih plinova,
2. kisele kiše, koje su uzrokovane emisijom prvenstveno oksida sumpora i dušika u atmosferu, a utječu na pH tla i voda,
3. eutrofikacija koja je uzrokovana emisijom fosfora i dušika u vodama, što dovodi do povećanja rasta vodenih organizama i fito plankton zbog neuravnoteženosti u eko sustavu voda,
4. fotokemijsko formiranje oksidansa pri čemu se povećava koncentracija ozona u troposferi štetna je za ljude, biljke i materijale,
5. emisije malih čestica uzrokovane industrijskom djelatnosti, proizvodnjom energije i prometa, koje mogu prodrijeti duboko u pluća i uzrokovati bolesti dišnih organa,
6. smanjenje rezervi,
7. aktualna problematika je smanjenje neobnovljivih izvora sirovina kako fosilnih tako i mineralnih.

Izloženost štetnim tvarima za ljudsko zdravlje moguće je putem hrane, pitke vode, zrakom i kroz kožu. Osim akutnih i kroničnih toksičnosti, drugi štetni učinci uključuju rizik od raka, genetskih promjena i reproduktivnih poremećaja. Osim toga treba spomenuti utjecaj na okoliš, eko - toksičnost tla, površinskih i podzemnih vodate i priobalnog mora.

U koraku karakterizacije, ekološke intervencije se prevode u rezultate za svaku kategoriju procjene utjecaja prema slijedećem obrascu:

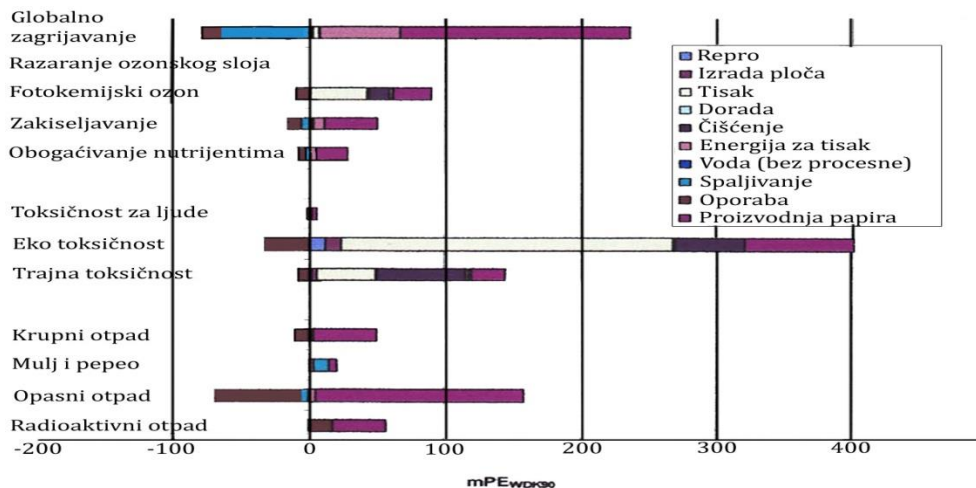
$$S_1 = 1 - j \sum (e_{ij} * E_j)$$

S_1 – rezultat utjecaja kategorije 1

E_j – veličine ekološke intervencije

e_{ij} – faktor ekvivalentnosti – označava doprinos jedne jedinice intervenciji jedinice proizvoda [98].

U ofsetnoj tehnici tiska uz pomoć metode ReCiPe, utvrđeno je da kod proizvodnje 1 T novina nastaje 375 kg krutog otpada [99]. Larsen i koautori za procjenu utjecaja na okoliš koristili su metodu EDIP i utvrdili da je dominantan utjecaj u području eko - toksičnosti oko 240 mPE [100].



Slika 2.4.1.3.1. Ponderirani životni ciklus ofsetnog otiska načinjenog na stroju za tisak na arke (Modificirano prema: Larsen, Hauschild., Hausen, 2006) [98].

2.4.1.4. Interpretacija i tumačenje rezultata

Interpretacija i tumačenje rezultata omogućuje podatke o utjecaju proizvoda na okoliš [101]. Analize za procjenu rezultata i zaključaka zasnivaju se na identifikaciji osjetljivosti analize provjeri kritičkih podataka u rezultatima i analizi nepouzdanosti. Ulazni parametri kod kojih i najmanja promjena vodi do većih promjena u rezultatima mora biti identificirana kao najkritičnija.

Analiza nepouzdanosti podataka odnosi se na rezultate čija je vjerojatnost prevelika ili približna normama.

Svrha interpretacije je pružanje mogućnosti donošenja zaključaka i preporuka na temelju rezultata i procjena utjecaja. Prednosti interpretacije i tumačenja zaključaka značajno je, da bi se zadovoljili zahtjevi definirani u ciljevima i opsegu. Za studiju životnog ciklusa LCA i studiranje analize inventara LCI treba koristiti normu ISO 14044, jer navodi zahtjeve i daje smjernice za procjenu životnog ciklusa uključujući definiranje cilja i opsega LCA, fazu analize inventara životnog ciklusa LCI, fazu procjene utjecaja životnog ciklusa LCIA, interpretaciju rezultata i kritički pregled LCA ograničenja, kao i odnos između LCA faza i uvjeta korištenja vrijednosti izbora i izbornih elemenata [102, 103].

2.4.2. Ugljikov otisak

U novije vrijeme sve veća pažnja usmjerena je na stakleničke plinove u atmosferi, osobito na porast njihove koncentracije. Plinovi staklenika su vodena para, ozon, ugljikov dioksid, dušikov oksid, sintetički plinovi, klorofluorougljikovodici, perflorougljikovodici, sumporov heksafluorid. Oni apsorbiraju toplinu zračenja Zemlje, uzrokuju zagrijavanje površine zemlje i nižih slojeva atmosfere, pa dovode do pojave globalnog zagrijavanja.

Ugljikov otisak mjera je za ukupnu emisiju plinova staklenika. Radi lakšeg utvrđivanja utjecaja emisije dogovoreno je da se utjecaj svakog stakleničkog plina izrazi kao ekvivalent ugljikovog dioksida, koji se dobije množenjem mase dotičnog stakleničkog plina s pridruženim potencijalom globalnog zatopljenja (GWP – Global Warning Potential). GWP se definira kao omjer učinkovitosti apsorbiranja sunčevog IR zračenja 1 kg određenog stakleničkog plina u točno određenom vremenskom razdoblju i učinkovitosti apsorbiranja sunčevog IR zračenja 1 kg referentnog plina – obično CO₂ u istom vremenskom razdoblju [104]. GWP se izračunava za točno određeno vremensko razdoblje, najčešće 100 godina, koje se obavezno navodi kod prikazivanja vrijednosti GWP-a [105].

Tablica 2.4.2.1. GWP vrijednosti i životni vijek nekih plinova staklenika [105]

Plin	Životni vijek (godine)	GWP (100 godina)
CO ₂	5 - 200	1
CH ₄	12	25
N ₂ O	114	298
CCl ₃ F	45	4750
SF ₆	3200	22800

Učinak određenog stakleničkog plina ovisi o njegovu životnom vijeku u atmosferi, odnosno o vremenu potrebnom da se ukloni iz atmosfere i prijeđe u neki drugi oblik.

2.4.3. Metode i smjernice za kvantifikaciju ugljikovog otiska

BSI PAS2050 Odredbe za procjenu životnog ciklusa emisija stakleničkih plinova roba i usluga su smjernice za izračun emisije ugljičnog dioksida [106]. PAS2050 se temelji na postavkama životnog ciklusa kako je definirano u ISO 14040 serije standarda LCA. Prema PAS2050 sve emisije stakleničkih plinova koje proizlaze iz fosilnih izvora potrebno je uključiti u izračune za ugljikov otisak. PAS2050 specificira granice sustava, izvore emisija

stakleničkih plinova povezane s proizvodom i uslugama koji spadaju unutar ili izvan granica sustava, zahtjeve za podacima za obavljanje analiza i izračun rezultata.

Međutim, utvrđeno je da su odredbe specifične za kategorije proizvoda i usluga, razvijene u skladu s normom ISO 14025:2006 [107]. Kroz ISO 14025:2006 uspostavljaju se načela i specificiraju postupci za razvoj programa tipa III ekološke deklaracije. Posebno se naglašava upotreba standarda ISO 14040 u razvoju programa za deklariranje okoliša tipa III. ISO 14025:2006 uspostavlja načela za korištenje informacija o okolišu, osim onih navedenih u ISO 14020:2000. Deklaracija tipa III što je opisana u ISO 14025:2006 prvenstveno je namijenjena za komunikaciju između poduzeća no njihova uporaba u komunikaciji na relaciji poslovanje – potrošač pod određenim uvjetima nije spriječena.

Norma ISO 14067:2013 [108] navodi načela i smjernice za kvantifikaciju i smjernice za utvrđivanje ugljikovog otiska proizvoda (Carbon footprint of a product, CFP) u skladu s međunarodnim standardima procjene životnog ciklusa (ISO 14040 i ISO 14044). Također su navedeni zahtjevi i smjernice za djelomičnu specifikaciju CFP. Ovaj se dokument primjenjuje na studije CFP. Čiji rezultati pružaju temelj za različite primjene. Međutim dokument se odnosi samo na jednu kategoriju utjecaja, a to su klimatske promjene.

Izračun ugljikovog otiska uključuje izbor uvjeta koji utječu na konačni rezultat. Mnogi od njih, kao što su pravila kategorije, granice sustava i kvaliteta podataka, pojavljuju se u svim proračunima. Pri analizi proizvoda od papira, dodatno specifično obilježje izaziva pitanje biogenog ugljika.

Općenito, izračun ugljikova otiska koristi samo emisije stakleničkih plinova koji potječu iz fosilnih izvora. To je zbog činjenice da biogeni sadržaj ugljika na zemlji ostaje konstanta, kao rezultat ciklusa ugljika, uz pretpostavku da ukupni volumen šuma ostaje isti. Međutim, količina biogenog ugljika u atmosferi varira tijekom vremena, ovisno o tome koliko je ugljika pohranjeno u šumama u ovom trenutku, i koliko je pohranjeno na odlagalištima. Na regionalnoj razini, bilježi se pad ugljika zahvaljujući povećanju održivog gospodarenja šumama. U održivo gospodarenim šumama izdvajanje ugljičnog dioksida iz atmosfere je u porastu, dok je neto izdvajanje ugljika od onog starih šuma bliže je nuli, jer je količina apsorbiranog CO₂ jednaka količini CO₂ nastalog putem razgradnje organske tvari [109]. S druge strane, postoje studije koje pokazuju da jako stare šume djeluju kao gutači ugljika, čak i šume stare preko 800 godina.

Uključivanje biogenog ugljičnog dioksida u izračunu ugljikovog otiska predstavlja izazov. Najvažnije pitanje uključuje bilancu ugljika u odnosu na šume i vremenski okvir. Različiti pristupi uključivanja izdvajanja ugljika u kontekstu šuma u izračunima ugljikova otiska su prezentirani [110]. Ovisno o pristupu, zaključak može biti prikazan kao prednost ili hendikep drvne industrije.

Izračun biogenog ugljika pohranjenog u proizvodima dobio je neki oblik prihvaćanja, npr. u vezi s PAS2050. Prema PAS2050, težinski faktor koji predstavlja ponderirani prosjek vremena skladištenja ugljika je izračunat ako proizvod postoji jednu godinu ili više. Utjecaj skladištenje ugljika je uključen kao negativna vrijednost u procjeni emisija stakleničkih plinova koji proizlazi iz životnog ciklusa proizvod [111]. Najveća šteta se dobije, ako je ugljik pohranjen u proizvodu od 100 godina ili više. Međutim, skladištenje ugljika je beznačajno u slučaju većine proizvoda od papira, jer je njihov životni vijek obično relativno kratak. U slučaju tipičnog proizvoda od papira, utjecaj je do 3% od ukupne emisije [112]. Knjige predstavljaju iznimke zbog svog relativno dugog životnog vijeka.

Proizvodnja kartonske ambalaže ekološki je značajna, jer je karton izrađen od prirodno obnovljivog izvora. Prema dostupnim podacima ekološka učinkovitost proizvodnje kartonske ambalaže smanjila je u posljednje tri godine ugljikov otisak za 7%, odnosno na 964 kg/T fosilnog CO_{2eq} [113]. Na osnovu metodologije korištenja BSI PAS2050 utvrđen je CO_{2eq} po toni valovite ljepenke i on iznosi 1684 kg [114]. Na osnovu Europske baze podataka o životnom ciklusu izračunat je fosilni ekvivalent za CO_{2eq} po toni ambalaže 784 kg na osnovi premise životnog ciklusa od „kolijevke do vrata“, što znači da u proračun nije uzet u obzir transport od proizvođača do kupca [115].

2.4.4. CEPI okvir za emisiju ugljičnog dioksida u proizvodima od papira

CEPI (Confederation of European paper industries) je pokrenula okvir za pitanja koja treba uzeti u obzir kod izračuna emisije ugljika u proizvodima od papira [116]. Kao BSI: PAS2050 i ovaj okvir se temelji na analizi inventara životnog ciklusa. Okvir promatra izravne i neizravne emisije, sekvestraciju ugljika u šumama i na proizvodima, vrijednost bioenergije i koncept izbjegnutih emisija. Postavke se temelji na deset ključnih elemenata, deset postulata ugljikovog otiska. Međutim, okvir omogućuje pojedinim tvrtkama različite izbore ali ne daje smjernice o metodološkim problemima, npr. kako izračunati ugljik zarobljen u šumama. CEPI PRINT i CEPI FINE objavili su zaseban Korisnički vodič za

emisije ugljika u grafičkom papiru v1.0 [117]. Korisnički vodič se temelji na 10 postulata i pruža informacije o metodologiji izračuna izvora podataka koji se mogu primijeniti kod izračuna emisije ugljičnog dioksida za grafičku proizvodnju.

Postulati Konfederacije europske papirne industrije [118]:

1. sekvestracija ugljika u šumama – održivo gospodarenje šumama (SPF) osigurava zalihe ugljika u šumama, tako da oni ostaju nepromijenjeni ili će se vremenom čak i poboljšati,
2. ugljik iz proizvoda od drva – proizvod sadrži ugljik iz biomase dok je u uporabi,
3. emisije stakleničkih plinova iz proizvodnih pogona koji prerađuju drvo - generiran iz izgaranja fosilnih goriva u proizvodnim pogonima koji prerađuju drvo, uključujući primarne proizvođače i proizvodne pogone finalnih proizvoda,
4. emisije stakleničkih plinova povezane s proizvodnjom vlakana – za proizvodnju čistih vlakana podrazumijevamo upravljanje šumama i sječu šuma, a za preradu vlakana uključuje se proces prikupljanja, sortiranja i obrade prije nego što se počne s procesom recikliranja,
5. emisije stakleničkih plinova povezane s proizvodnjom druge sirovine materijala / goriva – nastaju tijekom proizvodnje temeljenih sirovina (npr. kemikalija i aditiva), koji se koriste u preradi kao i izravne emisije i emisije povezane s energijom za proizvodnju te sirovine,
6. emisije povezane s proizvodnjom električne energije, pare i grijanja, koje se koristi u proizvodnim pogonima za preradu drva, uključujući mlinove celuloze, mlinove starog papira i kartona te proizvodne pogone finalnih grafičkih proizvoda,
7. emisije stakleničkih plinova vezane za transport,
8. emisije povezane s korištenjem proizvoda,
9. emisije povezane s proizvodom na kraju njegova životnog ciklusa – emisija koje se javlja nakon uporabe proizvoda. Ona se sastoji uglavnom od CH₄ uslijed anaerobne razgradnje proizvoda u odlagalištima,
10. izbjegavati emisije.

Trenutno, točke od 2 do 8 uključene su pri izračunu emisije ugljikovim otiskom za proizvode od papira u „business-to-business“ svrhe (odnosno „od kolijevke do vrata“) prema PAS2050. Međutim, točke od 2 do 8 obično ne utječu na rezultat budući da primjena proizvoda od papira nije dulja od jedne godine (ugljik pohranjen u proizvodu) i korištenje papira ne uzrokuje emisije. Točka 9 će biti uključena u slučajevima čiji se djelokrug proteže „od kolijevke do groba“. Točka 10 samo dijelom se uzima u obzir. Prema tome PAS isključuje ovu točku. To znači kompenzaciju dobivenih emisija stakleničkih plinova npr. ulaganjem u projekte koji smanjuju emisije stakleničkih plinova i drugo. Kompenzacija može

uključivati ulaganja u bio - energiju ili projekte krčenja šuma. Međutim, izbjegavati emisije u skladu s točkom 10 može biti kada, npr. mlin za celulozu daje višak energije koja se prodaje i koristi za druge svrhe.

2.5. ENVIMAT - ekološki prošireni ulazno - izlazni model

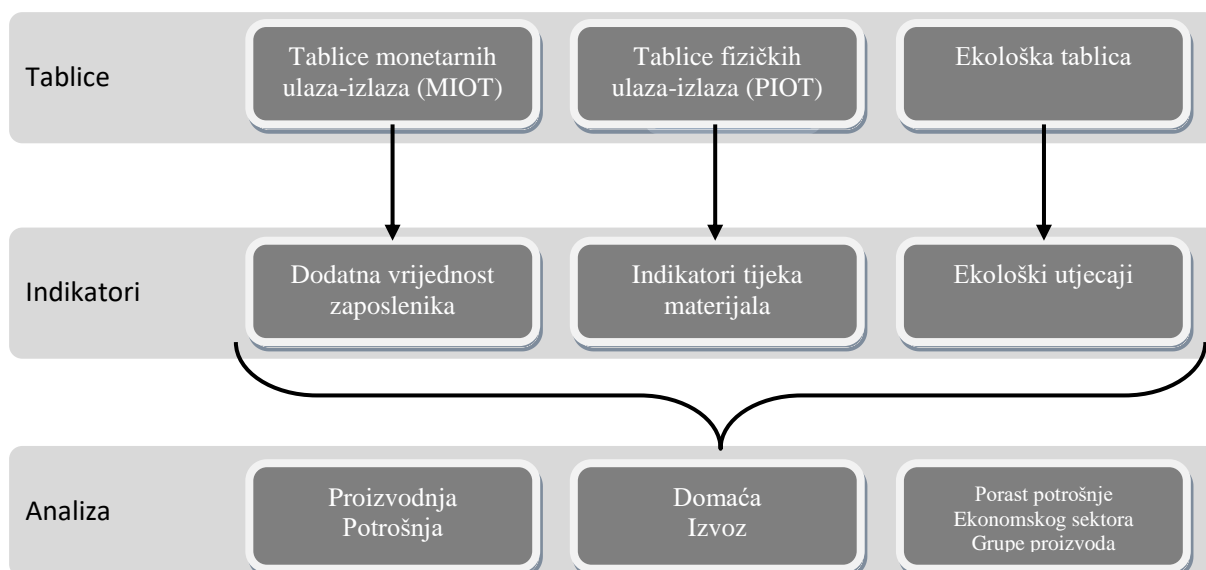
ENVIMAT model se koristi za analizu odnosa između toka materijala, utjecaja okoliša i ekonomije. Model se osniva na monetarnom i fizičkom ulazu-izlazu i procjeni ekološkog utjecaja životnog ciklusa, te ekonomije [119].

ENVIMAT model pripada skupini ekološki proširenog ulazno - izlaznog (EE-IO) modela. Također je hibridni LCA model zbog uporabe LCA metodologije za procjenu utjecaja ulaza. Osnovni elementi modela su monetarna ulazno - izlazna tablica (MIOT), fizička ulazno - izlazna tablica (PIOT) i procjene utjecaja na okoliš. Rezultati utjecaja životnog ciklusa cijelog gospodarstva ili pojedinih industrija može biti prikazan preko indikatora utjecaja na okoliš u kategoriji (klimatskih promjena, eutrofikacija), pokazatelja protoka materijala, dodane vrijednosti i zaposlenosti. Sadržaj ENVIMAT modela prikazan je na slici 2.5.1.

Model monetarnog ulaza - izlaza temelji se na tablici nabave i uporabe koja se nalazi u Statističkom zavodu. Tablica je podijeljena na domaće i uvozne proizvode. Svi novčani tijekovi između industrije definiraju se pomoću kalkulacijskih matrica.

Industrijsko - industrijski ulazno - izlazni model za domaće proizvode riješen je tablicom domaćih dobavljača i korisnika. Za uvoznike se primjenjuje detaljna proizvodno - industrijska tablica s brojem uvezenih proizvoda.

Fizička ulazno - izlazna tablica izgrađena je istim sistemom kao i monetarna [120]. U fizičkoj ulazno - izlaznoj tablici tokovi roba se mjere u jedinicama mase. Fizičke ulazno - izlazne tablice se koriste za procjenu TMR (Total Material Requirement) indeksa za domaću proizvodnju i uvoz kako bi se olakšala primjena LCI podataka za procjenu okoliša.



Slika 2.5.1. Struktura ENVIMAT modela

Ekološke tablice (emisije u zrak, efluenta, uporaba abiotičkih prirodnih resursa, korištenje zemljišta) uključuju zajedno varijable emisije. One su izrađeni za svaku domaću industriju iz nacionalne baze emisija. Ove 74 varijable utjecaja na okoliš svrstane su u 10 kategorija utjecaja na okoliš korištenjem karakterizacijskih čimbenika. Modificirani postupak ReCiPe metode (Sleeswijki i sur. 2008) korišten je za procjenu utjecaja na životni ciklus (LCIA). Međutim, u kontekstu ovog izvješća, razmatran je samo utjecaj na klimatske promjene.

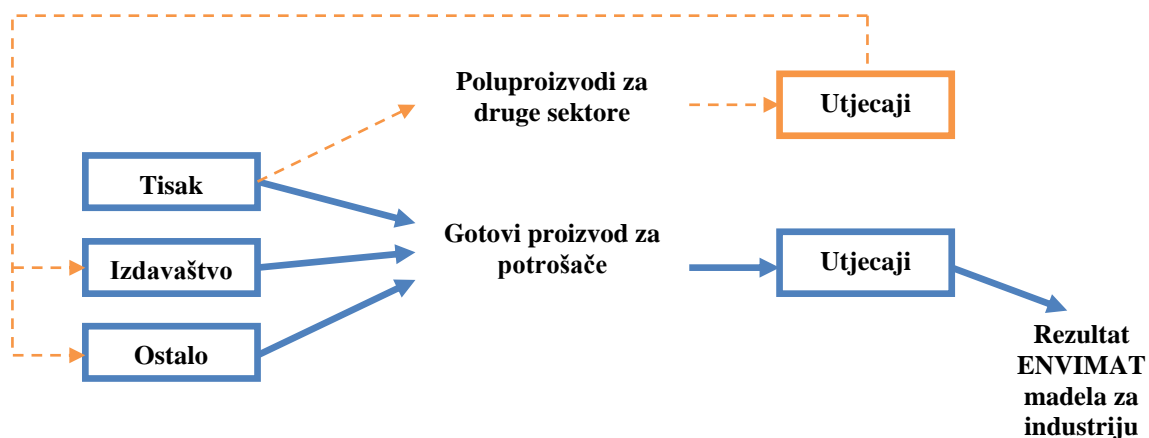
2.5.1. Otisnuti proizvodi i ENVIMAT model

Od 150 različitih industrija uključenih u ENVIMAT model, dva se odnose na tiskane proizvode, i to Izdavaštvo (SIC 221) i Tisak (SIC 222) (SIC = standard industrial classification) [121].

U ENVIMAT modelu rezultati se mogu sažeti na 15 ili 31 industrijsku granu pri čemu su oni za tiskane proizvode uključeni u sektoru šumarstva među raznim proizvodima. U klasifikaciji od 31 industrije, šumarski sektor je podijeljen u tri klase: proizvodnja drva i pluta (SIC 20), proizvodnja celuloze, papira i proizvoda od papira (SIC 21) te izdavaštvo i tisak (SIC 22). Nadalje, u najnižu razinu agregacije (150), Sektor 22 je podijeljen na Izdavaštvo

(221), Tisak i uslužne djelatnosti povezane s tiskom (222) te umnožavanje snimljenih zapisa (223).

U ENVIMAT modelu, rezultat pokriva samo konačne proizvode svake pojedine industrije, uključujući utjecaj njihova životnog ciklusa utjecaja tijekom cijelog lanca. To je zbog činjenice, kada se gleda nacionalno gospodarstvo kao cjelinu da treba izbjegavati preklapanje. Na primjer, s gledišta grafičkog sektora: životni ciklus gotovog proizvoda u ovom sektoru (ide ravno do potrošača) je prikazan kao rezultat sektora tiska u ENVIMAT modelu. S druge strane, sektor također proizvodi tiskarske usluge za druge sektore npr. za sektor izdavaštva. Učinci tih usluga su uključeni u rezultatima izdavačkog sektora, jer su dio lanca vrijednosti u izdavačkom sektoru. Ako su bili uključeni u oba sektora, dupliranje će biti neizbježno. Načelo životnog ciklusa ENVIMAT modela je prikazano na slici 2.5.1.1.



Slika 2.5.1.1. ENVIMAT model za završni proizvod i poluproizvod

Vrlo je važno ispravno shvatiti kako se rezultati ENVIMAT metode mogu interpretirati. Rezultati sektora tiska pokrivaju samo 17 % ukupnog utjecaja životnog ciklusa, gdje je poluproizvod dominantan. Udio poluproizvoda iznosio je oko 83 %. U sektoru izdavaštva udio poluproizvoda je znatno manji, samo 40 %, a time i rezultati ENVIMAT metode pokriva 60 % ukupnih utjecaja na okoliš u tom sektoru [122].

Sljedeće poglavlje donosi kratku procjenu ekoloških pokazatelja za proces tiska, temeljem literature i podataka prikupljenih u istraživanju. Nadalje, tu je objašnjeno kako tehnologija tiska utječe na održivost okoliša. Konačno, promjene performansi tiska u odnosu na okoliš promatraju se u smislu energije i materijalne učinkovitosti.

Održivost proizvoda, tvrtke ili tehnologije mora se prilagođavati i unaprijediti. U tom smislu, promjene u održivosti treba definirati i mjeriti. Pokazatelji održivosti obuhvaćaju ekološke, ekonomske i društvene pokazatelje. Osim toga, za pojedine industrijske grane potrebno je uzeti u obzir posebne značajke određene industrije. Pokazatelji će olakšati mjerenje učinka održivosti i omogućiti vrednovanje utjecaja na okoliš. Oni pružaju informacije za prikupljanje podataka na temelju propisa i zakona. Dakle, pokazatelji održivosti pružaju informacije za komunikaciju sudionika i vlasti.

Klimatske promjene i emisije stakleničkih plinova su dva najvažnija utjecaja na okoliš o kojima se danas govori. Nadalje, tu je aktivna rasprava o oskudici resursa, uključujući potrošnju vode. Očito, pokazatelji su potrebni. Međutim, ne postoji jedinstveno mjerenje ili pokazatelj koji se može koristiti za izražavanje učinkovitosti zaštite okoliša tiskanog proizvoda, tiskarskih tvrtki ili grafičke industrije.

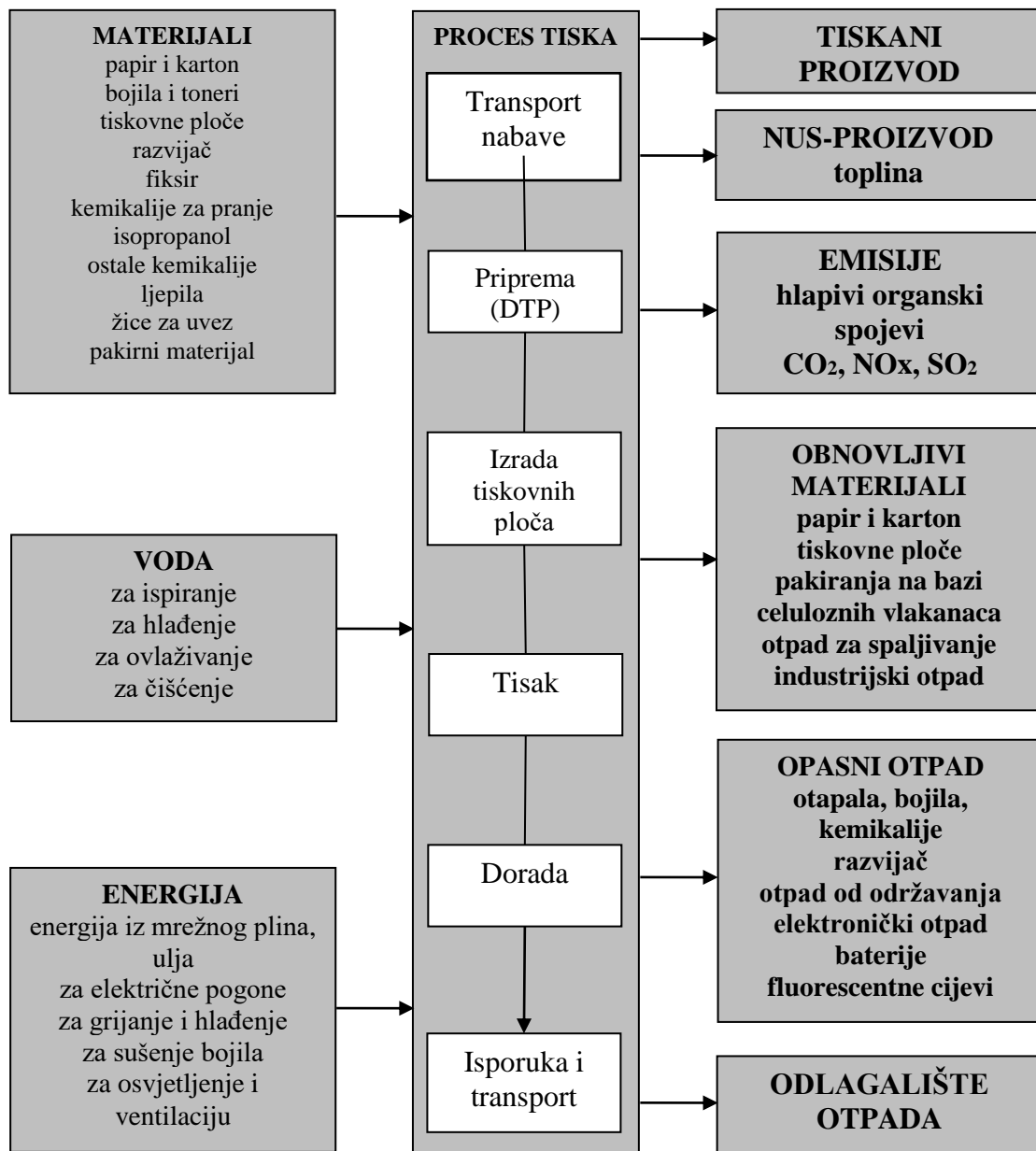
Tu je bitno da tiskara odabere prave pokazatelje koje će pratiti. Definiranje pokazatelja nije jednostavan zadatak, a njihova primjenjivost uvijek treba biti provjeravana kako bi se osiguralo da sve skupljene informacije budu relevantne. Tako izbor pokazatelja ovisi o tome koja su nam pitanja najinteresantnija, te dostupnost nadzora cijelog sustava. Relevantni pokazatelji mogu se razlikovati između različitih tehnika tiska, npr. iznos kemikalija koje se koriste u procesu značajno variraju između različitih tehnika.

U ranijim istraživanjima, neki pokazatelji se koriste za opisivanje utjecaja tiska na okoliš. Za tiskarsku industriju specifične pokazatelje predlaže cjelovita studija Pihkola i Enroth [123]. Studije predlažu pokazatelje utjecaja na okoliš iz područja energije, vode, materijala, prijevoza, emisija i otpada. Pihkola također predstavlja ekonomske pokazatelje za troškove energije, vodoopskrbe, prometa i otpada, a Enroth ocrtava modele socijalnih pokazatelja o tome kako su kupci zadovoljni politikom pojedine tvrtke na očuvanje okoliša [124].

Za izražavanje utjecaja na okoliš, potrebno je da se odnosi na ulazne i izlazne podatke dovedu u funkcionalnu cjelinu u odnosu na obujam proizvodnje. Mnoge studije najčešće koriste kao funkcionalnu cjelinu, jednu tonu tiskanih proizvoda. Ostali kao funkcionalnu jedinicu koriste (milijune) četvornih metara tiskanih proizvoda i tona konzumiranog papira. Prvobitni odražava prirodu tiskanih proizvoda, tiskane stranice su usko povezane s površinom

papira nego težina, potonji se mogu lakše objasniti, jer težina proizvoda ne mora uvijek biti tiskana. Kod digitalnog tiska, funkcionalna jedinica je 100 A4 stranica.

Funkcionalna jedinica primijenjena u ovom istraživanju bila je 1000 kg tiskanih proizvoda (osim ako nije drugačije navedeno). Glavne ulazne i izlazne kategorije u procesu tiska prikazane su na slici 2.5.1.2.



Slika 2.5.1.2. Primjer ulaza i izlaza u procesu tiska [124]

Da bi mogli koristiti ulazne i izlazne podatke o proizvodu temeljene na izračunima LCA ili ugljikovom otisku, podatke treba rasporediti po različitim proizvodima.

2.6. Postojanost papirne i kartonske ambalaže

Papir je podložan mnogim promjenama. Promjene koje nastaju događaju se na površini papira i u unutrašnjosti. Degradacija papira može biti: hidrolitička, termička i/ili fotolitička uzrokovana svjetlošću [125, 126]

Prirodnim starenjem papir žuti, gubi čvrstoću i postaje krhak [127]. Gubitak boje je prirodni proces starenja papira uzrokovan utjecajem svjetla, vlage i zraka.

Fotodegradacije papira ovise o ulaznoj energiji elektromagnetskog zračenja koju može apsorbirati jedna ili više tvari, što je energija fotona veća, veći je utjecaj na papir. Vrlo bitan faktor kod fotodegradacije je vrijeme učinka. Ukoliko se i intenzitet zračenja smanji na minimum, materijal će degradirati zbog dugotrajnog izlaganja. Povećanjem temperature degradacija će biti veća i razornija za podlogu [128].

Produkti povišenja temperature i utjecaja zračenja manifestiraju se fotolizom peroksida koji oksidira čestice pigmenta, papir blijedi, oksidacijom lignina, on poprimi blijedo žutu boju.

Obično prozorsko staklo propušta samo 90 % UV - A zraka (400 - 315nm) i 10 % ostalih, UV - B (315 - 280nm) i UV - C (280 - 100nm) zraka manjih valnih duljina tj. u područjima niskog intenziteta događa se degradacija materijala uz produženo vrijeme izlaganja [127].

Fotoliza se isto povećava pomoću aditiva i nečistoća koje bolje apsorbiraju svjetlost nego polimer. Efekt pojedinog kromofora ovisi o količini apsorbirane energije, o apsorpciji spektra, o broj kemijskih reakcija koje izazove jedan apsorbirani foton i reaktivnosti radikala koji nakon toga nastaje [126].

Zagađenost zraka raznim plinovima ima utjecaj na razgradnju i degradaciju materijala. Oksidi sumpora i sumporni dioksid (SO_2), oksidacijom prelaze u sulfatnu kiselinu, dok dušikov oksid i dušikov dioksid (NO_2) u doticaju s vlagom stvaraju nitratnu kiselinu, koja ima korozivno djelovanje. Tako nastale kiseline nagrizzaju papir i u većini slučajeva utječu na njegova mehanička svojstva zbog uništavanja celuloznih vlaknaca. Kod reakcija s ozonom

papir može promijeniti boju, te na površini istog mogu nastati mrlje [125]. Sve reakcije ubrzavaju se pod utjecajem vlage i sunčeve svjetlosti.

2.7. Procjena pokazatelja i rezultata u zaštiti okoliša

2.7.1. Reciklaža papira

Papir je jedan od materijala koji je moguće reciklirati i time omogućiti primjenu zatvorenog kružnog toka, što je jedna od bitnih postavki održivog razvoja.

Razvlaknjivanjem se iz strukture papira izdvajaju pojedinačna vlakna pri čemu se od samih vlakana odvajaju čestice tiskarske boje. Ovaj proces se vrši u tzv. pulperima. Oni imaju propelere čija rotacija dovodi do razvlaknjivanja. Pritom se u vodu dodaju odgovarajuće kemikalije te se prate važni parametri - konzistencija pulpe, pH vrijednost, temperatura i trajanje postupka. Voda koja se upotrebljava za razvlaknjivanje najčešće je procesna voda iz tvorničkog sustava.

Iz razvlaknjene suspenzije se mogu selektivno odvajati čestice pomoću mjehurića zraka. Taj se postupak naziva deinking flotacija i funkcionira tako da se čestice boje hvataju na mjehuriće i tako izlaze na površinu čime nastaje pjena koju je potrebno uklanjati. Do odstranjivanja nepoželjnih čestica doći će ako se one sudare s mjehurićem i prihvate na njega. Dodavanjem flotacijskih kemikalija osigurava se veća hidrofobnost čestica boje te se time povećava učinkovitost procesa.

Uvjeti koji utječu na uspjeh flotacije mogu se podijeliti kako slijedi:

- svojstva čestica – npr. veličina, broj, oblik, kemizam površine, itd.,
- veličina i broj mjehurića te kemizam površine i dispergiranost,
- stupanj miješanja, tj. vrijeme i intenzitet flotacije,
- procesni uvjeti, npr. vrsta otpadnog papira u postupku, količina pepela, svojstva vlakana, pH suspenzije, temperatura itd.

Učinak postupka deinking flotacije mjeri se koncentracijom zaostale boje u uzorku (ERIC), te postignutom svjetlinom pulpe koji se mjere spektrofotometrijskim mjerenjima i slikovnom analizom i drugim metodama.

Reciklirani papir je znatno bolji za okoliš od papira s djevičanskim vlaknima jer: čuva šume, čuva resurse, stvara manje onečišćenja tijekom proizvodnje i smanjuje kruti otpad. U literaturi se ovo pitanje dosta istražuje, a Bajpan tvrdi da se za tonu recikliranog papira u odnosu na tonu djevičanskog papira smanjuje uporaba: drva za 100 %, otpadne vode za 33 %, potrošnja energije za 27 %, emisije čestica zraka za 28 % i krutog otpada za 54 % [129].

Recikliranje otpadnih tiskovina također ima negativne učinke na okoliš: zahtijeva uklanjanje bojila iz otiska i plastičnog polimera iz uredskog otpada i često sadrži dioksine [130]. Nadalje, recikliranje otpadnih papira proizvodi mulj koji sadrži mala vlakna, bojila iz procesa deinkinga i punila. Neka od bojila za tisak sadrže teške metale (bakar, olovo, cink, krom i kadmij) i otapalo.

2.7.2. Alternativna vlakna u proizvodnji papira

Posljednjih godina s porastom ekološke svijesti, sve je više istraživanja na području alternativnih vlakana za proizvodnju papira. Literatura je opisuje vlakna na bazi pšenične slame, banane, kenafa, kukuruza, bambusa, slonove trave, kao baze celuloze i papira [131 - 136].

LCA studije pokazuju da vrsta vlakana pridonosi malom broju svih ugroženosti okoliša u usporedbi s operacijama pulpama. Energetski i ekološki utjecaji pripreme pulpe i papira mogu dominirati ukupnim utjecajima na okoliš; ti utjecaji mogu biti važniji od izbora vlakana i trebali bi se uzeti u obzir u ukupnoj procjeni agrokulturnih ulaza [137].

Proučavani su novi alternativni procesi pripreme pulpe prema visoko kontaminiranim klasičnim procesima za dobivanje papira s prihvatljivim svojstvima koja dolaze od nekonvencionalnih sirovina koje se dobiju tretiranjem alternativnim procesima, što je put do održive i ekonomske proizvodnje.

Alge su alternativna sirovina za proizvodnju papira i to je rješenje globalnih utjecaja na okoliš: sječū šuma i globalno zagrijavanje. Alge sadrže niske ligninske spojeve u stanici te nema problema povezanih s uklanjanjem lignina kao s celulozama dobivenim od drva i drugih vaskularnih biljaka [138].

Papir proizveden iz crvenih algi kao *Gelidium* ima nižu temperaturu kuhanja, kraće vrijeme i uporabu manje kemikalija u usporedbi s drvnom pulpom [139]. Vlakna od algi su finije i jednoličnije u duljini, što poboljšava njegovu upotrebu u proizvodnji papira od

djevičanskih vlakana i recikliranog papira. Lee et al. objavljuje da bijeljena vlakna od crvene alge pokazuju višu termičku stabilnost od one koju ima kristalizirana celuloza [140].

Seo i koautori uspoređivali su ručno rađene arke na bazi algi s ručno rađenim arcima na bazi drva iste težine [141].

Posebna pažnja posvećena je istraživanju zelenih algi odnosno morskih algi (*Cladophora* sp., *Ulva* sp., *Rhizoclonium*) kao sirovine za izradu papira. Tako su istraženi postupci pripreme pulpe, fizikalno-kemijska svojstva, strukturna svojstva, parametri jediničnih stanica, stupanj kristalnosti i mehanička svojstva [142 - 145].

3. METODIKA

3.1. Materijali

3.1.1. Bojila, lakovi i kemikalije

U radu su korištena četiri procesna komercijalna ofsetna bojila (CMYK) iz tri Sun Chemical serije kako slijedi: SunLit Diamond (oznaka **B₁**), SunLit Express (oznaka **B₂**) i SunLit SKF (oznaka **B₃**).

Bojilo **B₁** (SunLit Diamond) je inovativno ofsetno bojilo za tisak na papiru i kartonu i prikladno je za tisak ambalaže. Značajke tog bojila su da ne sadrži mineralna ulja, već je načinjeno na biljnoj osnovi. Prema navodima proizvođača sadrži 78 – 82 % obnovljive sirovine [146]. Ne sadrži teške metale: Sb, As, Cr(VI), Pb i Hg. Osim toga ne sadrži kobalt, kao tvar za sušenje. Nije prikladna za tisak na folije i tisak ambalaže za prehrambene proizvode bez funkcionalne barijere. Proizvedena je u skladu s normama ISO 2846-1 i ISO 12647-2 [147, 148]. Prema sigurnosno-tehničkom listu koji je izrađen u skladu s Uredbom (EZ-a) br. 1907/2006 bojilo nosi oznaku upozorenja H412 štetno za vodeni okoliš s dugotrajnim učincima [149].

Bojilo komercijalnog naziva SunLit Express (oznaka **B₂**) je bojilo za visoku produktivnost serija i posebno je oblikovano za brzi rad i promjene u ofset tisku araka. Značajke ove boje su, da je na biljnoj osnovi i bez mineralnih ulja. Bojilo sadrži > 70 % obnovljive sirovine. Pigmenti ne sadrže Sb, As, Cr (VI), Pb i Hg [150]. Osim toga bojilo je proizvedeno u skladu s standardima ISO 12647-2 i ISO 2846-1 [147, 148]. Proces sušenja zasniva se na penetraciji i u velikoj mjeri oksidaciji. Prema sigurnosno - tehničkom listu koji je izrađen u skladu s Uredbom (EZ-a) br. 1907/2006 bojilo nosi oznaku upozorenja H412 štetno za vodeni okoliš s dugotrajnim učincima [149].

SunLit SKF(oznaka **B₃**) je komercijalni naziv za bojilo koje je pogodno za tisak papira i kartona u ofsetnom tisku na arke. Značajka ovog bojila je da sadrži neobnovljivu sirovinu – mineralno ulje. Tvari klasificirane kao toksične i vrlo toksične, pigmenti na osnovi spojeva Sb, As, Cr (VI), Pb i Hg, otapala, plastifikatori i katalizatori za sušenje na bazi kobalta su isključeni u sastavu ovog bojila [151]. Bojilo je proizvedeno u skladu s standardima ISO 2846-1 i ISO 12647-2 [147, 148]. Prema sigurnosno-tehničkom listu koji je izrađen u skladu s

Uredbom (EZ-a) br. 1907/2006 bojilo nosi oznaku upozorenja H412 štetno za vodeni okoliš s dugotrajnim učincima [149]

Za lakiranje je uporabljen vododisperzivni lak HI-Coat W6000 (oznaka **L₁**). To je vrsta laka koja se relativno brzo suši, daje sjajni efekt otisku te je odlična zaštita otiska protiv otiranja. Prikladan je za lakiranje ambalaže za pakiranje hrane, te se upotrebljuje kao primer lak za kasnije UV lakiranje. Prema dokumentaciji proizvođača, količina olova, kroma, kadmija i žive sukladna je ukupnom maksimalnom pragu dane Direktivom 94/62/EZ [152]. Primijenjen je propis koji se odnosi na ograničenje upotrebe određenih epoksi derivata.

Dio otisaka za istraživanje lakiran je UV lakom RG-66 VP 1038 (oznaka **L₂**). To je vrsta laka koja je prikladna za inline lakiranje, brzo se suši te otiscima daje visoki sjaj [153]. Za visoku reaktivnost u procesu sušenja zaslužne su UV lampe koje aktiviraju fotoinicijatore i započinju proces polimerizacije monomera.

U eksperimentalnom dijelu u procesu uporabe otisaka metodom u tri faze korištene su kemikalije kako slijedi: 1 % otopina H₂O₂, 2 % otopina silikata i 1 % otopina NaOH.

3.1.2. Tiskovne podloge

Za eksperimentalno otiskivanje korišten je karton Kromopak (oznake **P₁**) gramature 275g/m² te karton Shiro Alga Carta (oznake **P₂**) gramature 300g/m².

Kromopak (**P₁**) spada u grupaciju GC2, ekološki pogodnih kartona. On se sastoji od 60 % djevičanskih vlakana, 30 % visoko kvalitetnog post industrijskog vlakana, bezdrvnog, neotisnutog bijelog papira i 10 % premaza [154]. Prednja strana Kromopaka sadrži troslojni pigmentni premaz, dok je poleđina samo jednostruko premazana. Karton se odlikuje većom glatkošću u odnosu na slične kartone, što se odražava na interakciju bojila i podloge. Kromopak ima certifikate FSC® (znači da se šumom gospodari prema strogim ekološkim, socijalnim i ekonomskim standardima) i PEFC™ (naljepnica potvrđuje da je drvena sirovina koja je upotrijebljena u izradi konačnog proizvoda potjecala iz održivog gospodarenja šumom).

Druga podloga koja je korištena u istraživanjima je karton Shiro Alga Carta (**P₂**), koji sadrži obrađene cvjetove algi koji rastu u Jadranskom moru (patentirano i proizvedeno Favini

Italija) [155]. Interes za zelene alge opravdan je činjenicom da one predstavljaju neželjeni globalni ekološki problem.



Slika 3.1.2.1. Morske alge u Venecijskoj laguni(https://encryptedtbn0.gstatic.coimages?q=tbnANd9GcRnRzWelfX8kMhsVF-ADMMP5AgJbW58fUUXDGGXyfx_IfAN-DZNI)

Te alge ugrožavaju ravnotežu ekosustava, a s druge pak strane njihova fizikalno-kemijska svojstva su korisna. Jedna od njihovih primjena je u proizvodnji papira. Svake godine prikupljeno je 50 000 tona mokrih algi, što je u proizvodnji papira ekvivalentno 30 000 tona stabala.



Slika 3.1.2.2. Postupak sakupljanja morskih algi (http://2.bp.blogspot.com/_IMPkzQW_ahY/TDhyRNzT9ZI/AAAAAAAAABvg/F3FNoUhm2jM/s1600/alga+venice.jpg)

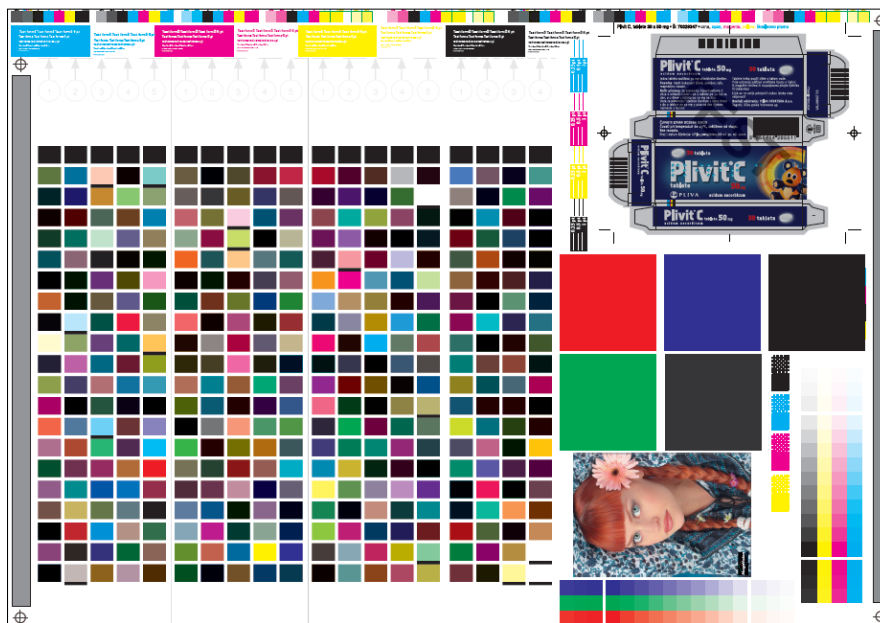
Alge se skupljaju iz lagune, suše se i tretiraju u mlinu na veličinu čestica manju od 500 μm [155]. Tako pripremljene alge koriste se u djelomičnoj supstituciji celuloze uz FSC vlakna. Dobiveni papir je ekološki povoljan, a mrljice su zapravo usitnjene alge.

Tabela 3.1.2.1. Optičke karakteristike kartona P₁ i P₂

Optičke karakteristike	Karton P ₁	Karton P ₂
Gramatura g/m ²	275	300
Svjetlina %	86,64	85,46
L*	93,52	93,08
a*	0,62	2,84
b*	-0,85	-9,30
Bjelina %	88,06	125,65
Opacitet %	97,95	96,04

3.2. Dizajniranje test forme

Za potrebu ove doktorske disertacija izrađena je specijalna tiskovna forma formata 350 x 500 mm (slika 3.2.1.) koja sadržava slijedeće tiskovne elemente za određivanje kvalitete kolorne reprodukcije. To su: standardni CMYK RGB stepenasti klinovi u rasponu od 10 do 100 % RTV, fini rasteri u niskim i visokim tonskim vrijednostima (1 %, 3 %, 6 %, 94 %, 97 % i 99 %). Forma također sadrži dvije kolorne ilustracije (ISO fotografija i referentna kartonska kutija za farmaceutsku industriju). Uz takvu kutiju otisnuti su tekstualni pozitivski i negativski mikroelementi zajedno sa klinovima za određivanje sivoće. Najveći dio forme čini standardni klin od 378 polja pomoću kojih je moguće izraditi ICC profile i 3D pripadajući kolorni gamut.



Slika 3.2.1. Test forma formata 350 x 500 mm

3.3. Instrumenti i ostali pribor

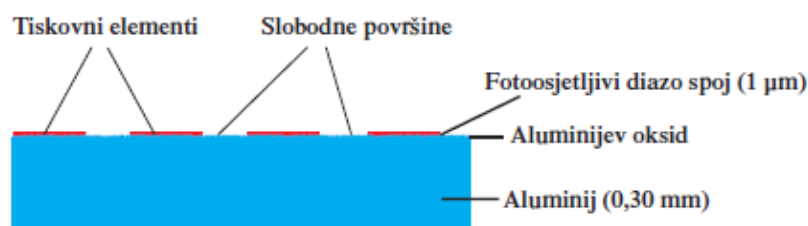
3.3.1. Ofsetni stroj ROLAND 705

Ofsetni tisak je danas u hrvatskoj grafičkoj industriji najzastupljenija tiskarska tehnika. U njoj se proizvode najreprezentativniji grafički proizvodi kao što su: monografije, višebojni časopisi, zahtjevna kartonska ambalaža, brošure, plakati, leci, poštanske marke, diplome,

omoti i sl. Razlog takvoj popularnosti su jednostavan pripremni proces i visoko kvalitetna konstrukcija ofsetnih strojeva, kojima se postiže kvalitetan otisak niske proizvodne cijene.

Ofsetni tisak je konvencionalna tehnika tiska s obzirom na činjenicu da se bojilo s tiskovne forme na tiskovnu podlogu prenosi posredstvom pritiska. Od ostalih konvencionalnih tehnika (duboki tisak, visoki tisak), se razlikuje po tome što su u ovom slučaju tiskovni elementi i slobodne površine praktički u istoj ravnini. Otiskivanje je moguće radi razlike u fizikalno-kemijskim svojstvima tiskovnih i slobodnih površina.

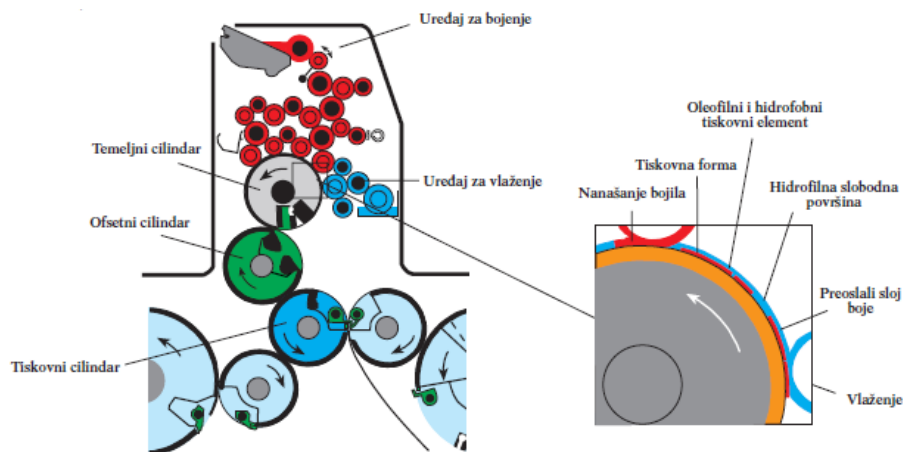
Tiskovna forma za ofsetni tisak (slika 3.3.1.1.) ima tiskovne elemente i slobodne površine gotovo u istoj ravnini (razlika je u nekoliko mikrometara). Osnovni princip baziran je na fizikalnoj pojavi močenja. Slobodne površine su hidrofilne i oleofobne, za razliku od tiskovnih elemenata koji su oleofilni i hidrofobni.



Slika 3.3.1.1. Tiskovna forma za ofsetni tisak

Danas je najčešće korištena tiskovna forma za ofsetni tisak monometalna aluminijska ploča. Takve ploče su obično debljine 0,3 mm, i površina im je oslojena tankim fotoosjetljivim diazo slojem. Osvjetljavanjem definiranim svjetlosnim izvorima, te kasnijim razvijanjem, nastaje tiskovna forma sa slobodnim površinama (aluminijev oksid) i tiskovnim elementima (kopirni sloj). Tiskovna se forma montira na temeljni cilindar (slika 3.3.1.2.), i tijekom tiska ona je u direktnom doticaju s uređajem za vlaženje i obojenje.

Na cijelu površinu tiskovne forme nanosi se otopina za vlaženje koja se prihvaća samo na slobodne površine. Zatim se nanosi bojilo, koje se prihvaća na tiskovne elemente i preko ofsetnog cilindra prenosi na tiskovnu podlogu. Upravo radi takovog postupka ofsetni tisak se ubraja u indirektno otiskivanje.



Slika 3.3.1.2. Osnovna tiskovna jedinica za ofsetni tisak i osnovni princip obojenja tiskovne forme

Sustav cilindara sastoji se od temeljnog cilindra, ofsetnog prijenosnog cilindra i tiskovnog cilindra. Na temeljni cilindar se postavlja tiskovna forma. Ofsetni cilindar omogućava prijenos otiska s tiskovne forme na temeljnom cilindru na tiskovnu podlogu koja je za vrijeme tiska obavijena preko oplošja tiskovnog cilindra. Bojilo s tiskovne forme u izravnom kontaktu prelazi na gumenu navlaku, a onda s gumene navlake na tiskovnu podlogu. Osnovna zadaća tiskovnog cilindra je transport tiskovne podloge kao i ostvarivanje pritiska prilikom otiskivanja.

Ekperimentalni otisci rađeni su na peterbojnom tiskarskom stroju s jedinicom za lakiranje Roland 705 (proizvođač stroja: Manroland Sheetfed GmbH, Offenbach am Main, Njemačka). Na ovim strojevima tiska se najzahtjevnija tiskana kartonska ambalaža koja podrazumijeva visokokvalitetan otisak u pet i više boja te razne efekte koji se postižu specijalnim bojama i lakovima.



Slika 3.3.1.3. Tiskarski stroj Roland 705

U tabeli 3.3.1.1.prikazane su tehničke karakteristike tiskarskog stroja Roland 705.

Tabela 3.3.1.1.Tehničke karakteristike tiskarskog stroja Roland 705 [156].

Karakteristike	Vrijednosti
Maksimalni format papira	740 x 1040 mm
Minimalni format papira	340 x 480 mm
Maksimalna površina tiska	730 x 1030 mm
Format ofsetne ploče	800 x 1040 mm
Debljina ploče	0,3 – 0,5 mm
Format gume	910 x 1060 mm
Debljina gume	1,9 – 1,95 mm
Maksimalni broj otisaka	15 000 otisaka/h
Minimalni broj otisaka	3 000 otisaka/h

3.3.2. X – Rite DTP 20 Pulse

Spektrofotometar X – Rite DTP 20 Pulse (proizvođač: X-Rite) je laboratorijski spektrofotometrijski uređaj kojim je moguće precizno odrediti obojenje. Samostalno uređaj nije sposoban za rad, već ga je potrebno spojiti na računalo. Veza korisnika i uređaja ostvarena je pomoću aplikacije ColorShop 2.6, kojom je moguće izvesti slijedeća mjerenja: gustoće obojenja statusom A, gustoće obojenja statusom E, gustoće obojenja statusom M, gustoće obojenja statusom T, RTVa, Lab, XYZ, xyY, LCh, Luv, RGB, PANTONE uzoraka, razlika između uzoraka, spektralne refleksije i spektralne transmisije.



Slika 3.3.2.1. X – Rite DTP 20 Pulse

Osnovne karakteristike X – Rite DTP 20 Pulse dane su u tablici.

Tabela 3.3.2.1. Osnovne karakteristike X – Rite DTP 20 Pulse [157]

Uređaj	X –Rite DTP 20
Točnost	<1ΔE max., <5 prosjek
Spektralni senzor	DRS tehnologija
Spektralni opseg mjerenja	400 – 700 nm
Ponovljivost	0,2 ΔE max ± 0,01 D max
Brzina mjerenja	2 s po mjerenju
Interno instrumentsko slaganje	<1ΔE max., <0,5 prosjek
Mjerna geometrija	0/45° ANSI i ISO standard
Izlaz	31 točka spektralnih podataka, kolorimetrijski podaci statusa (T,I,A,M i E)
Dimenzije / masa	6,9 x 7,6 x 13,7 cm / 340 g
Izvor svjetlosti	A, C, D ₅₀ , D ₅₅ , D ₆₅ , D ₇₅ , F ₂ , F ₇ , F ₁₁ , F ₁₂
Kut promatranja po CIE	2°, 10°
Mjerni zaslon	4 mm

3.3.3. Technidyne Color Touch 2 spektrofotometar

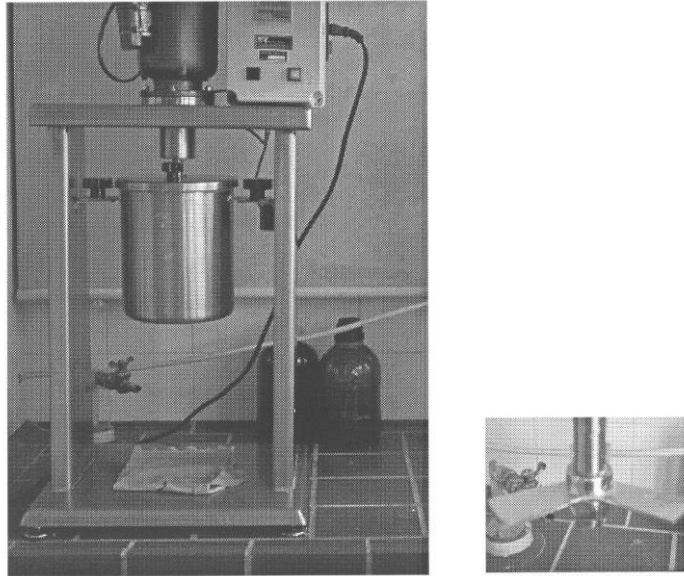
Technidyne Color Touch 2 spektrofotometar omogućava brzo i točno mjerenje optičkih karakteristika pulpe i papira. Osim toga, to je prvi spektrofotometar dizajniran posebno za industriju pulpe i papira. Ovim spektrofotometrom može se mjeriti: svjetlina, boja, razlika boja, fluorescencija, opacitet, bjelina, ERIC i još neke optičke veličine. Osim toga može se odabrati nekoliko prostora boja: XYZ, L*a*b*, L*C*h*. Optička razlučljivost je 1-10 nm. Kompatibilan je za ISO standarde; 2469, 2470, 2471, 3688, 5631, 9416, 11475, 11476, 12625, 22754 i 22891, te podržava cijeli niz TAPPI I PAPTAC optičkih metoda.



Slika 3.3.3.1. Technidyne Color Touch 2 spektrofotometar
(<https://amlinstruments.co.uk/instruments/color-touch-2-technidyne/>)

3.3.4. Dezintegrator

Za dezintegraciju otisaka korišten je uređaj proizvođača Enrico Toniolli, koji je prikazan na slici 3.3.4.1.



Slika 3.3.4.1. Dezintegrator proizvođača Enrico Toniolli

To je uređaj pomoću kojeg se papir razvlaknuje i pretvara u kašu. Dezintegrator se sastoji od: posebno dizajnirane posude u koju se smješta uzorak, vijaka za fiksiranje posude, elektromotora koji okreće miješalicu s noževima, sigurnosnog mikro prekidača, brojača okretaja, glavnog prekidača za uključivanje napajanja motora i signalne sijalice.

3.3.5. Uređaj za formiranje laboratorijskog lista

Za formiranje laboratorijskog lista korišten je uređaj Rapid-Köthenu Sheet Former proizvođača PTI Austrija. Ovaj uređaj se može koristiti za formiranje lista automatski i ručno. Rapid Köthen Sheet Former oblikuje okrugle papire, radijusa 100 mm.

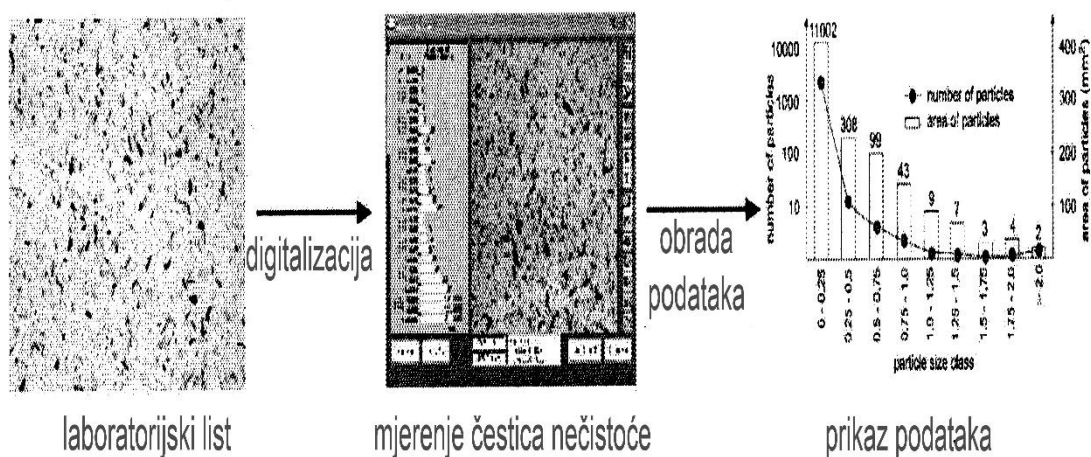
Uređaj za formiranje lista - Rapid-Köthen je uređaj novije generacije na kojemu od razvlaknjene pulpe principom sita dobivamo laboratorijske listove papira. Uz automatizirano dodavanje i ispuštanje vode kroz sito, uređaj je opremljen i automatiziranim sustavom za sušenje dobivenih uzoraka.



Slika 3.3.5.1. Uređaj za formiranje lista Rapid-Köthenu Sheet Former

3.3.6. Slikovna analiza

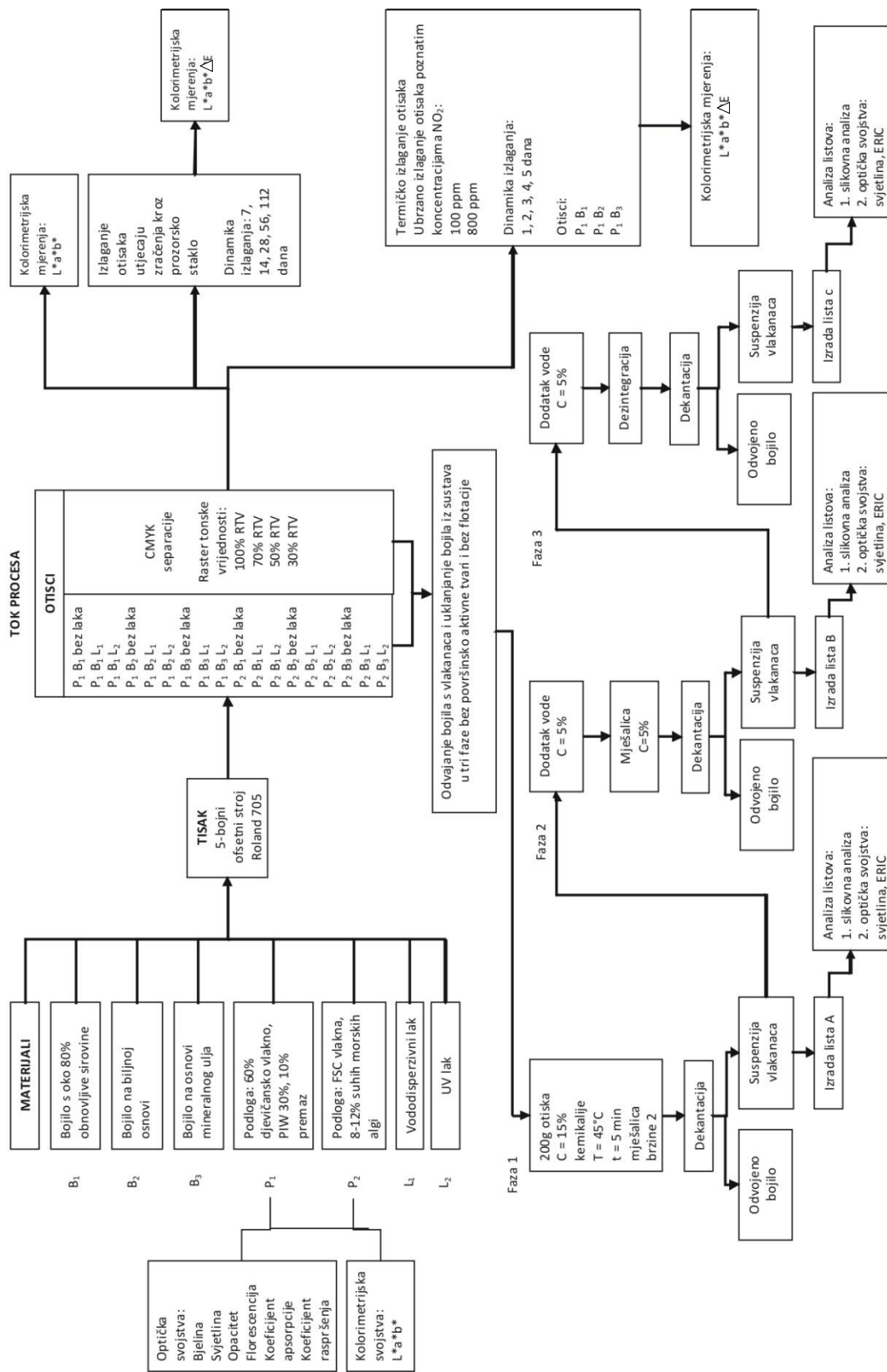
Za slikovnu analizu korišten je Software Spec* Scan[®] Apogee Systems, Inc. Princip određivanja distribucije broja i površine čestica boje unutar određenih 26 klasa veličina. Na listu načinjenom od vlaknaca iz 3 faze procesa uporabe otisaka dobiva se konačni rezultat shematski prikazan na slici 3.3.6.1..



Slika 3.3.6.1. Shematski prikaz postupka slikovne analize [158]

3.4. Metode rada

3.4.1. Prikaz toka eksperimentalnog istraživanja



Slika 3.4.1.1. Tok procesa

3.4.2. Izlaganje otisaka sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

Izlaganje otisaka sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo rađeno je u skladu s normom ISO 877-2:2009 [159]. Dobiveni rezultati će pokazati signifikantnu promjenu uzrokovanu izlaganjem otisaka. Općenito, rezultati ponovnog izlaganja na istoj lokaciji mjereni da se utvrdi stupanj učinka izloženosti sunčevom zračenju je specifikacija toga međunarodnog standarda. Tip klime može imati signifikantni utjecaj na brzinu i tip vrste degradacije, kao rezultat izloženosti u različitim klimatskim zonama, što je neophodno, kako bi se u potpunosti obilježila i karakterizirala promjena, te trajnost materijala.

Otisci su izlagani tijekom ljetnih mjeseci 2012.godine. Na lokaciji izlaganja otisaka mjereni su u istim intervalima i meteorološki podaci (podaci DHMZ), kako slijedi:

- temperatura (°C)
- relativna vlažnost zraka (%)
- trajanje sisanja sunca (sati)

Tabela 3.4.2.1. Period eksperimentalnog izlaganja otisaka

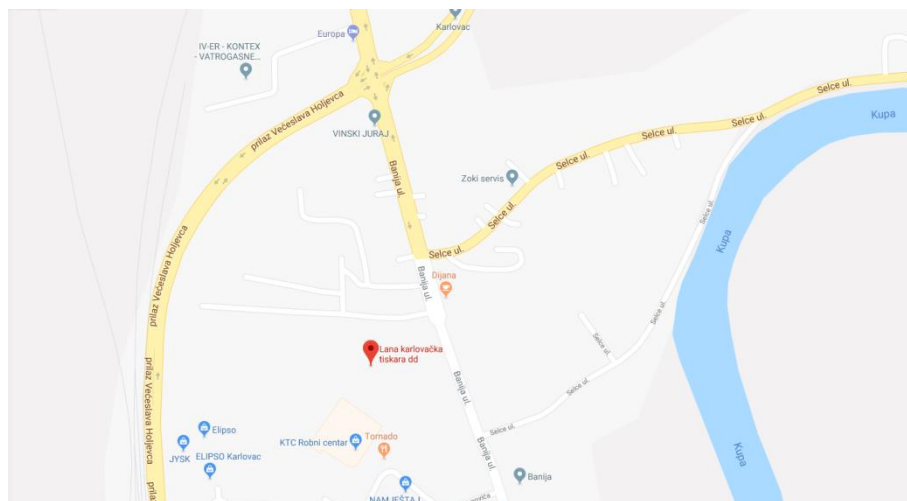
Izloženost u danima	Datumi izvođenja eksperimentalnog izlaganja
7 dana	05 – 11.06.2012.
14 dana	05 – 18.06.2012.
28 dana	05.06. – 02.07.2012.
56 dana	05.06. – 30.07.2012.
112 dana	05.06. – 24.09.2012.

Tabela 3.4.2.2. Prosječne vrijednosti temperature, relativne vlažnosti zraka te trajanje sisanja sunca prema podacima DHMZ-a

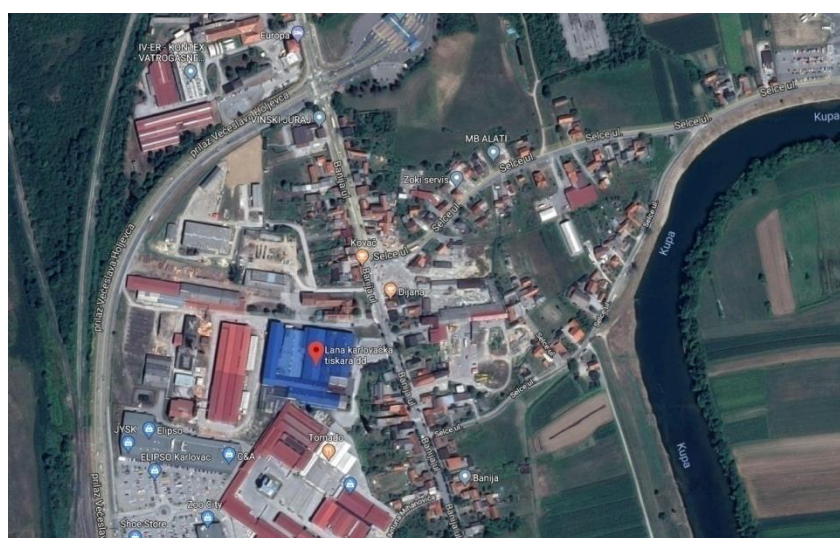
	05.06. – 11.06.2012.	05.06. – 18.06.2012.	05.06. – 02.07.2012.	05.06. – 30.07.2012.	05.06. – 24.09.2012.
Prosječna temperatura (°C)	19,16	19,39	21,48	21,56	20,38
Prosječna relativna vlažnost zraka (%)	68	70	68	69	70
Prosječno trajanje sisanja sunca (sati)	7,55	9,50	10,40	10,00	9,00

Otisci su izlagani iza prozorske staklene površine, koja se nalazi na adresi Banija 127, 47000 Karlovac (položaj: 45° 29' 34" N, 15° 33' 31" E, nadmorska visina: 112- 177 MNV, klima: umjereno kontinentalna).

Lokacija izlaganja otisaka nalazi se u stambeno – industrijskom dijelu grada s intenzivnim prometom (slike 3.4.2.1. i 3.4.2.2.)



Slika 3.4.2.1 Lokacija izlaganja otisaka



Slika 3.4.2.2. Lokacija izlaganja otisaka (satelitski snimak)

3.4.3. Ubrzano termičko izlaganje otisaka sa/ bez NO₂

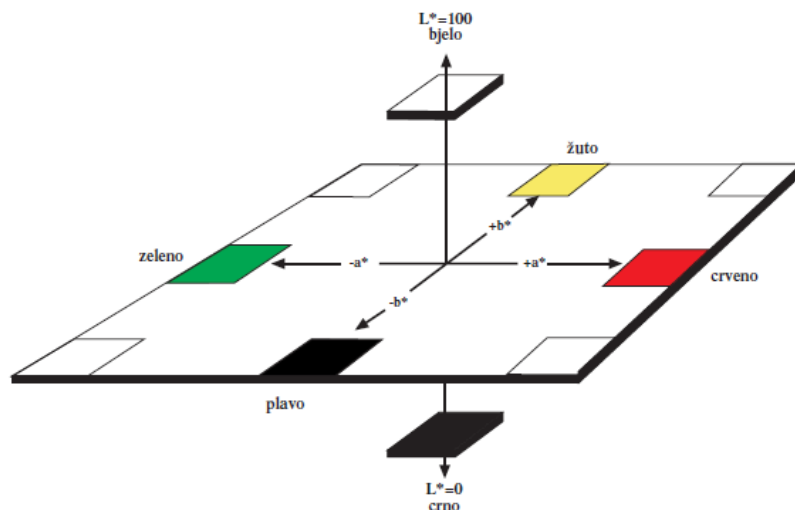
Da bi se provelo ubrzano termičko starenje otisci su stavljeni u Pyrex bočice na kondicioniranje 24 sata na temperaturi od 23 °C i 50 % relativne vlage. Bočice su zatvorene posebnom Viton (DuPont) brtvom. Termičko starenje je provedeno na temperaturi od 100 °C i 50 % relativne vlage prema ISO standard 5630 - 5:2008 [160].

Osim toga provedeno je termičko starenje uz prisutnost zagađivala zraka NO₂ uz koncentraciju od 100 ppm i 800 ppm u skladu s ISO standardom 5630-6 [161]. Jedan i drugi postupak izvođeni su dinamikom izlaganja otisaka u vremenu od 1, 2, 3, 4, i 5 dana.

3.4.4. Kolorimetrija i mjerenje boja

Prikazivanje obojenja standardizirano je od strane Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). Danas se najprikladnije prikazivanje otisnute boje vrši u CIE L*a*b* sustavu (slika 3.4.4.1.). Kromatičnost boje (ton i zasićenost) se ucrtavaju na a* i b* koordinatni sustav. Os a* se prostire od -a* (zelenog područja) do +a* (crvenog), dok os b* od +b* (žutog) do -b* (plavog). Os L* opisuje svjetlinu i može iznositi od 0 (crnog) do 100 (bijelog).

Kako bi percepcija boja mogla biti ne dvosmislena tj. jednaka kod različitih populacija ljudi, definirani su standardni promatrač i izvor svjetlosti D50 (5000 °K). Standardni promatrač gleda uzorak pod kutom od 10 ° ili 2 °. Samo promatranje pod kutom 2° definirano je za grafičku tehnologiju. L*a*b* daje vrijednosti boja prema standardnom promatraču.



Slika 3.4.4.1. CIE L*a*b* sustav

Kolorimetrijski opis boja pomoću CIE L*a*b* vrijednosti postao je standard. Kolorimetrijska razlika boja (ΔE^*) naziva se još trodimenzionalna, a moguće ju je izračunati u bilo kojem CIE dijagramu. Kolorimetrijska razlika grafički predstavlja razliku dvije točke u sustavu, tj. definira se kao euklidska razlika između koordinata za dva podražaja, referentnog i uspoređivanog.

Gledano sa stajališta grafičke tehnologije, kolorimetrijska razlika opisuje kvalitetu reprodukcije, odnosno pokazuje odstupanje originala od reprodukcije. Na indirektan način ΔE^* opisuje gubitak i devijaciju tristimulusnih informacija promatranog uzorka, odnosno njegove boje.

Kolorimetrijskim uspoređivanjem otisaka, moguće je odrediti razliku u obojenju (ΔE^*) dvaju otisnutih tonova:

$$\begin{aligned}\Delta L^* &= L^*_{\text{mjereno}} - L^*_{\text{standard}} \\ \Delta a^* &= a^*_{\text{mjereno}} - a^*_{\text{standard}} \\ \Delta b^* &= b^*_{\text{mjereno}} - b^*_{\text{standard}} \\ \Delta E^* &= \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}\end{aligned}$$

Razlike u obojenju (ΔE) moguće je vizualno opisati, te svrstati u 5 kategorija:

- I. ΔE između 0 i 1 = veoma mala razlika
- II. ΔE između 1 i 2 = mala razlika
- III. ΔE između 2 i 3,5 = srednja razlika
- IV. ΔE između 3,5 i 5 = velika razlika
- V. ΔE veći od 5 = značajna razlika

3.4.5. Povrat iskorištenih vlakanaca metodom u tri faze

Proces odvajanja bojila s vlakanaca i uklanjanje iz sustava bez dodatka površinsko aktivnih tvari i bez flotacije odvija se u tri faze (slika 3.4.1.1.1). U metodi se koristi 200 g otiska. Za obradu su korišteni otisci kako slijedi: P₂B₁, P₂B₂, P₂B₃, P₂B₁L₁, P₂B₂L₁, P₂B₃L₁, P₂B₁L₂, P₂B₂L₂ i P₂B₃L₂.

U prvoj fazi dodane su kemikalije : 1 % H₂O₂, 2 % silikata i 1 % NaOH. Dodano je 4 % vode. Temperatura sustava je 45 °C. Nakon toga uključuje se mješalica stupnja 2. Mehaničkim postupkom dekantiranja odvoji se suspenzija s vlaknima od dijela s nečistoćama i bojilom. Od suspenzije s vlaknima na formeru Rapid Köthen načini se list u skladu s normom ISO 5269-2:2002 (oznaka lista HP₂B_{1a}) [162].

Za drugu fazu dodaje se voda da bi koncentracija bila c = 5 %. Nakon korištenja miješalice ponavlja se dekantiranje, odvajanje i izrada lista (oznaka lista HP₂B_{1b}).

Za treću fazu dodaje se voda da bi koncentracija bila $c = 5 \%$. Suspenzija se ubacuje u dezintegrator na vrijeme od 10 min, a nakon toga se ponavlja prije opisani postupak, nakon čega se dobije list (oznaka lista HP₂B_{1c}).

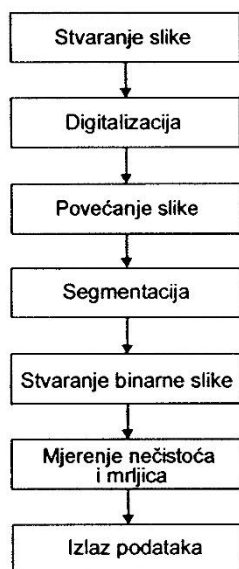
Taj postupak se ponavlja za sve prije označene otiske. Na dobivenim listovima utvrđuje se broj i površina zaostalih mrljica, što su uglavnom čestice ostalog bojila. Osim toga mjere se optičke karakteristike listova kao što je svjetlina i efektivna koncentracija ostalog bojila na listu.

3.4.6. Slikovna analiza

Slikovna analiza se koristi za utvrđivanje optičke nehomogenosti laboratorijskih listova. Tu se podrazumijevaju nečistoće odnosno čestice boje zaostale nakon procesa odvajanja bojila sa otisaka i odstranjivanja iz sustava. Proporcionalno sa smanjenjem veličine čestica povećava se sivoća laboratorijskog lista nakon opisanog procesa. Slikovna analiza je korisna za određivanje broja, promjera, i površine pokrivena česticama u makroskopskom području. Čestice veće od 40 μm mogu se mjeriti sustavom slikovne analize koji uključuju scanner, dok one manje se određuju postupkom efektivne koncentracije zaostalog bojila (ERIC – effective residual ink concentration).

U izvedbi same metode važna je priprema uzorka, jer se snimaju samo one čestice koje se nalaze na površini uzorka. Kvantitativna analiza može se načiniti samo na vrlo tankim uzorcima, gdje je smjer gotovo jednak nuli. Sam proces mjerenja sastoji se od koraka kako je to prikazano na slici 3.4.6.1.

Prepoznavanje i snimanje čestica nečistoće metodom slikovne analize koristi razliku kontrasta između čestica i njihove pozadine. Slika dobivena kamerom se digitalno transformira u piksele čija veličina ovisi o polju vidljivosti, a ono pak o razlučivosti kamere. Identificiranje čestica se koristi razlikom u nivoima sivog. Svakom pikselu je dodijeljena veličina za stupanj sivoće sa maksimalnom vrijednosti od 255 u ovisnosti o njegovoj reflektanciji.



Slika 3.4.6.1. Tok mjerenja čestica nečistoća slikovnom analizom

Funkcije obrade slike povećavaju kontrast između mjernog objekta i pozadine slike. Segmentacijom slike se digitalne vrijednosti sivoće slike dobivene kamerom konvertiraju u binarne vrijednosti. Ovako se svi pikseli sa stupnjem sivoće iznad određenog praga vrijednosti identificiraju kao čestice nečistoće te dobivaju vrijednost 1 u binarnoj slici. Slikovna analiza završava mjerenjem čestica nečistoća i izlazom podataka. Parametri mjerenja se obično odnose na 1 m² uzorka papira ili 1 g na zraku suhe pulpe. Postupak je u skladu s metodom ISO 13322-1 [163].

3.4.7. Optičke metode za utvrđivanje svjetline lista

Parametar koji se najčešće koristi za numeričko prikazivanje optičke kvalitete pulpe nakon provedbe procesa odvajanja čestica bojila s otiska i uklanjanja iz sustava je faktor spektralne refleksije R_{457} koji se definira kao veličina ISO svjetlina. Instrumenti za mjerenje su spektrofotometri. Princip mjerenja je određivanje omjera između svjetla reflektiranog s uzorka papira pri točno definiranom kutu, te svjetla koje je pri identičnim uvjetima mjerenja reflektirao s posve bijelog materijala. Dva reflektirana intenziteta svjetla se zatim uspoređuju. Instrument se kalibrira na poznatu bijelu referencu, a izmjerenu vrijednost uzorka očitava kao faktor refleksije.

Postoje dvije osnovne metode za određivanje bjeline papira: TAPPI i ISO standardna metoda [164, 165]. Obje metode koriste princip mjerenja faktora refleksije papira pri efektivnoj valnoj duljini od 457 nm, koja definira faktor spektralne refleksije R_{457} . Razlika u

metodama postoji zbog različite geometrije upadne zrake svjetla koja je prema TAPPI standardu 45° . Prema ISO standardu potrebna je difuzna iluminacija. Za mjerenje se u oba slučaja koristi 0° . U ovom radu korištena je ISO standardna metoda mjerenja bjeline papira.

3.4.8. Efektivne koncentracije zaostalog bojila (ERIC 950)

Pomoću opcije ERIC 950 moguće je mjerenje koji utvrđuje sadržaj odnosno koncentraciju zaostalog bojila u listu dobivenom od vlaknaca iz pojedinih faza procesa odvajanja bojila s otisaka i njegovog uklanjanja iz sustava. Iz ovih mjerenja moguće je zaključiti u kojoj se mjeri treba eventualno provoditi dodatni postupak uklanjanja bojila i nečistoća iz sustava ili provoditi bijeljenje kako bi se dobila zadovoljavajuća svjetlina papira.

Pri tumačenju rezultata ERIC vrijednosti treba imati na umu da je dobiveni rezultat mjera utjecaja zaostalog bojila na listu, a ne stvarna količina tog bojila. Kada dva papira imaju jednaku količinu zaostalog bojila, moguć je slijedeći slučaj:

- a) u jednom listu bojilo se nakupilo u veće aglomerate- čestice,
- b) u drugom listu bojilo je u sitnim česticama raspršeno jednoliko po listu.

U papiru s većim česticama izmjeriti će se manja vrijednost ERIC-a (veća svjetlina lista). Razlog tome je da u slučaju nakupljenih čestica, većina čestica bojila nema dovoljan kapacitet apsorpcije svjetla, zato što su okružene drugim česticama bojila. U slučaju prisutnosti malih raspršenih zasebnih čestica bojila svaka od njih ima svoju svjetlosnu apsorpciju, što rezultira većim rezultatom ERIC-a (manja svjetlina lista).

Ova razlika uočava se vizualnom procjenom, pa je vezana za pojam optičke nehomogenosti lista. Tu je zapravo potrebno naglasiti da ERIC 950 mjeri ukupni efekt zatamnjenja zaostalog bojila, a ne stvarnu koncentraciju zaostalog bojila. Provedena mjerenja su u skladu s normom TAPPI T 567 om-09 [165].

3.4.9. Statističke metode

Statistički jezik R i multivarijantni algoritam BRT korišten je za provjeru značajnosti i uključenje pojedinih utjecaja u model koristeći metodu najmanjih kvadrata i paket status [166]. Razlike između srednjih vrijednosti za razrede unutar pojedinog utjecaja testirane su s

paketom multcomp. Statistički model (jednadžba 1) koji je korišten za utvrđivanje izvora varijabilnosti svojstva kvalitete otiska prikazan je u skalarnom obliku:

$$y_{ijklmn} = \mu + P_i + B_j + Z_k + PB_{ij} + PZ_{ik} + BZ_{jk} + DR_{lm} + e_{ijklmn} \quad (1)$$

gdje je:

y_{ijklmn} = analizirana svojstva kvalitete otiska (dL, da, db, dE)

μ = srednja vrijednost

P_i = vrsta tiskovne podloge (P1, P2)

B_j = vrsta bojila (B1, B2, B3)

Z_k = vrsta otisaka (N, L1, L2)

PB_{ij} = interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste bojila

PZ_{ik} = interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste otisaka

BZ_{jk} = interakcija između vrste bojila i vrste otisaka

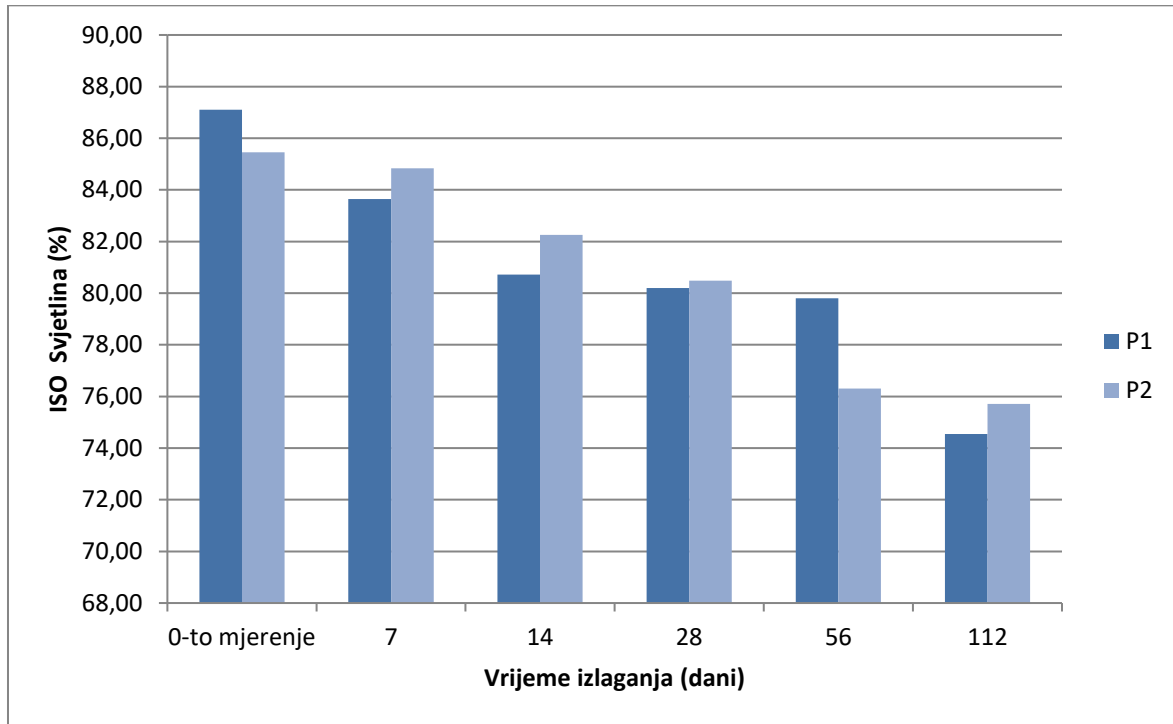
DR_{lm} = interakcija između raster-tonske vrijednosti (100%, 70%, 50% i 30%) i dana izlaganja (7, 14, 28, 56 i 112 dana)

e_{ijklmn} = ostatak (neprotumačeni dio)

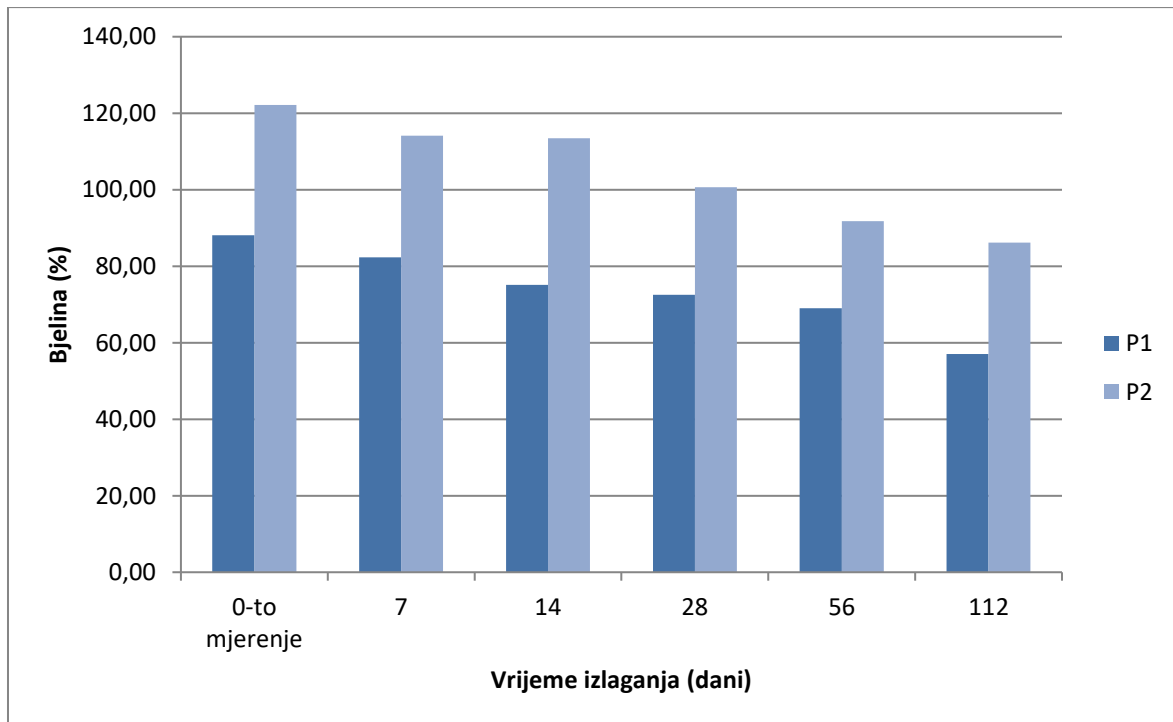
Utvrđivanje izvora varijabilnosti karakteristika otiska koristeći navedeni model je testirano za separacije ofsetnih CMYK bojila tj. za cijan, magentu, žutu i crnu u odnosu na ekološku održivost u sustavu s nabrojenim varijablama, koje se odnose na: inovativne i obnovljive sirovine u grafičkim materijalima, na raster tonske vrijednosti otisaka, postojanost otisaka u definiranim uvjetima okoliša, prateći kroz relevantne optičke pokazatelje.

4. REZULTATI

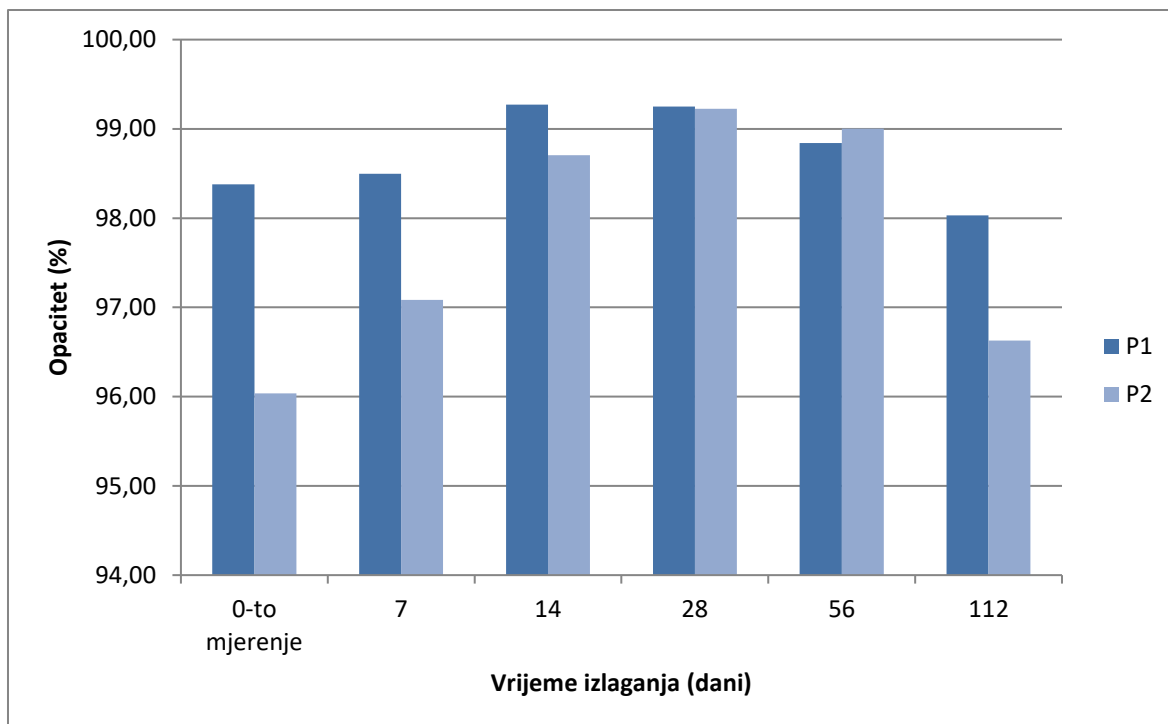
4.1. Rezultati mjerenja optičkih svojstava kartona izloženih sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.1.1. ISO svjetlina kartona P₁ i P₂ izloženog sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

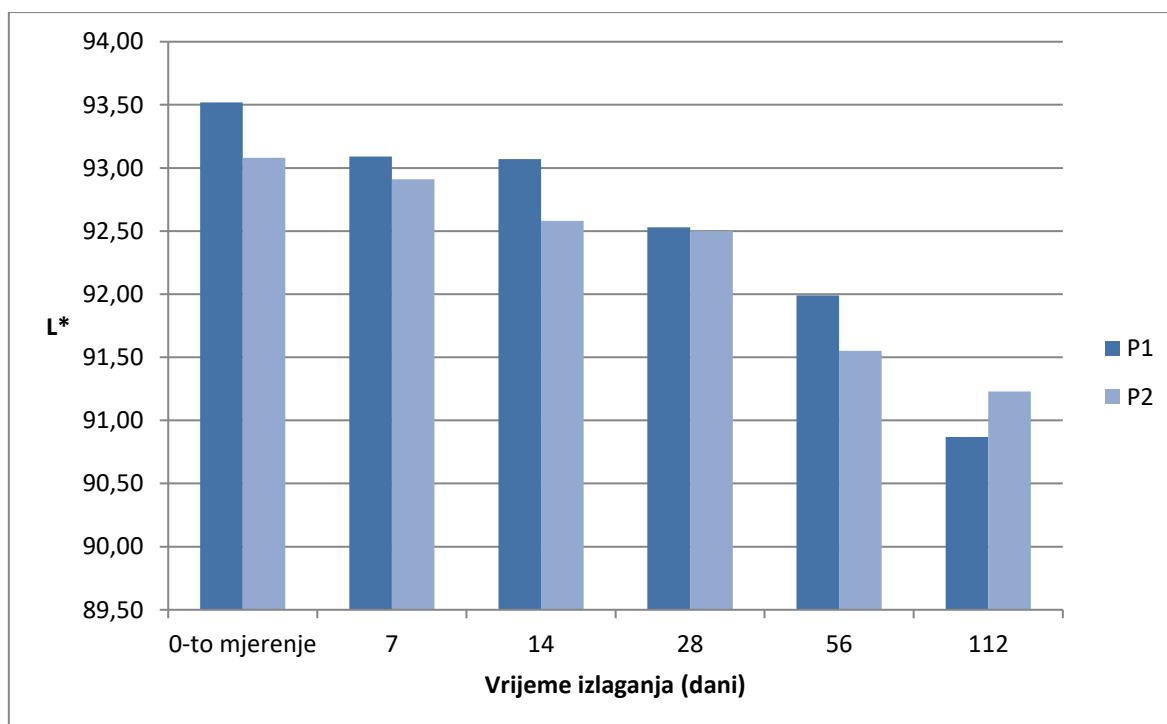


Slika 4.1.2. Bjelina kartona P₁ i P₂ izloženog sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

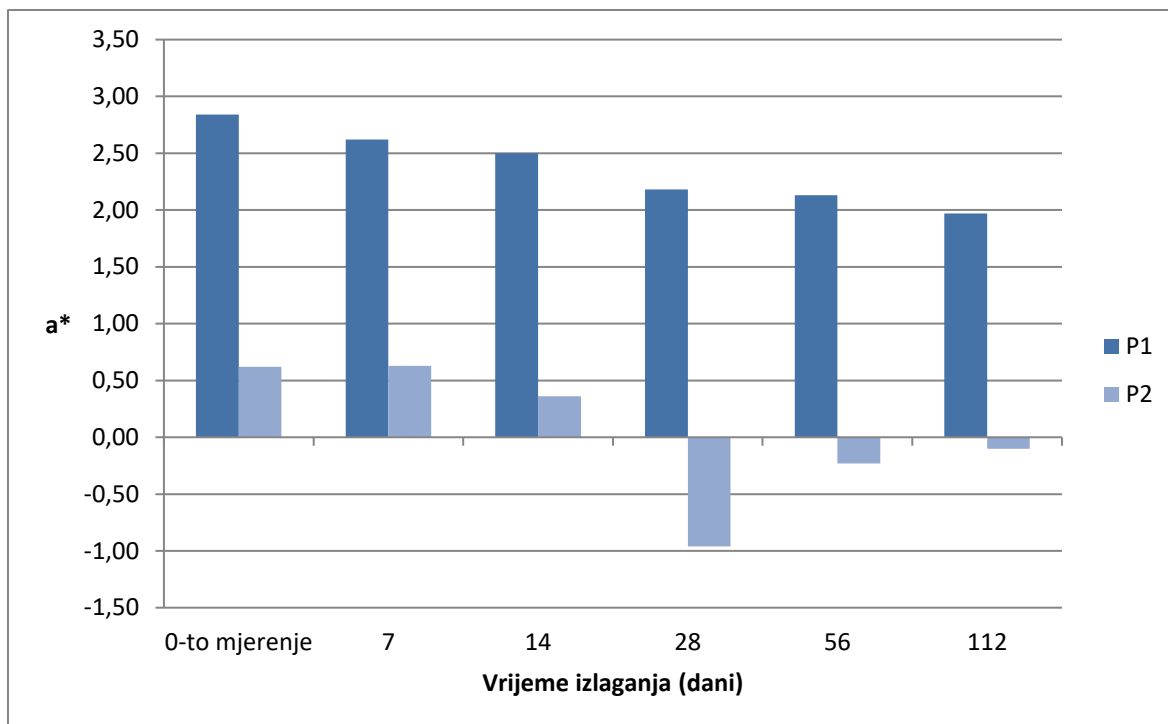


Slika 4.1.3. Opacitet kartona P₁ i P₂ izloženog sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

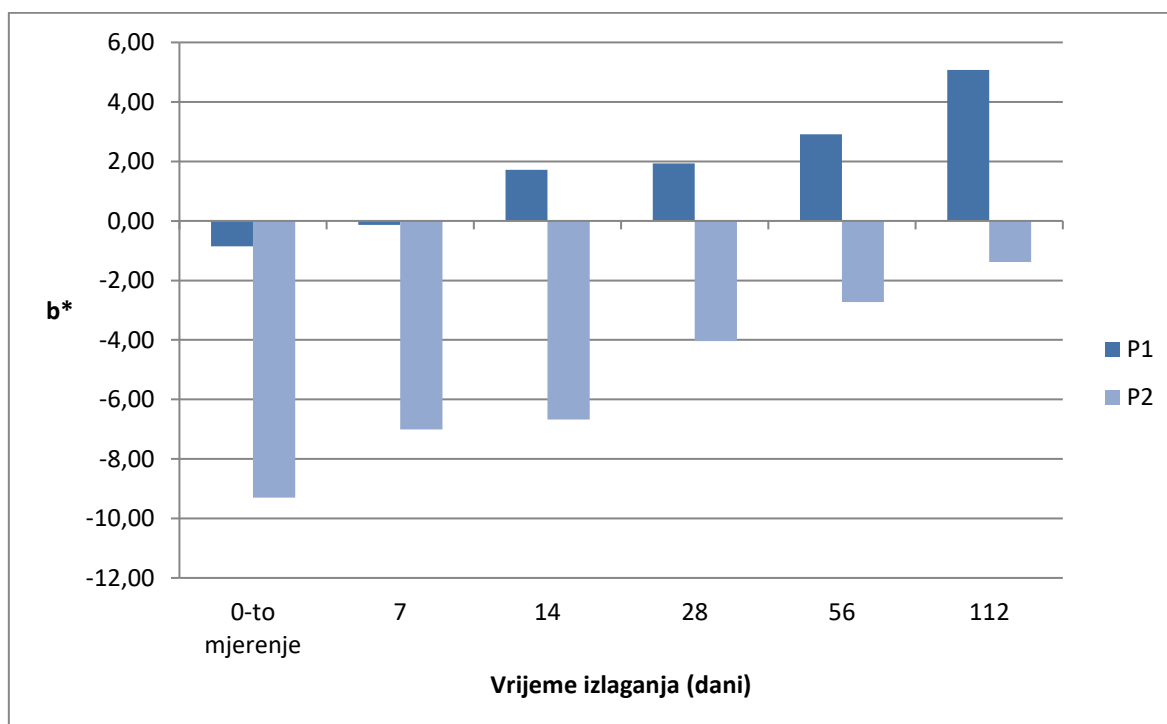
4.2. Kromatske karakteristike kartona i dinamika izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.2.1. Prikaz L* kartona P₁ i P₂ izloženog sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.2.2. Prikaz a^* kartona P₁ i P₂ izloženog sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

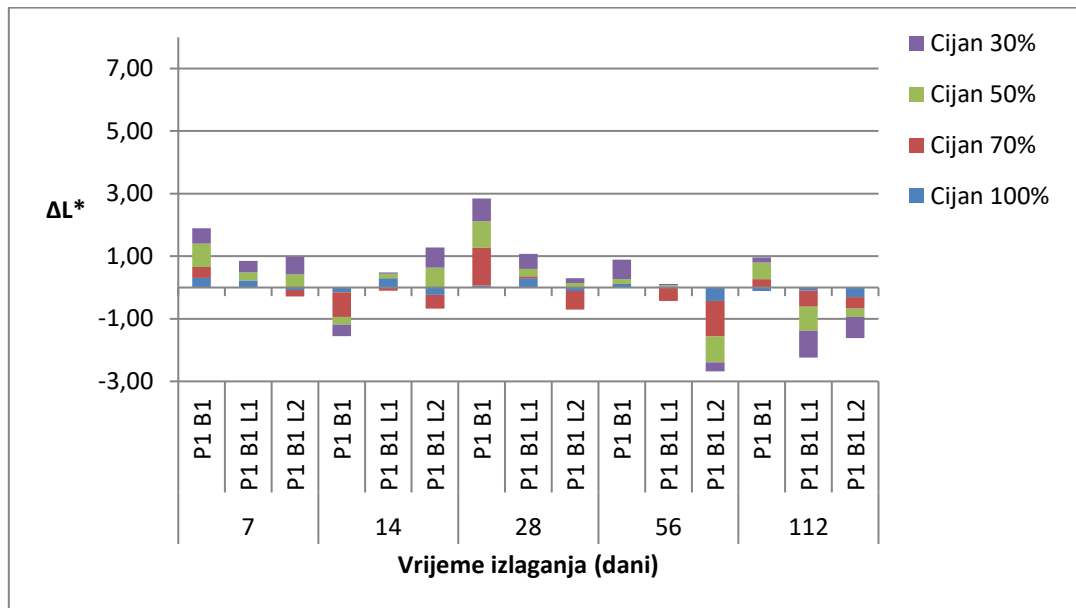


Slika 4.2.3. Prikaz b^* kartona P₁ i P₂ izloženog sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

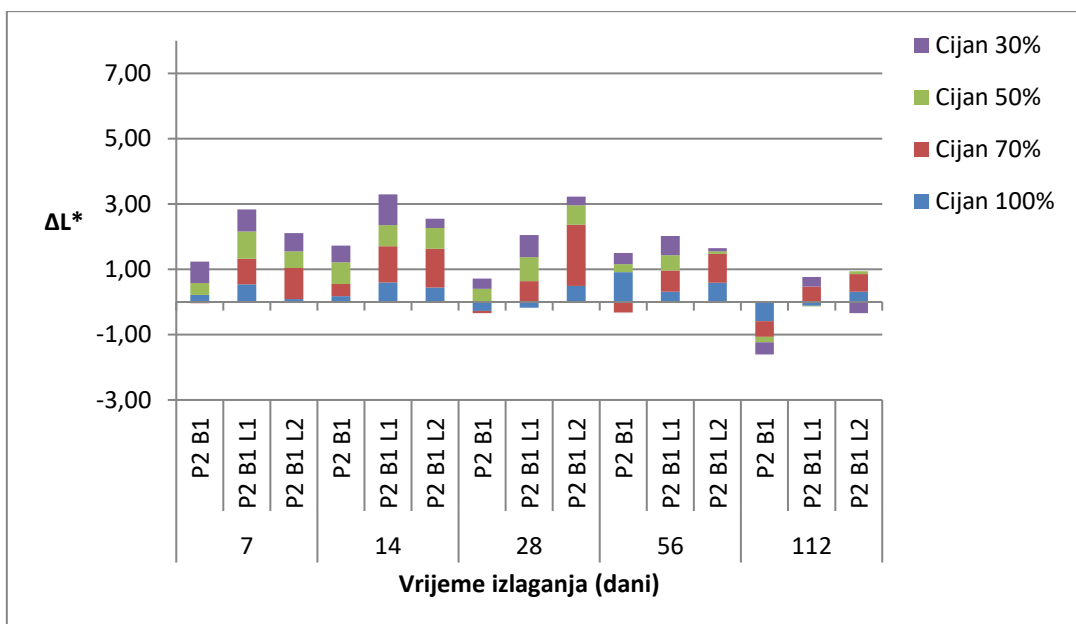
4.3. Rezultati istraživanja kromatskih karakteristika otisaka izlaganih kroz prozorsko staklo

4.3.1. Rezultati ovisnosti ΔL^* za otiske separacija CMYK bojila B₁, B₂ i B₃, kombinaciji s kartonima P₁ i P₂, te lakovima L₁ i L₂ u odnosu na RTV i dinamiku izlaganja zračenju kroz prozorsko staklo

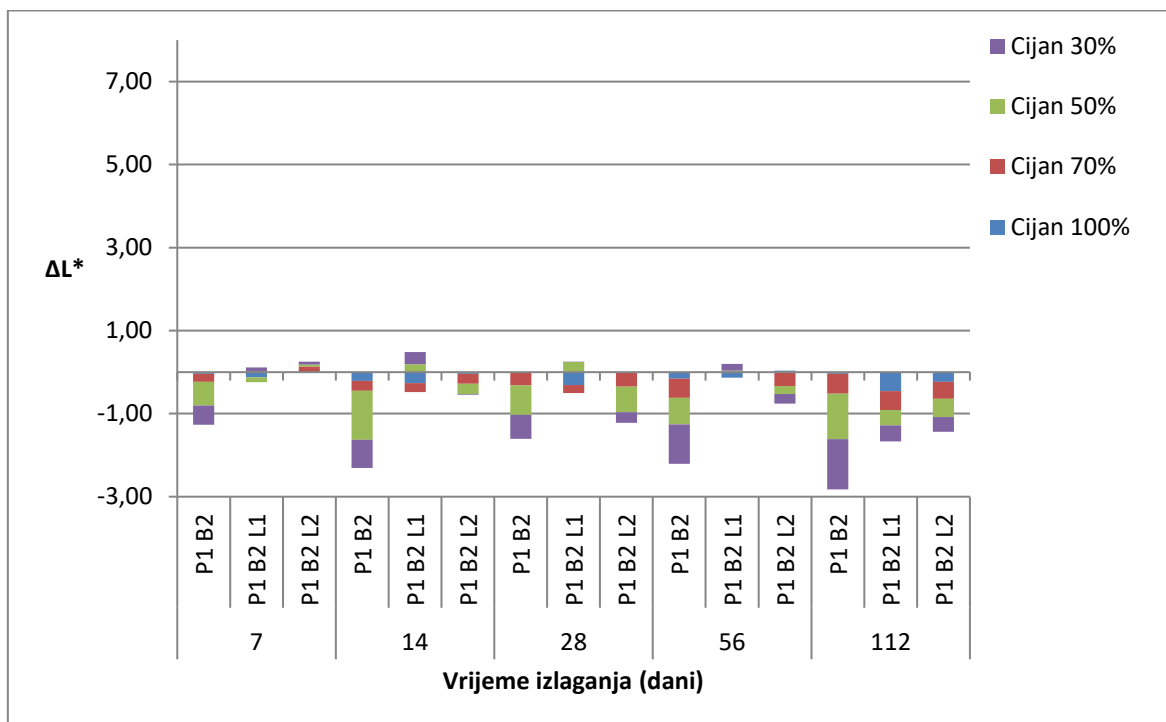
4.3.1.1. Rezultati ΔL^* za otiske s cijan bojilima



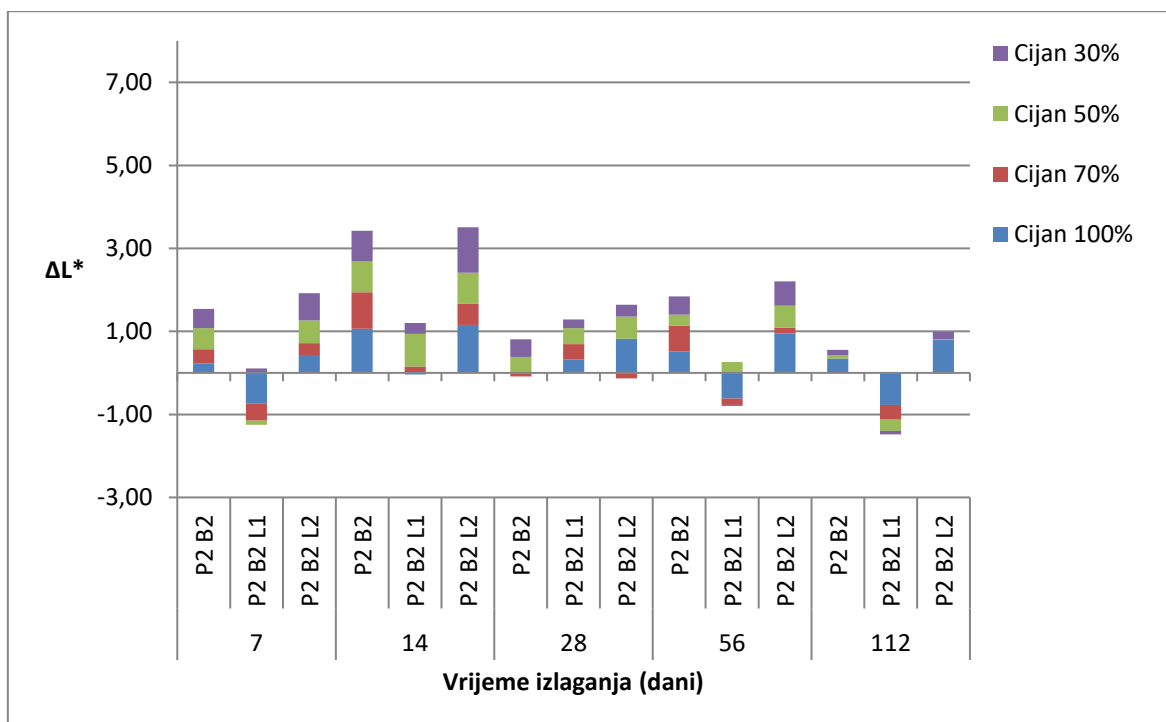
Slika 4.3.1.1.1. ΔL^* za otiske P₁B₁, P₁B₁L₁ i P₁B₁L₂ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



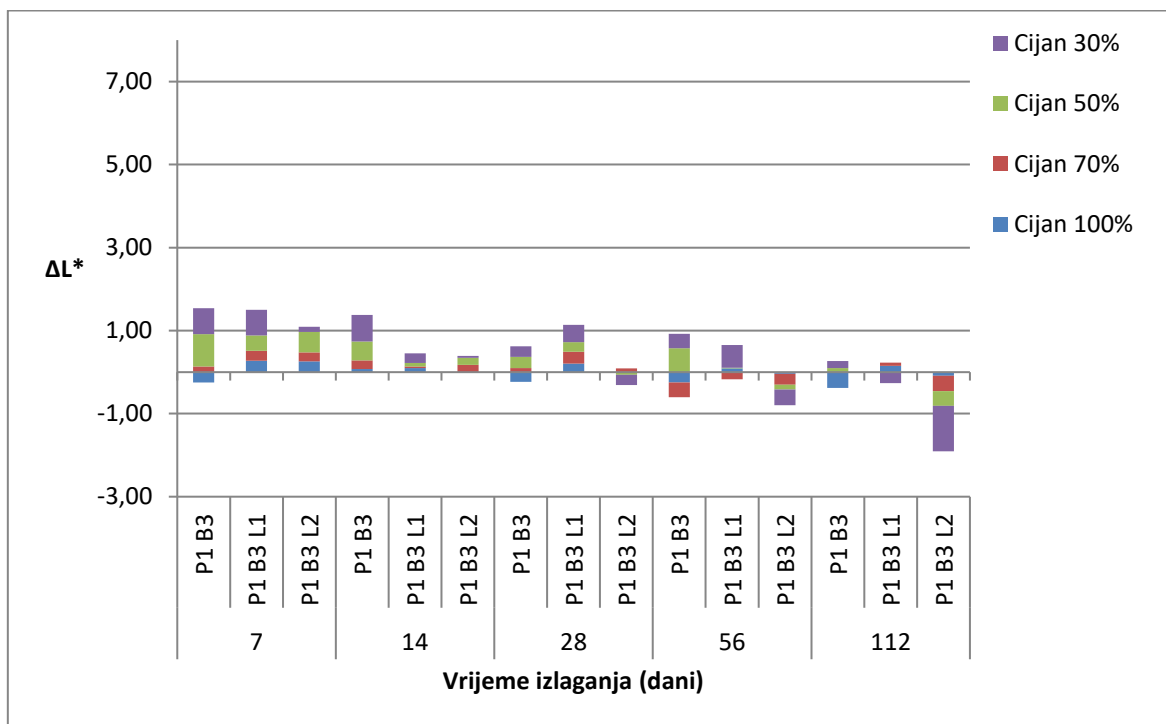
Slika 4.3.1.1.2. ΔL^* za otiske P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



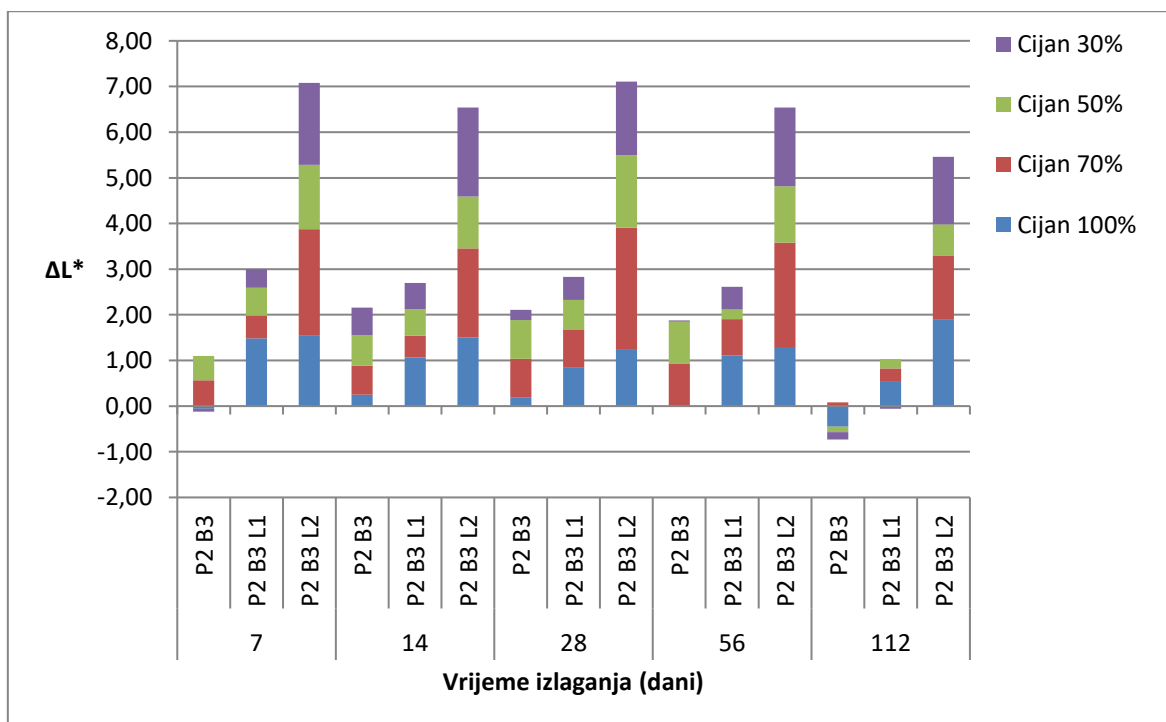
Slika 4.3.1.1.3. ΔL^* za otiske P₁B₂, P₁B₂L₁ i P₁B₂L₂ s cijan bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.3.1.1.4. ΔL^* za otiske P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ s cijan bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

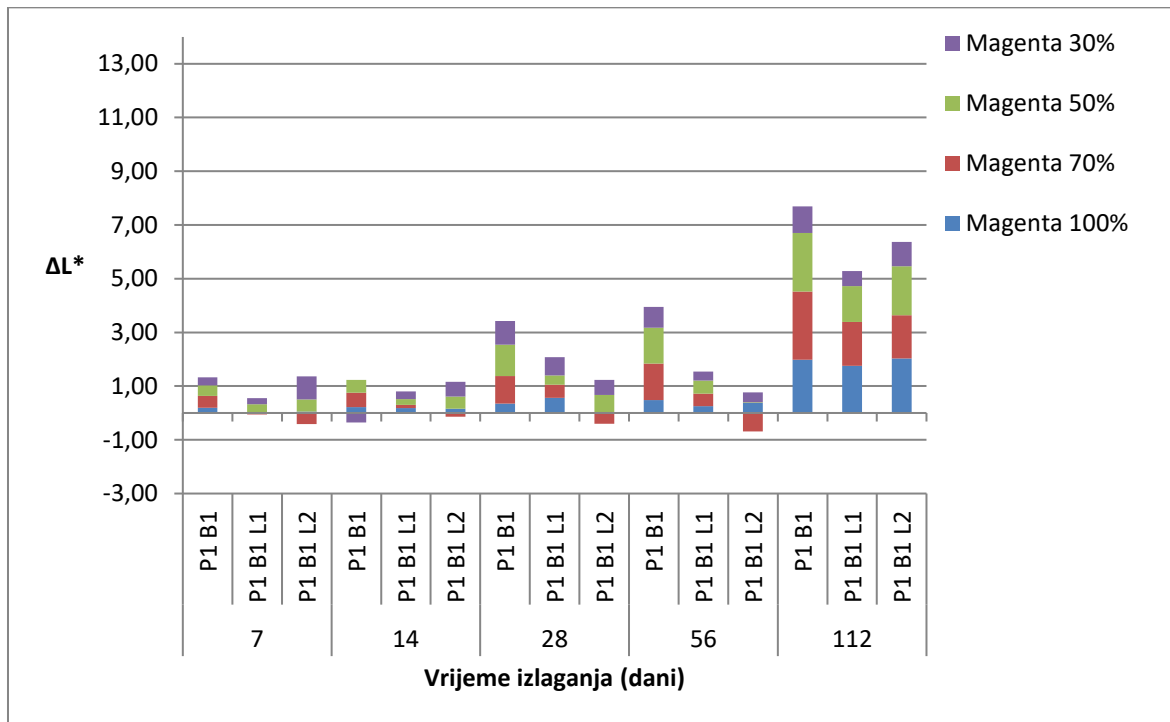


Slika 4.3.1.1.5. ΔL^* za otiske P₁B₃, P₁B₃L₁ i P₁B₃L₂ s cijan bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

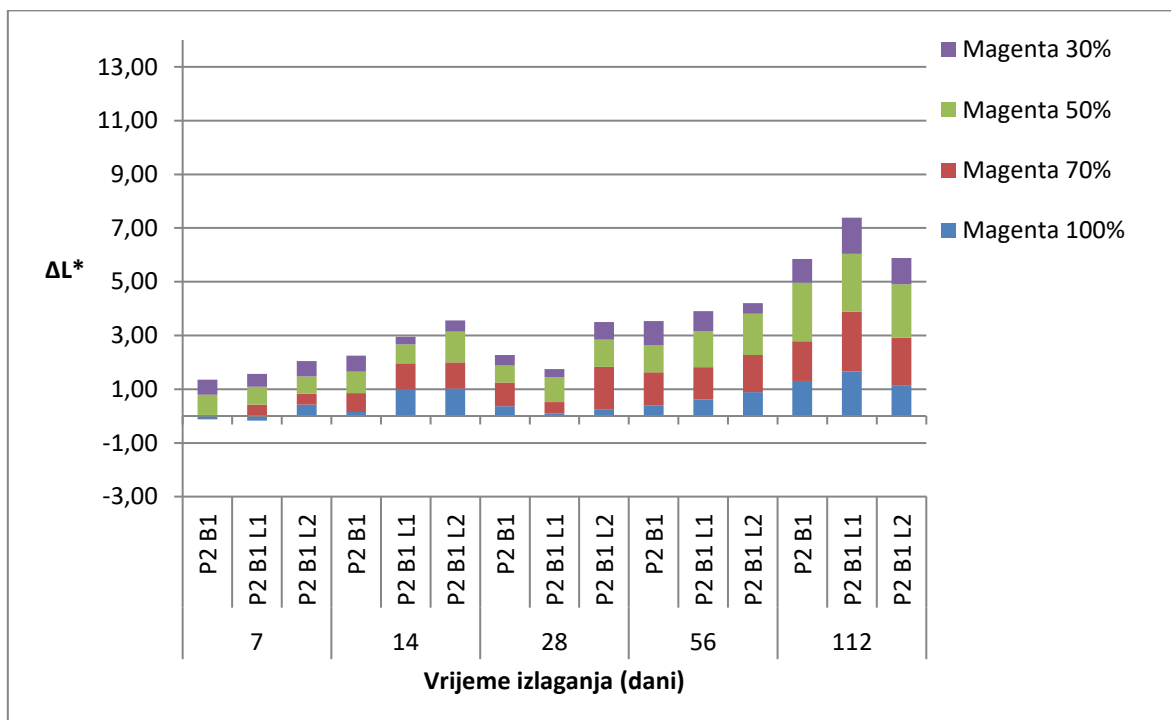


Slika 4.3.1.1.6. ΔL^* za otiske P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ s cijan bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

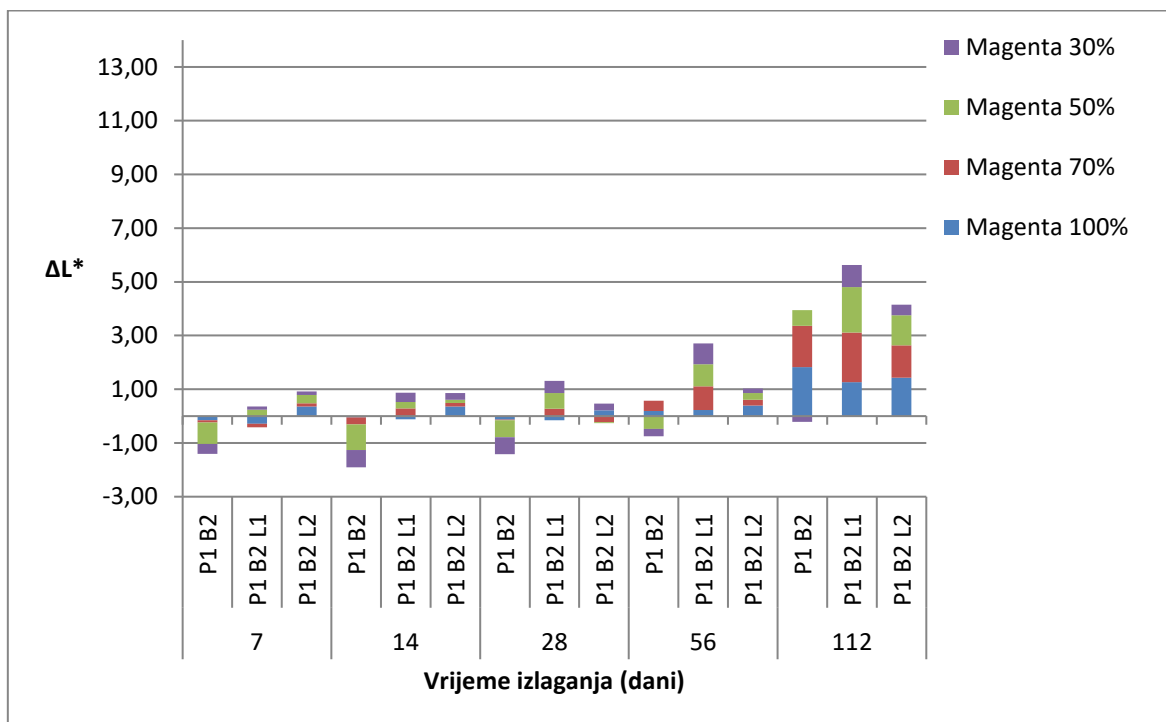
4.3.1.2. Rezultati ΔL^* za otiske s magenta bojilima



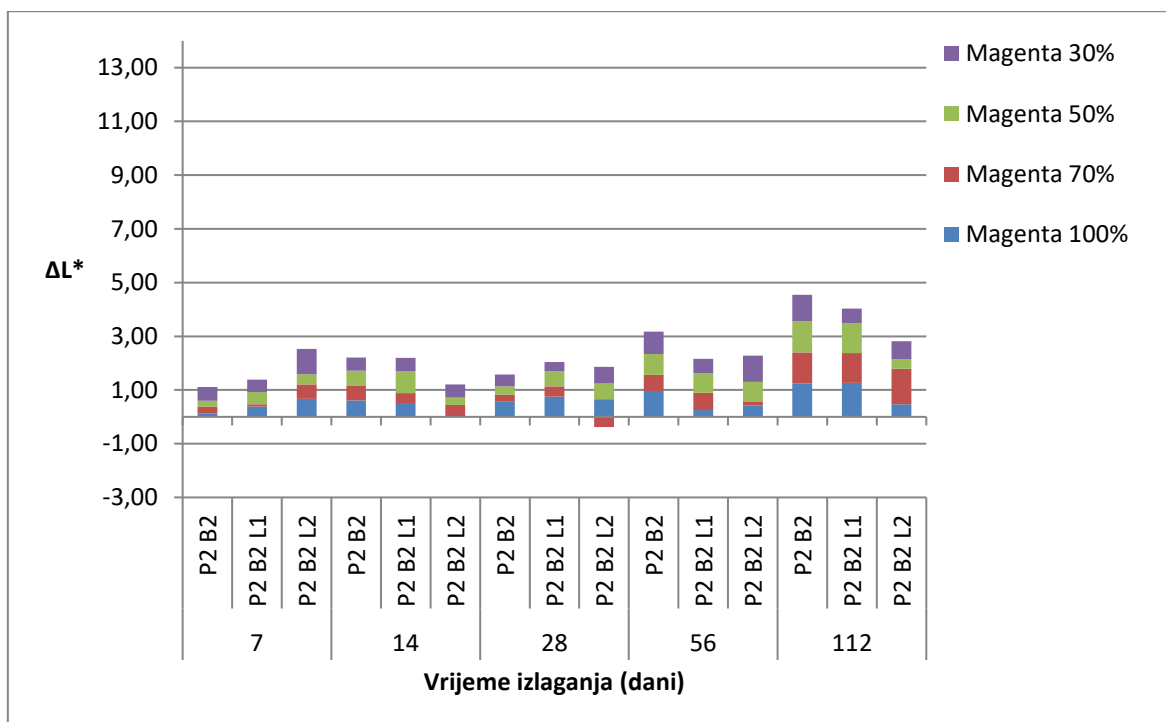
Slika 4.3.1.2.1. ΔL^* za otiske P₁B₁, P₁B₁L₁ i P₁B₁L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



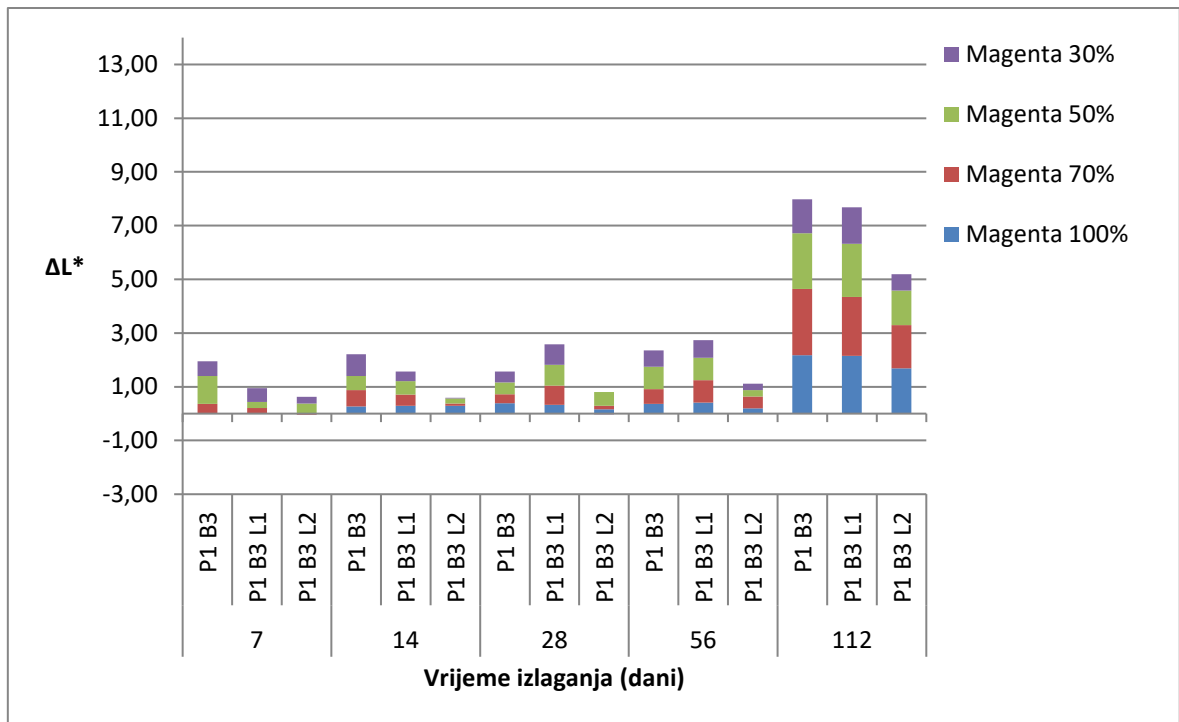
Slika 4.3.1.2.2. ΔL^* za otiske P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



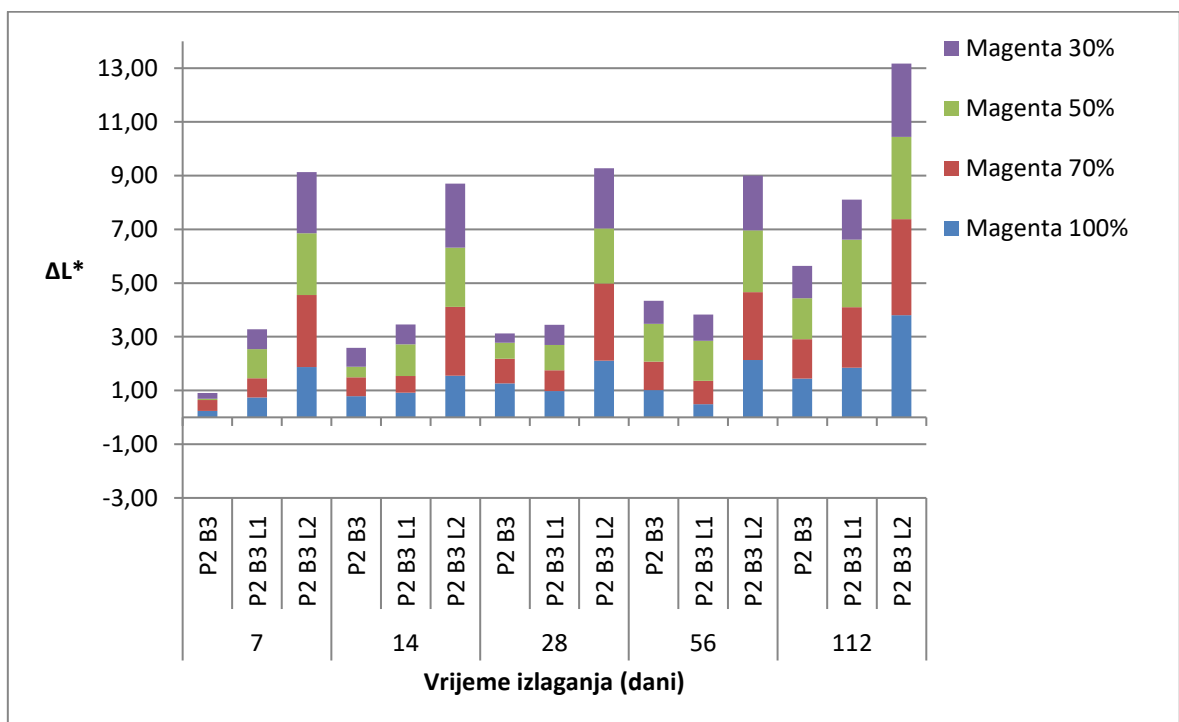
Slika 4.3.1.2.3. ΔL^* za otiske P₁B₂, P₁B₂L₁ i P₁B₂L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.3.1.2.4. ΔL^* za otiske P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

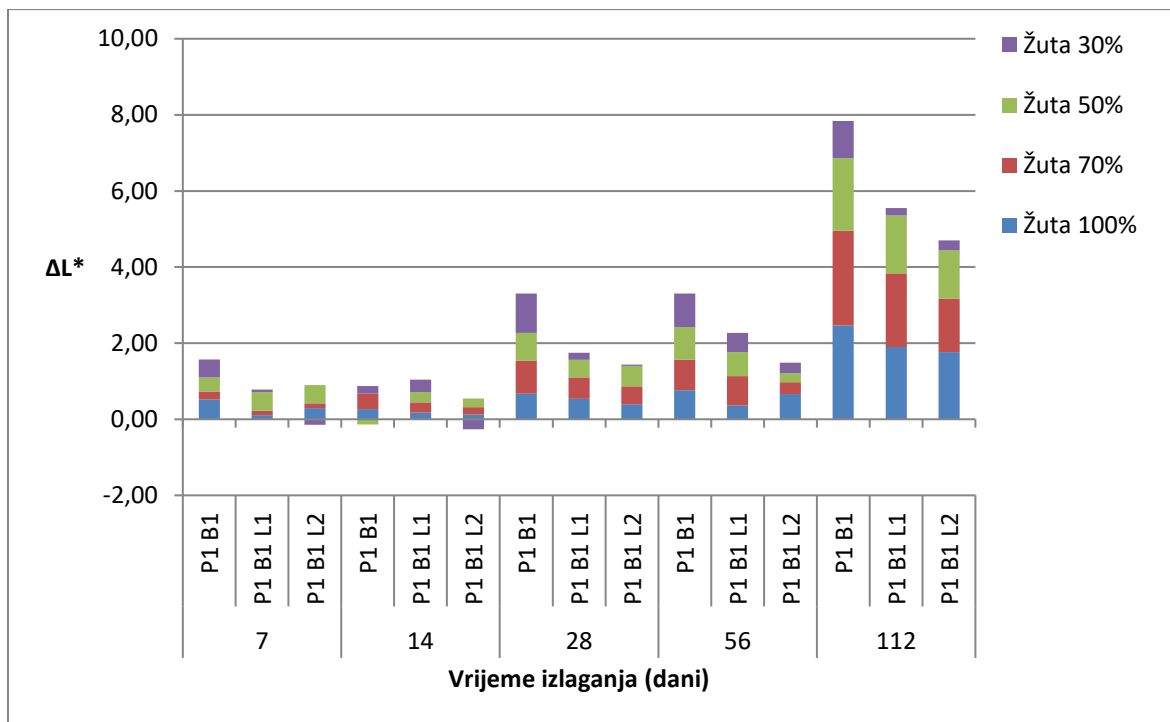


Slika 4.3.1.2.5. ΔL^* za otiske P₁B₃, P₁B₃L₁ i P₁B₃L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

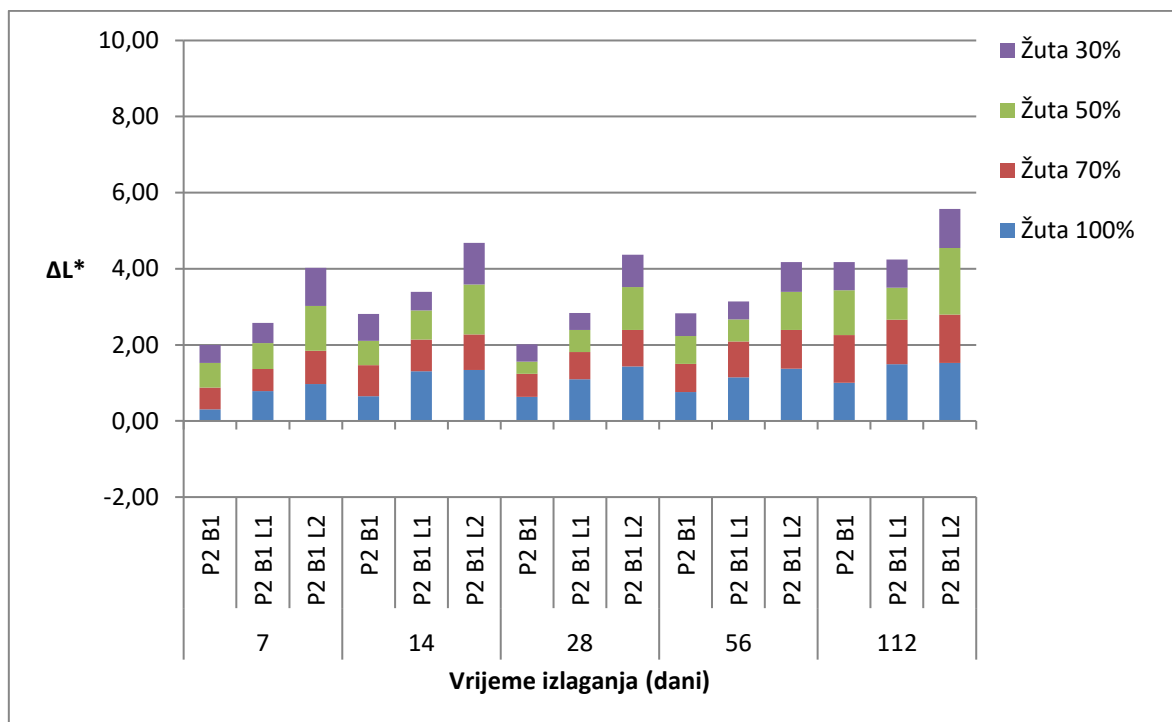


Slika 4.3.1.2.6. ΔL^* za otiske P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

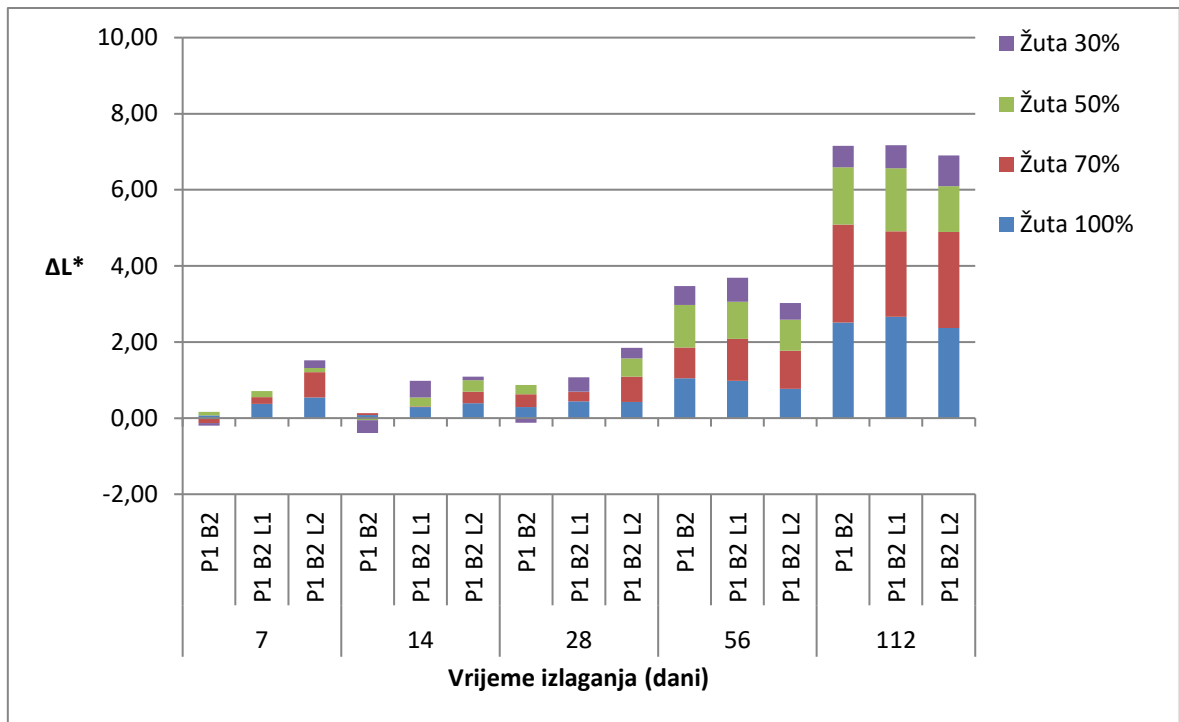
4.3.1.3. Rezultati ΔL^* za otiske s žutim bojilima



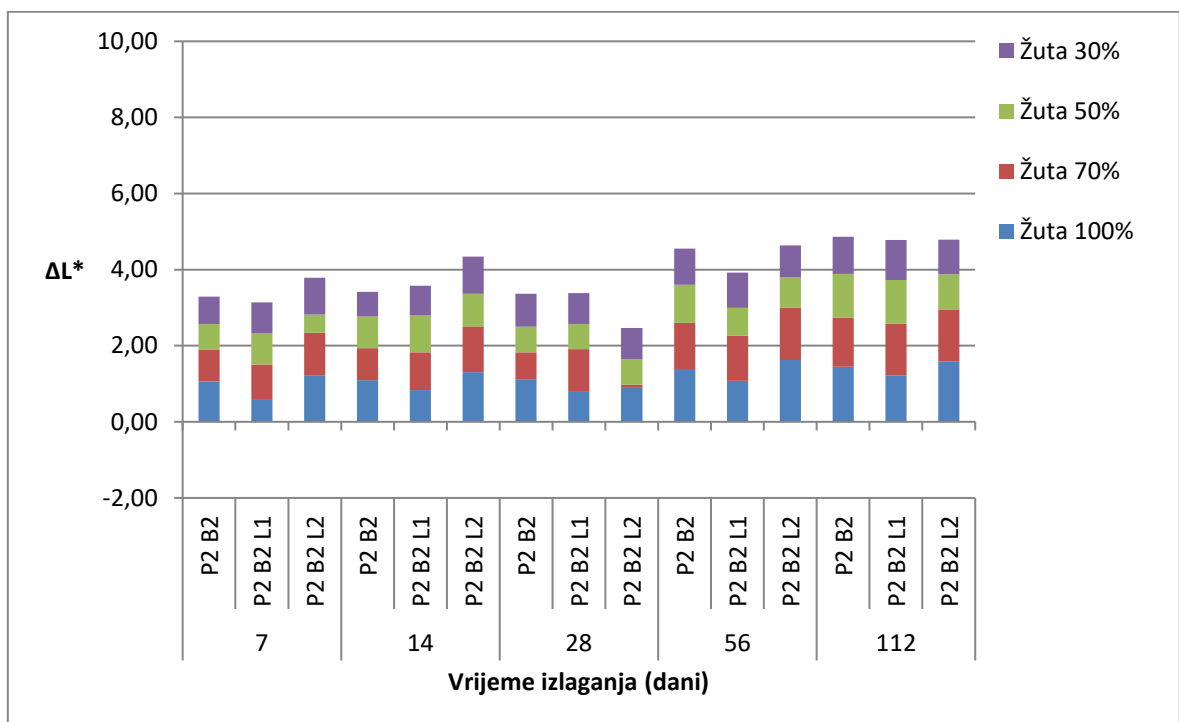
Slika 4.3.1.3.1. ΔL^* za otiske P₁B₁, P₁B₁L₁ i P₁B₁L₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



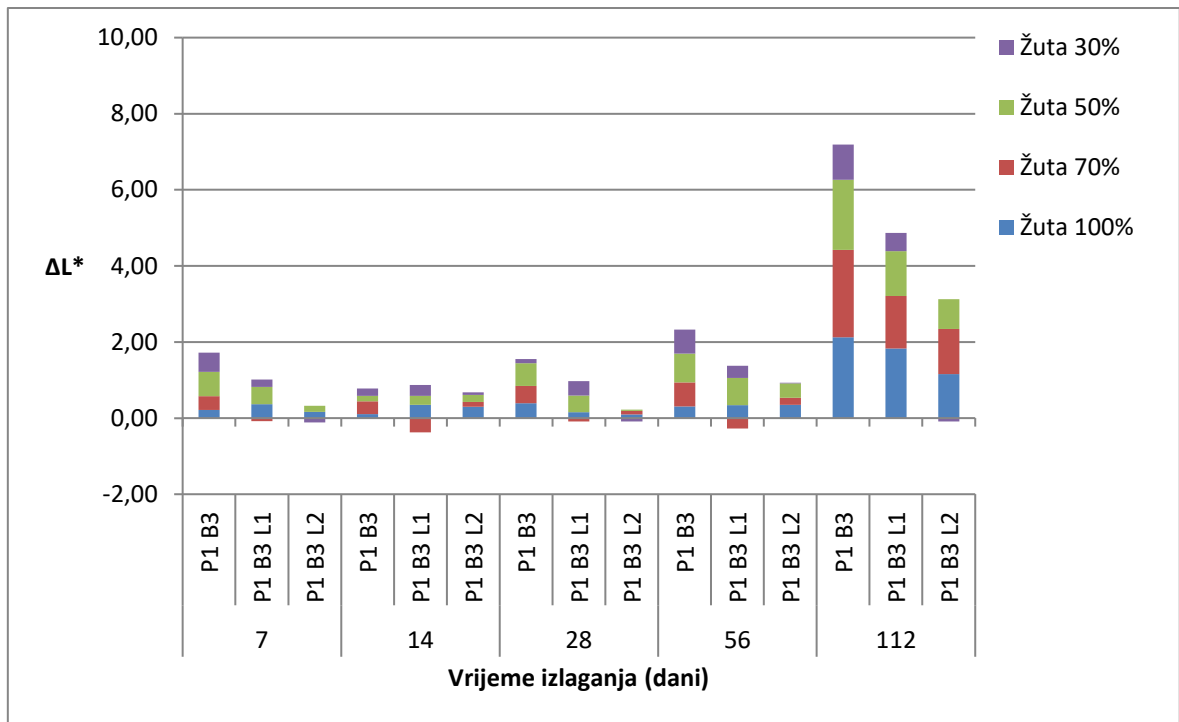
Slika 4.3.1.3.2. ΔL^* za otiske P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



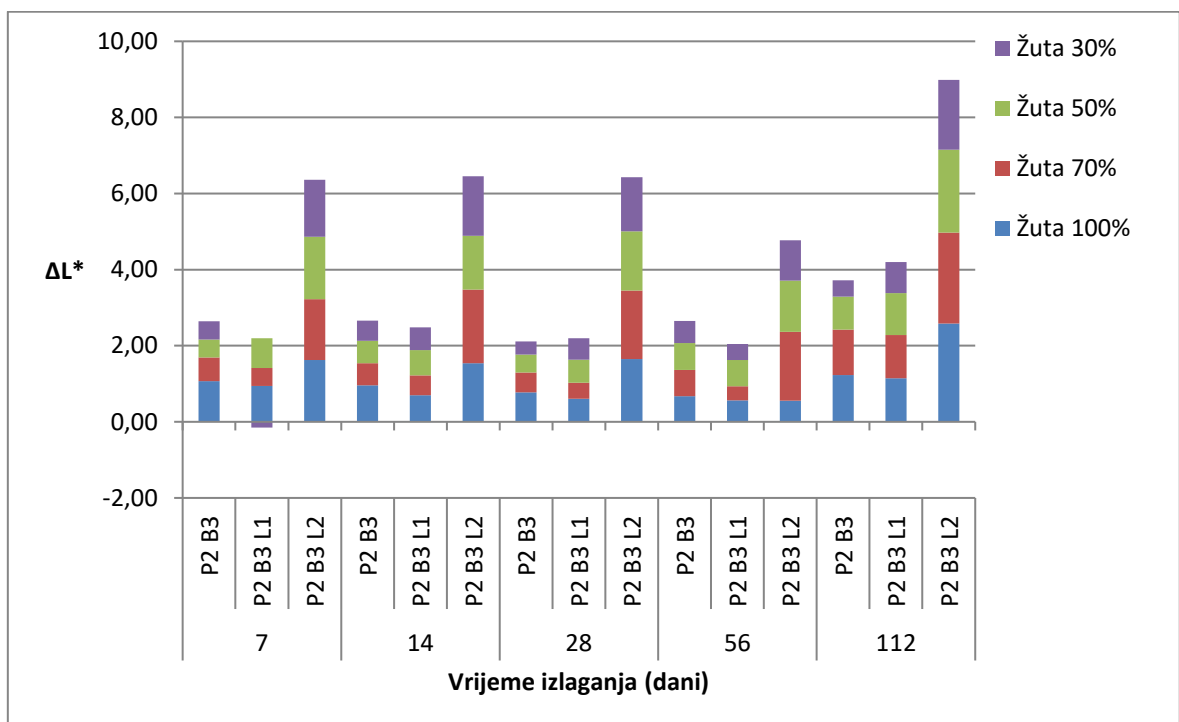
Slika 4.3.1.3.3. ΔL^* za otiske P₁B₂, P₁B₂L₁ i P₁B₂L₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.3.1.3.4. ΔL^* za otiske P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

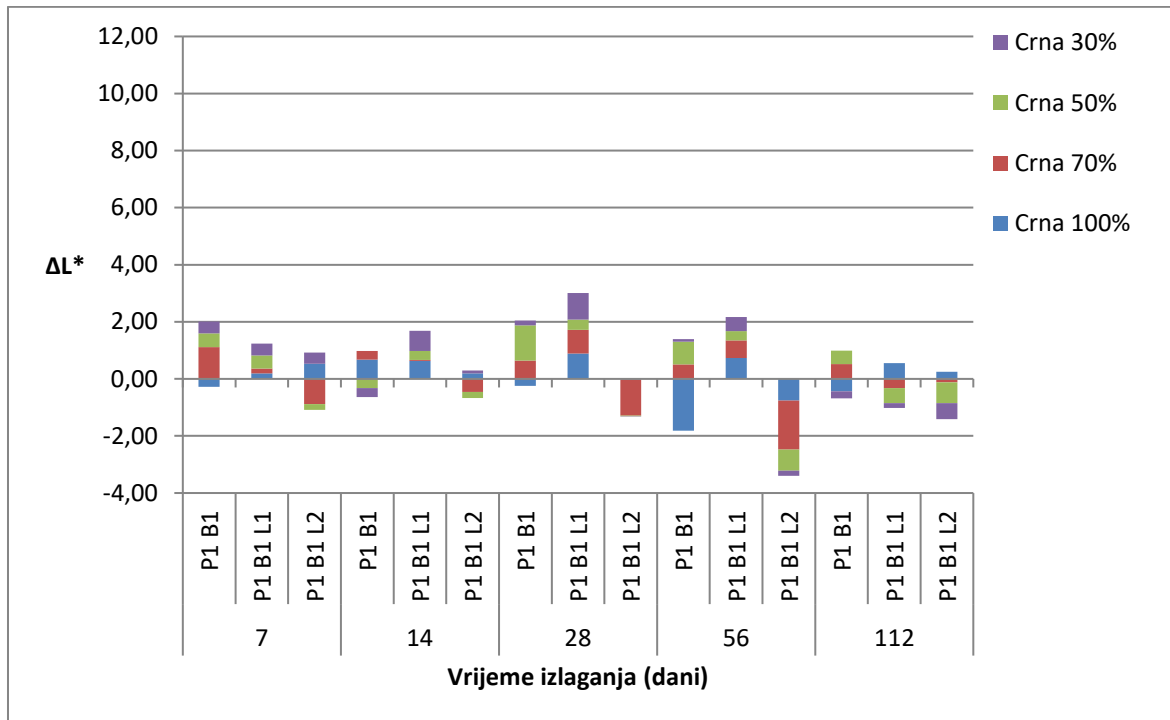


Slika 4.3.1.3.5. ΔL^* za otiske P₁B₃, P₁B₃L₁ i P₁B₃L₂ s žutim bojiлом u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

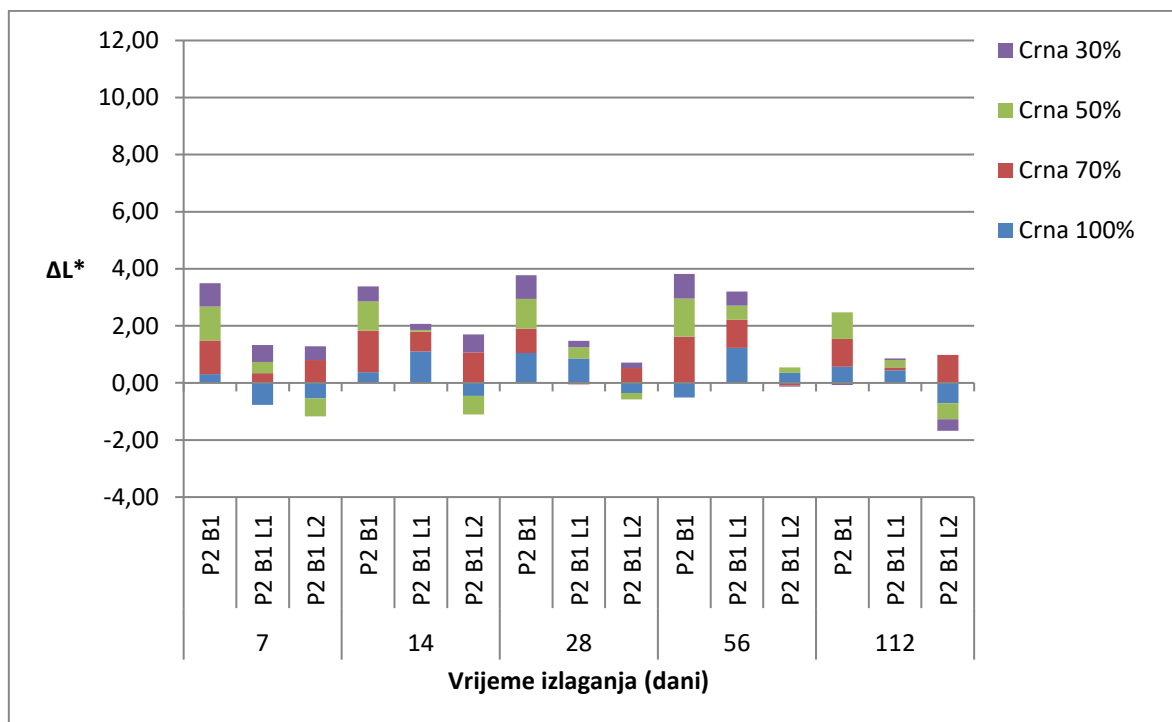


Slika 4.3.1.3.6. ΔL^* za otiske P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ s žutim bojiлом u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

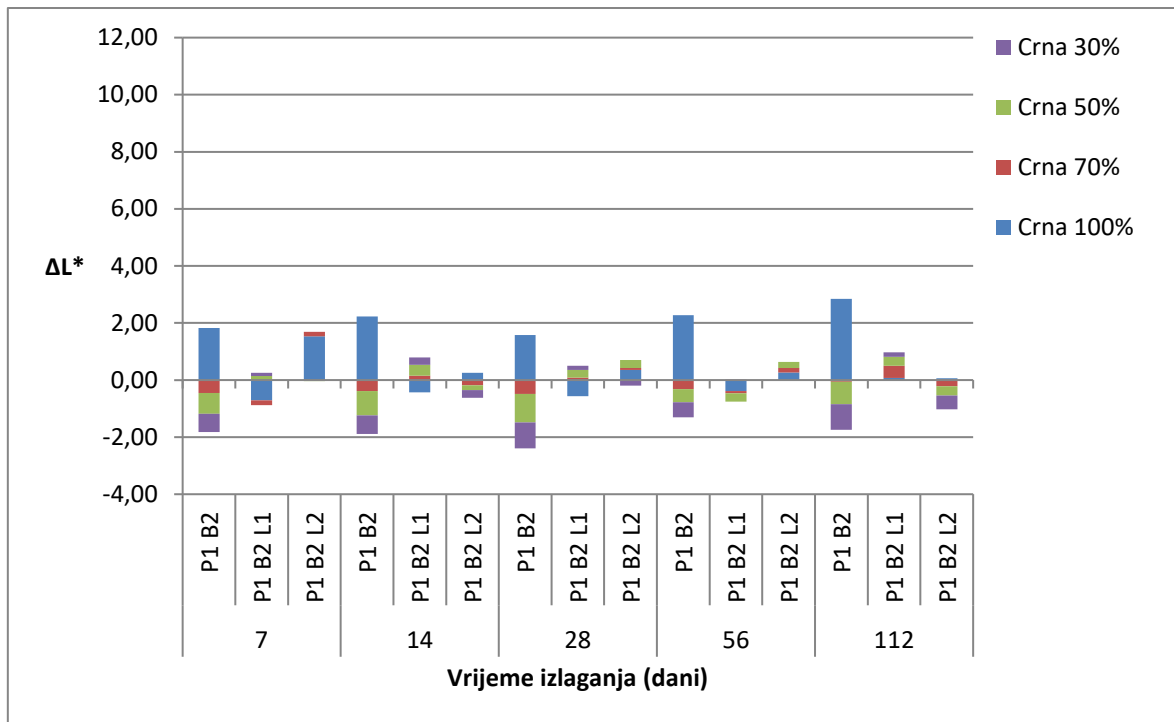
4.3.1.4. Rezultati ΔL^* za otiske sa crnim bojilima



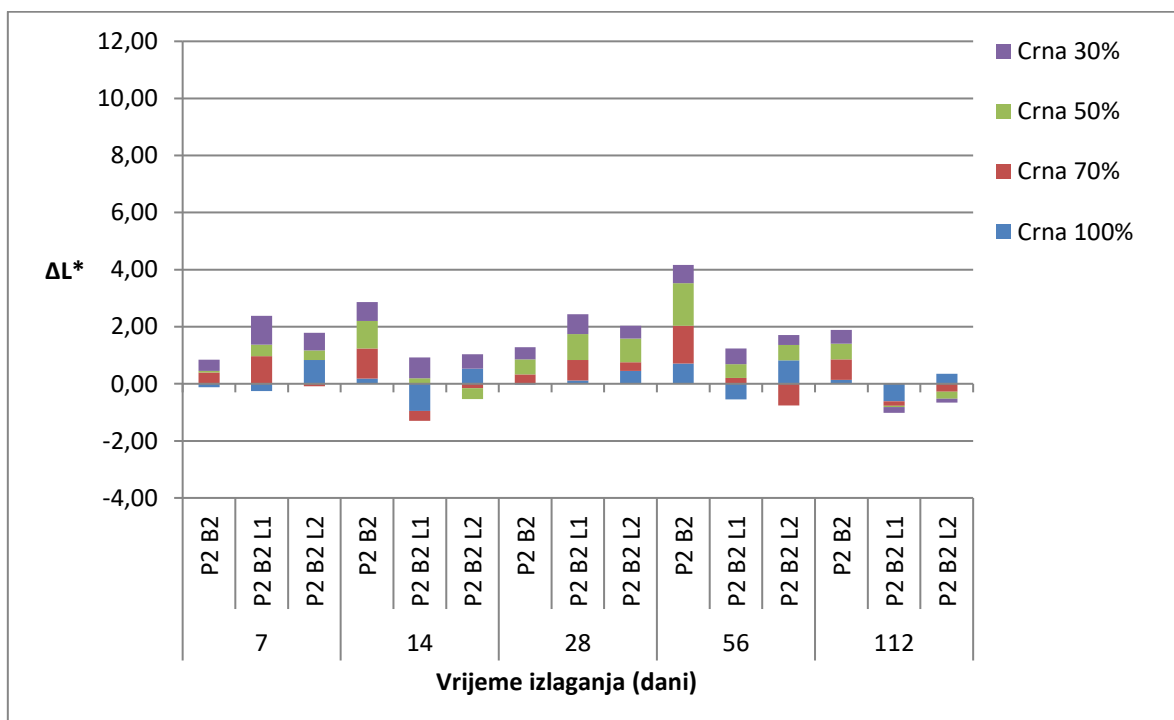
Slika 4.3.1.4.1. ΔL^* za otiske P₁B₁, P₁B₁L₁ i P₁B₁L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



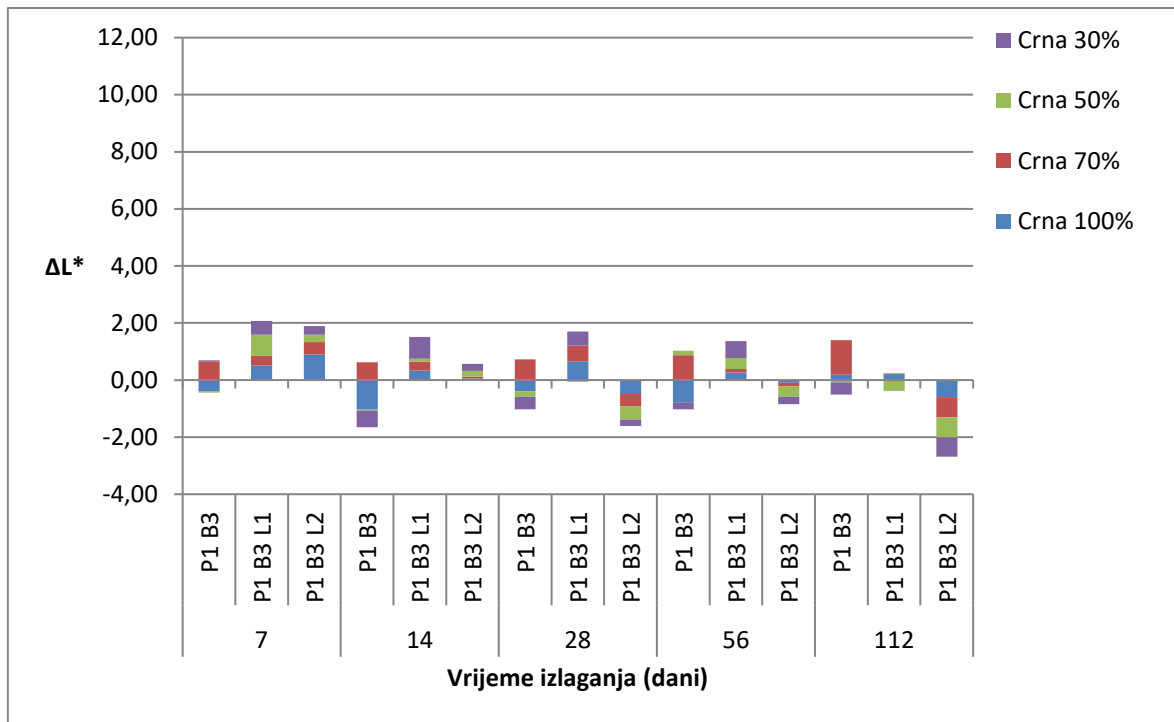
Slika 4.3.1.4.2. ΔL^* za otiske P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



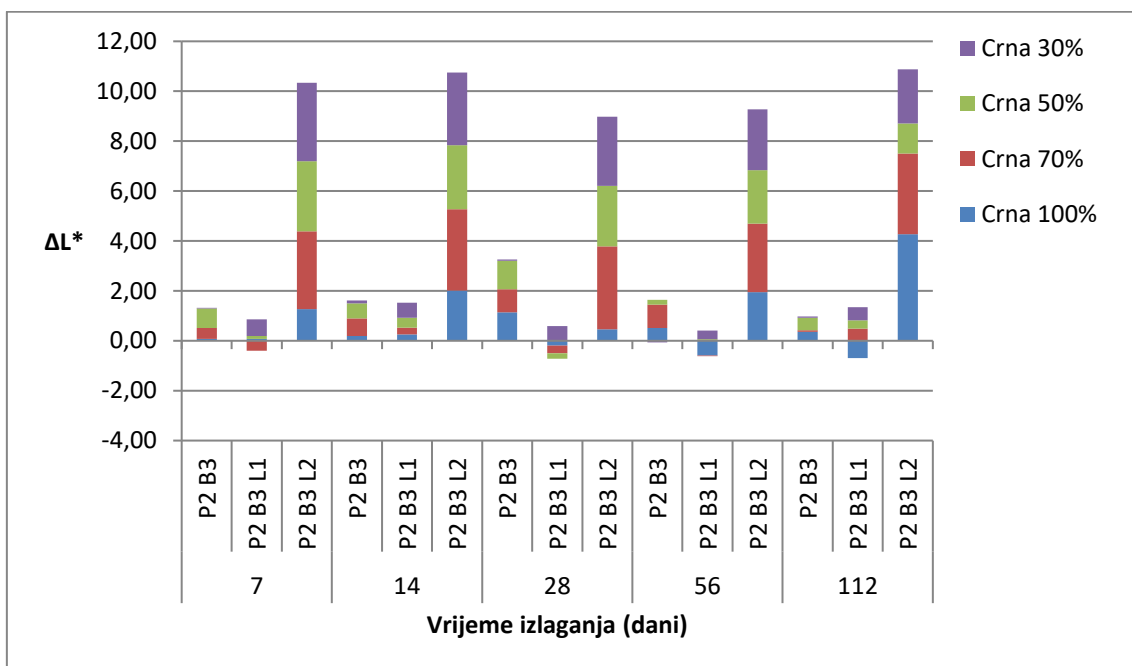
Slika 4.3.1.4.3. ΔL^* za otiske P₁B₂, P₁B₂L₁ i P₁B₂L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.3.1.4.4. ΔL^* za otiske P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



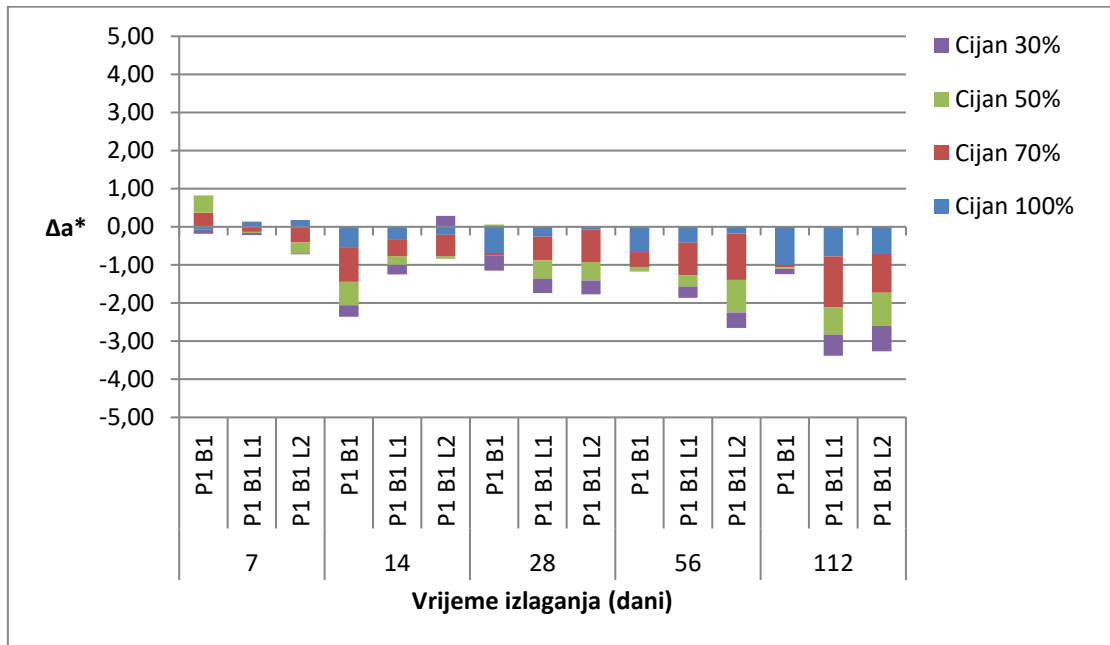
Slika 4.3.1.4.5. ΔL^* za otiske P₁B₃, P₁B₃L₁ i P₁B₃L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



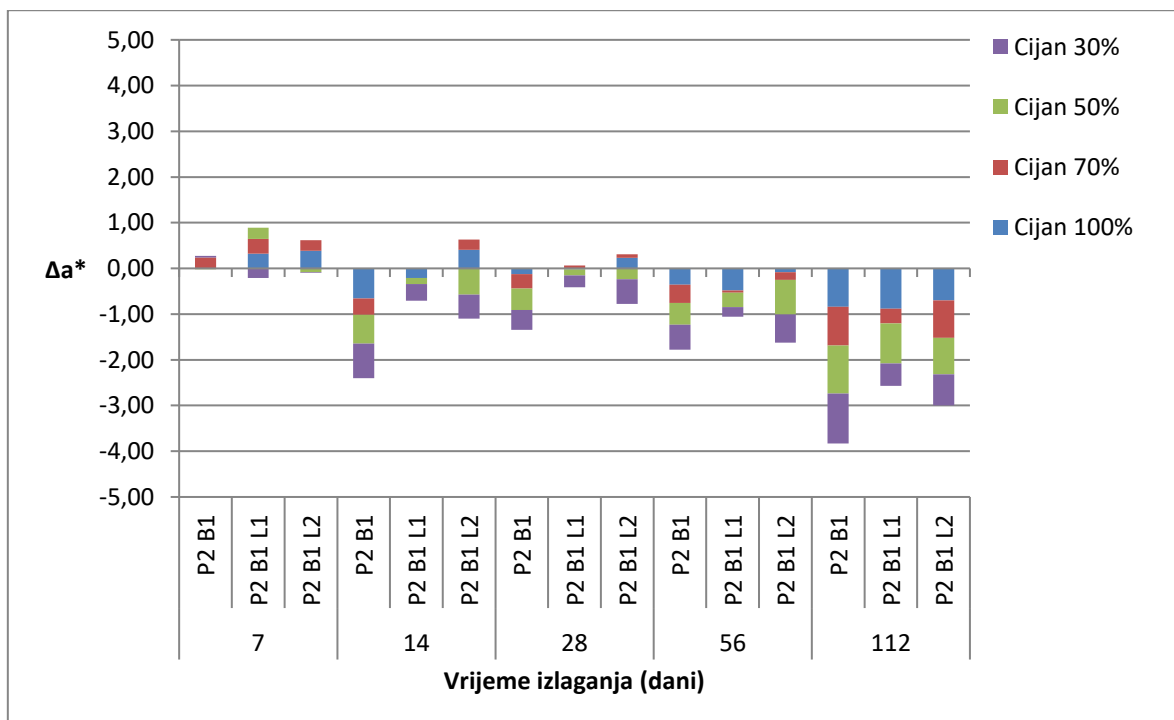
Slika 4.3.1.4.6. ΔL^* za otiske P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

4.3.2. Rezultati ovisnosti Δa^* za otiske separacija CMYK bojila B₁, B₂ i B₃, u kombinaciji s kartonima P₁ i P₂, te lakovima L₁ i L₂ u odnosu na RTV i dinamiku izlaganja zračenju kroz prozorsko staklo

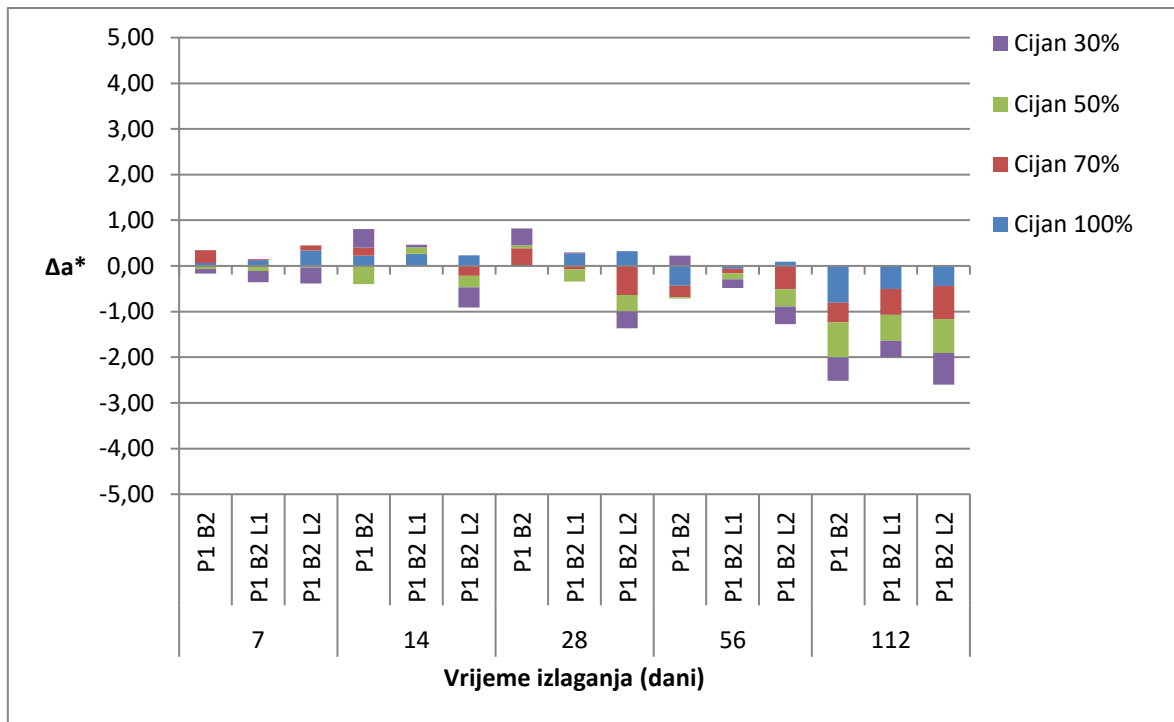
4.3.2.1. Rezultati Δa^* za otiske sa cijan bojilima



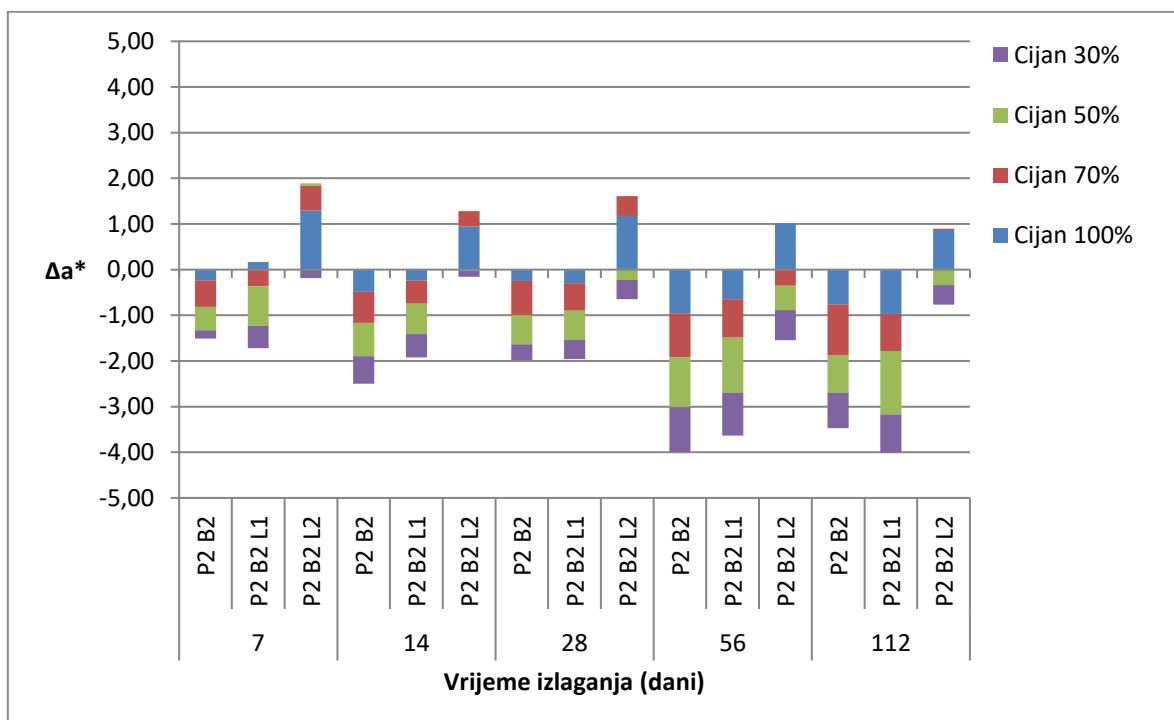
Slika 4.3.2.1.1. Δa^* za otiske P₁B₁, P₁B₁L₁ i P₁B₁L₂ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



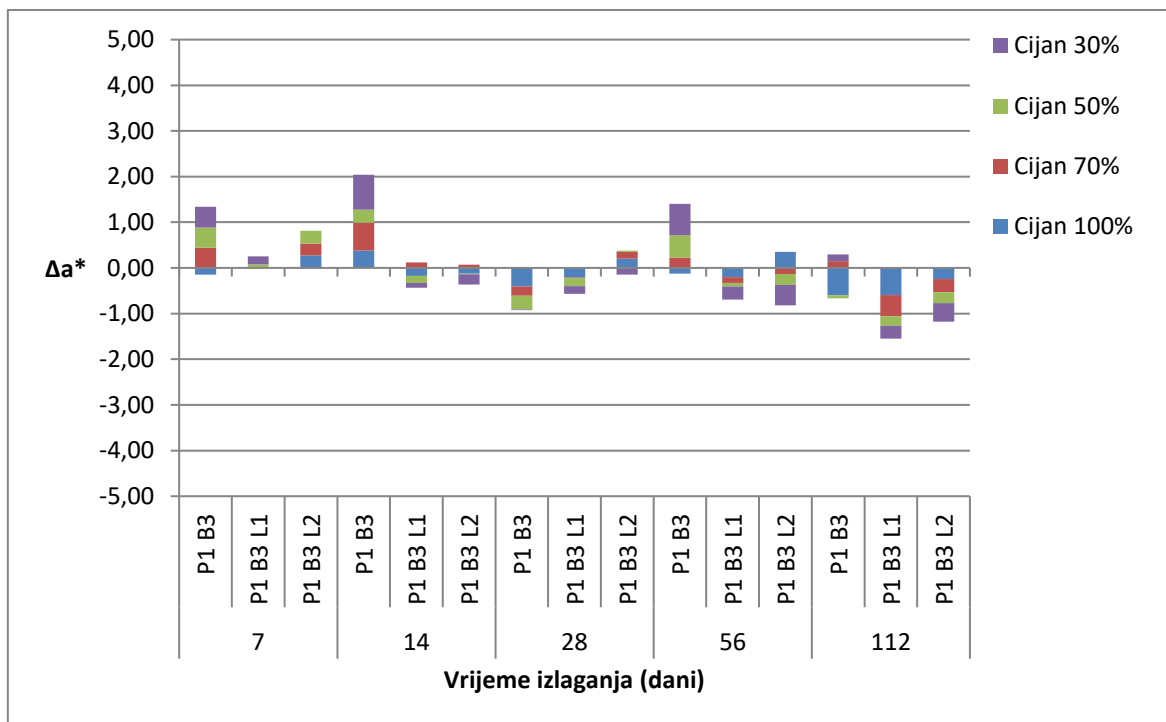
Slika 4.3.2.1.2. Δa^* za otiske P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



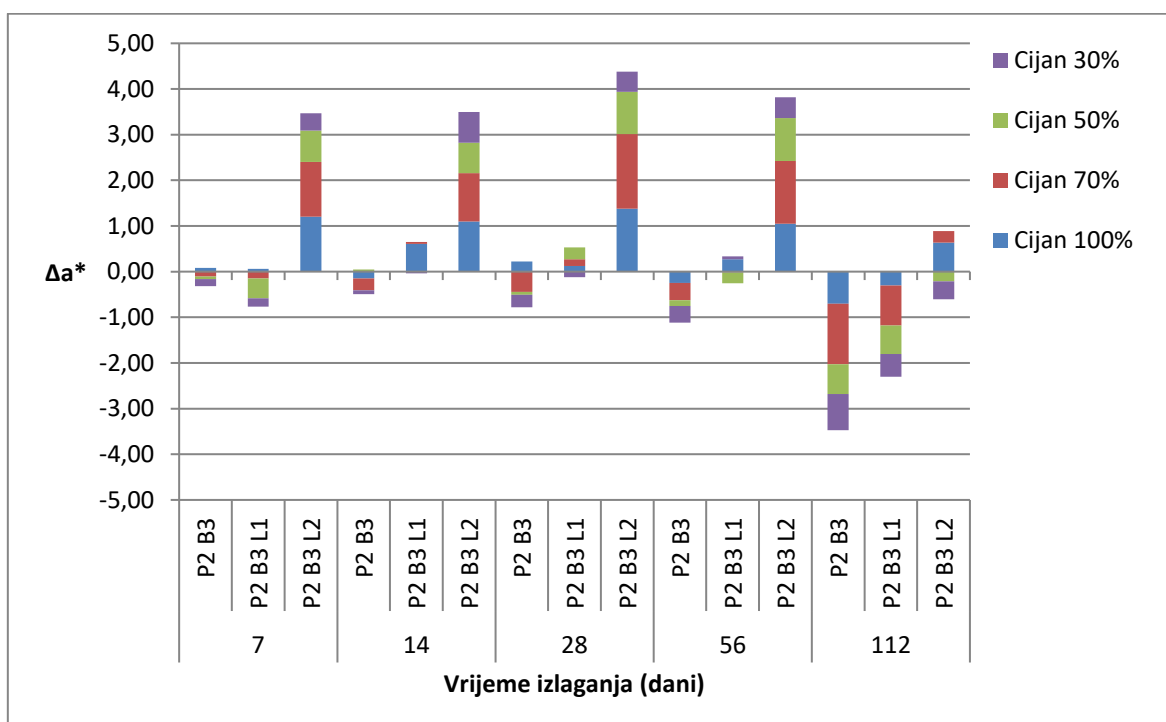
Slika 4.3.2.1.3. Δa^* za otiske P1B2, P1B2L1 i P1B2L2 s cijan bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.3.2.1.4. Δa^* za otiske P2B2, P2B2L1 i P2B2L2 s cijan bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

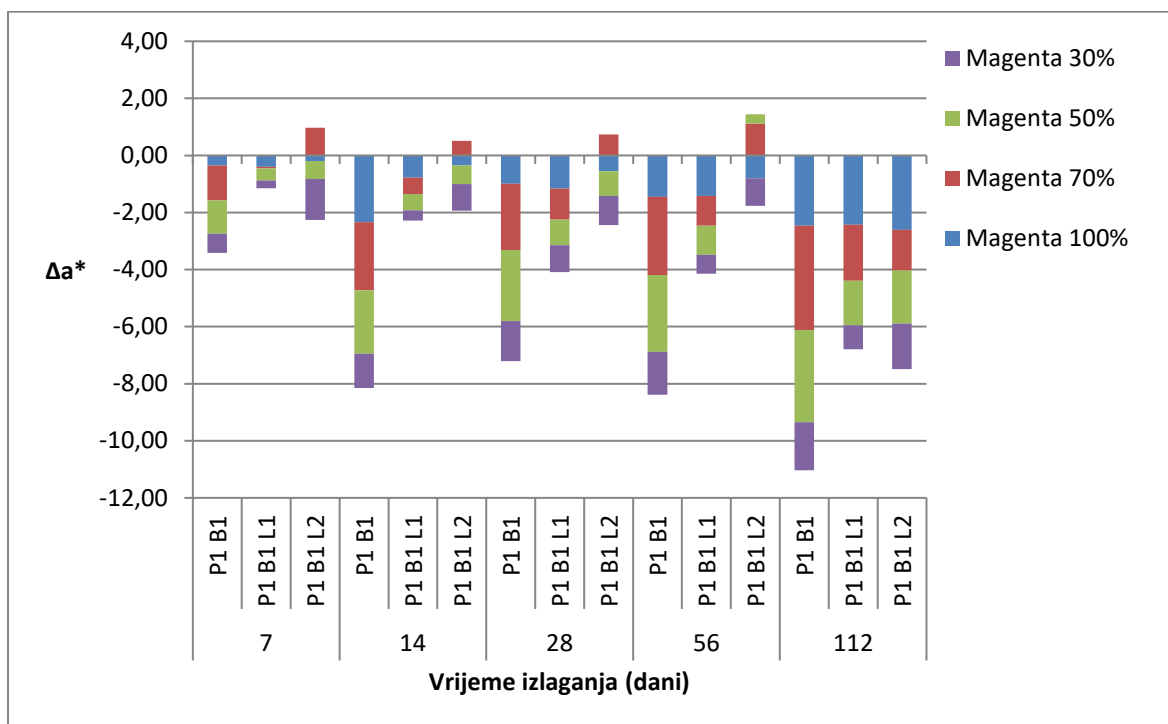


Slika 4.3.2.1.5. Δa^* za otiske P₁B₃, P₁B₃L₁ i P₁B₃L₂ s cijan bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

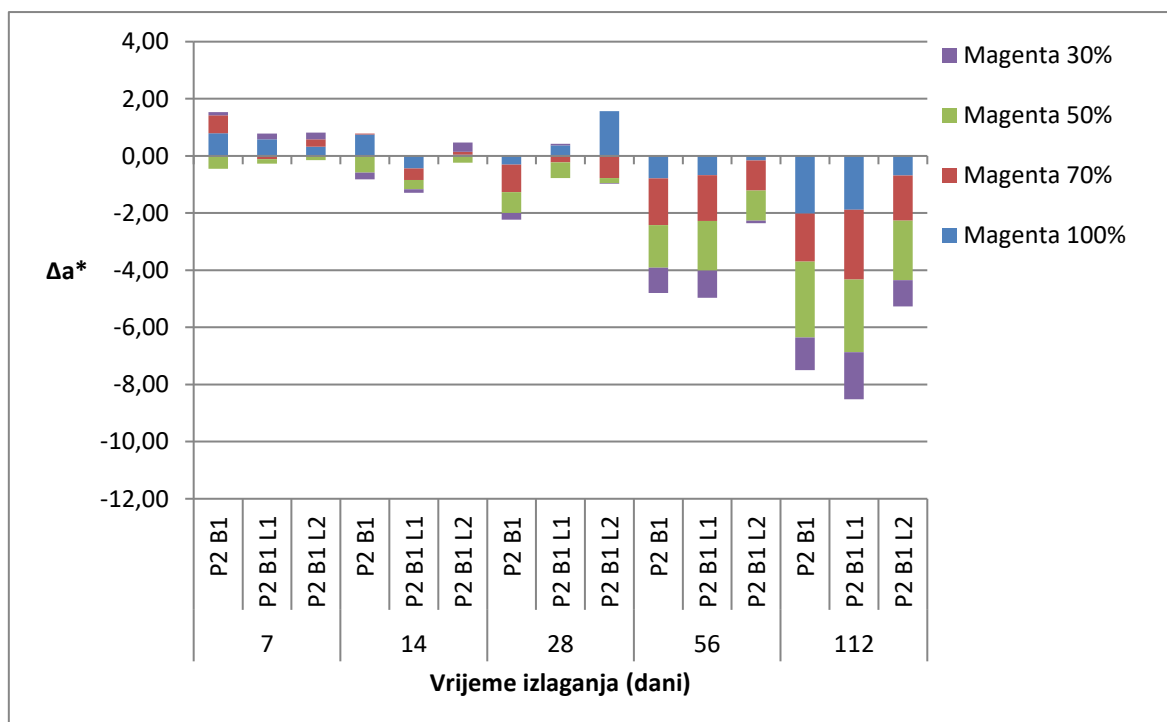


Slika 4.3.2.1.6. Δa^* za otiske P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ s cijan bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

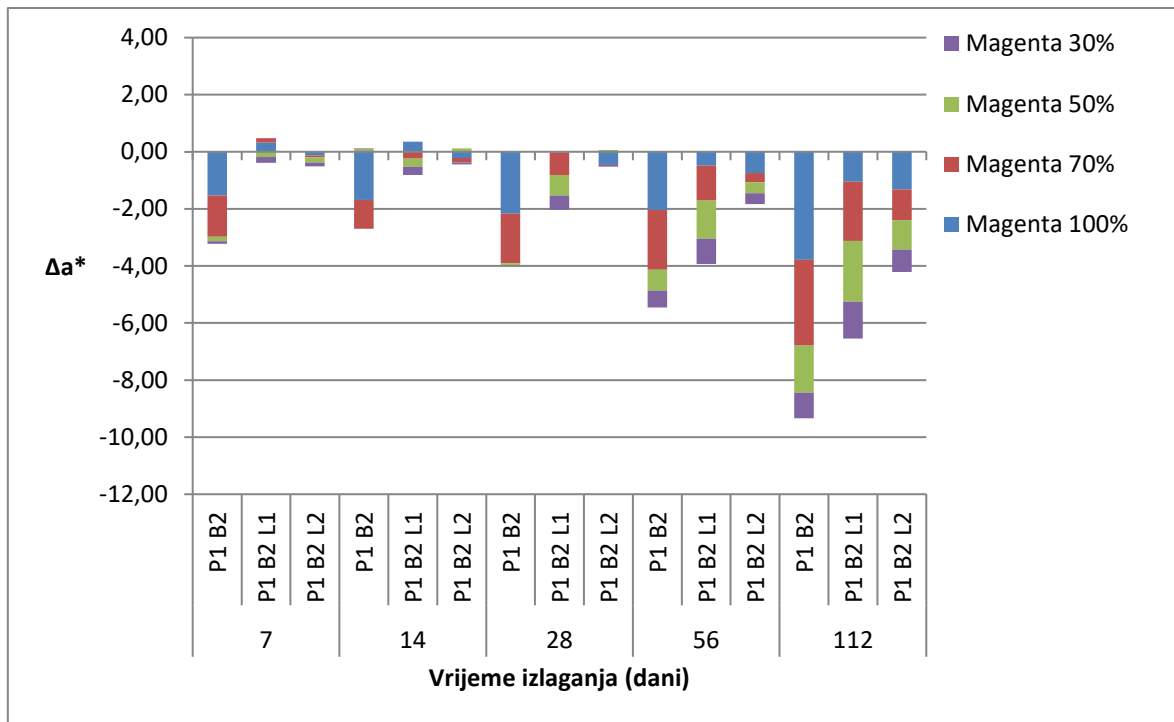
4.3.2.2. Rezultati Δa^* za otiske s magenta bojilima



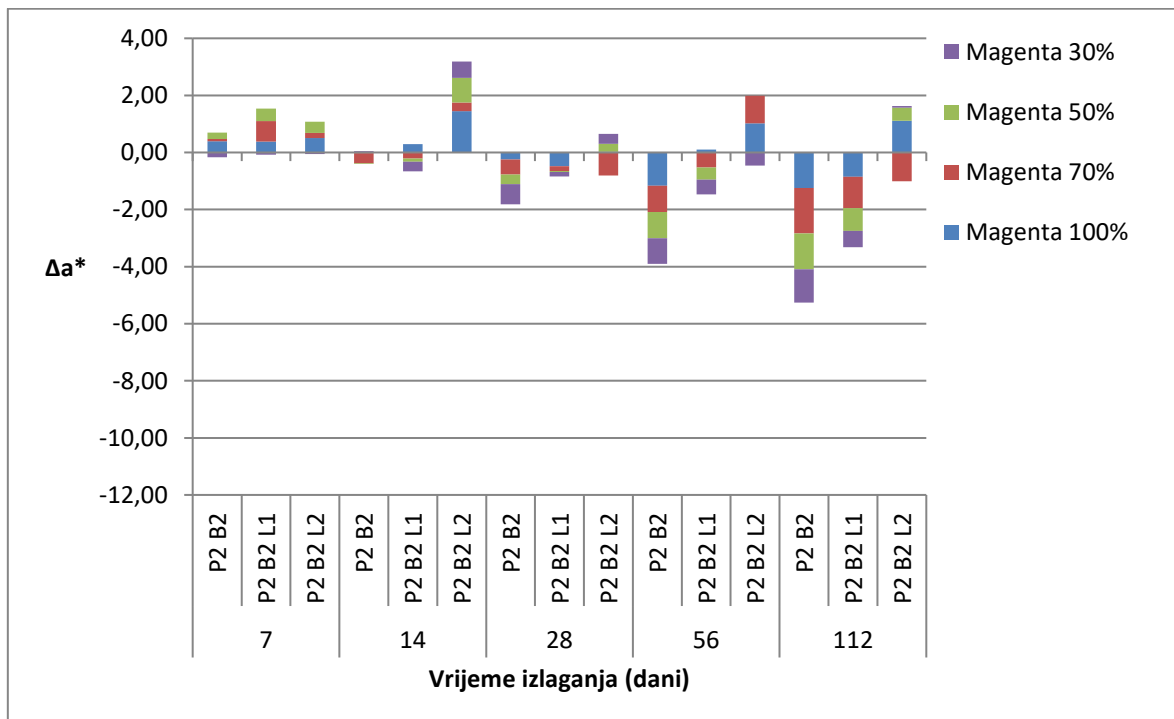
Slika 4.3.2.2.1. Δa^* za otiske P₁B₁, P₁B₁L₁ i P₁B₁L₂ s magenta bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



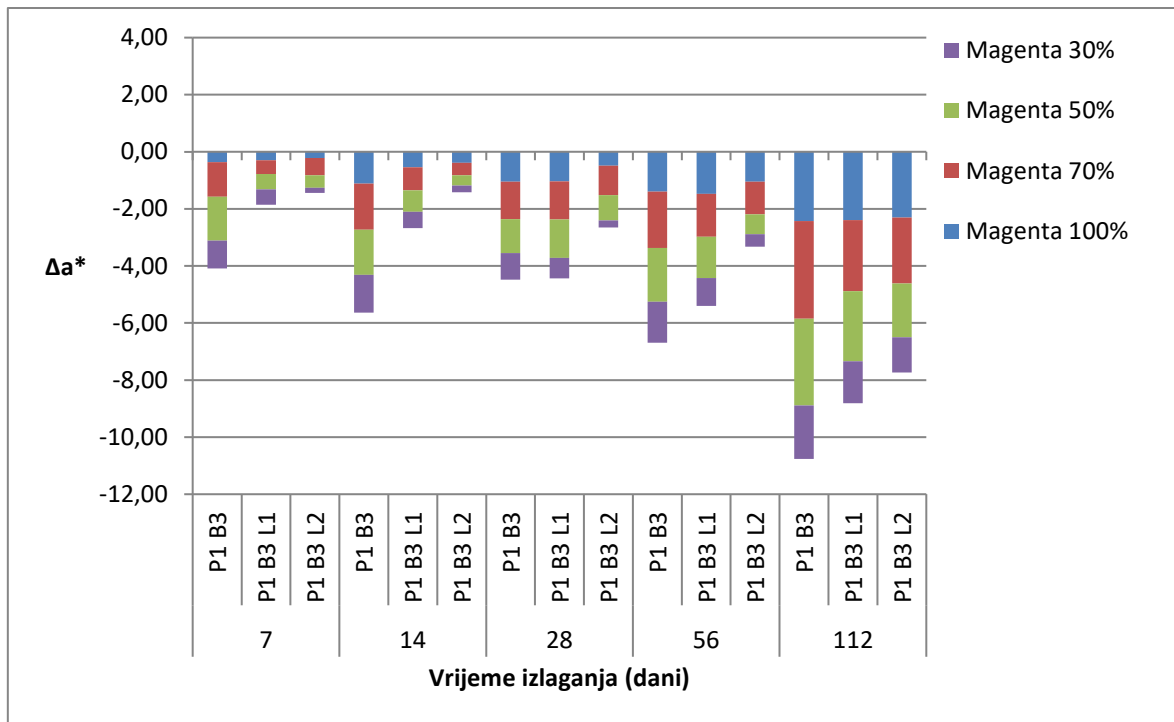
Slika 4.3.2.2.2. Δa^* za otiske P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ s magenta bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



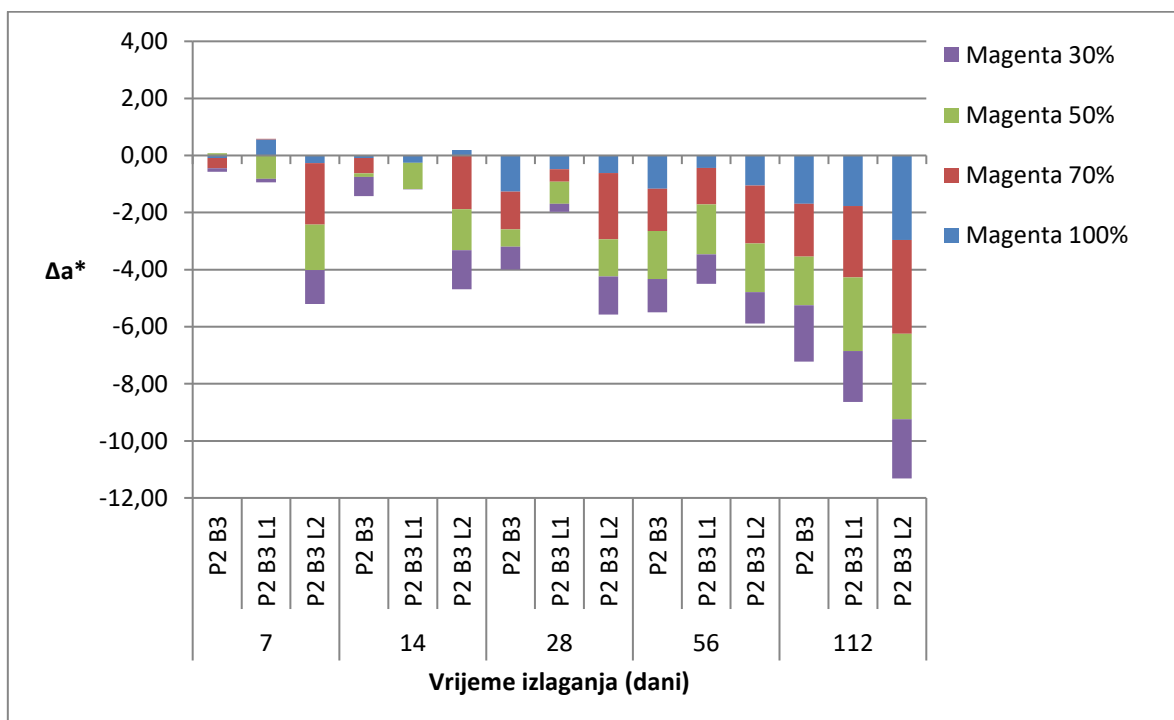
Slika 4.3.2.2.3. Δa^* za otiske P₁B₂, P₁B₂L₁ i P₁B₂L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.3.2.2.4. Δa^* za otiske P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

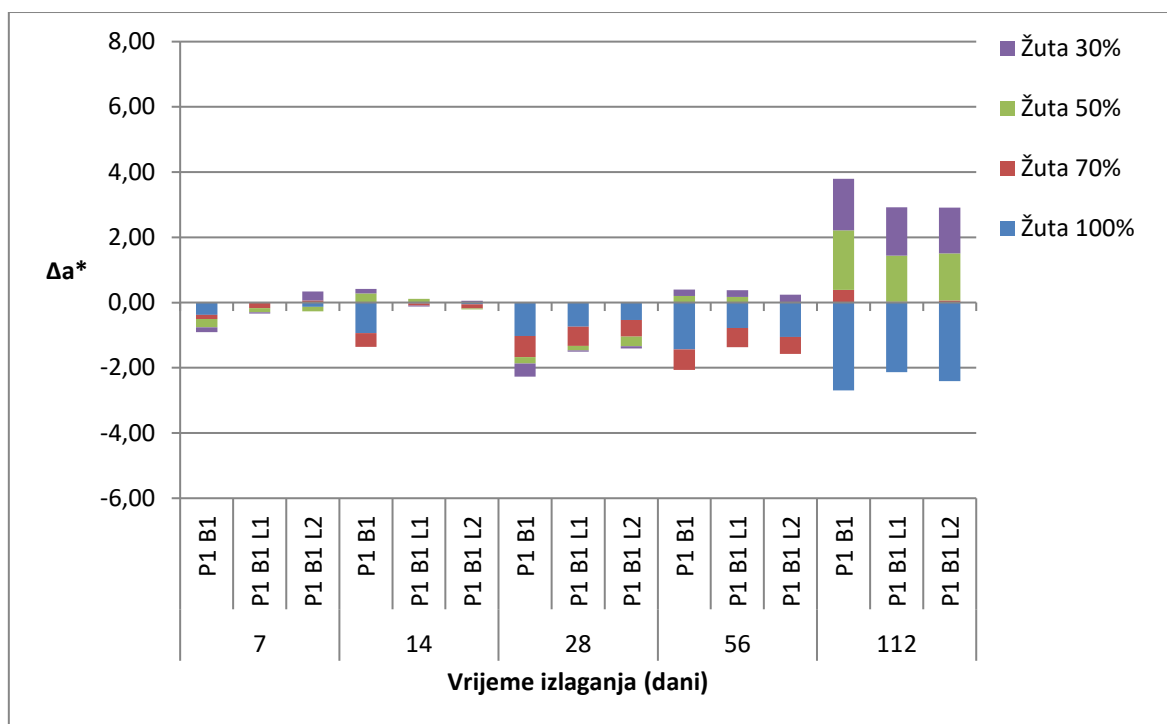


Slika 4.3.2.2.5. Δa^* za otiske P₁B₃, P₁B₃L₁ i P₁B₃L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

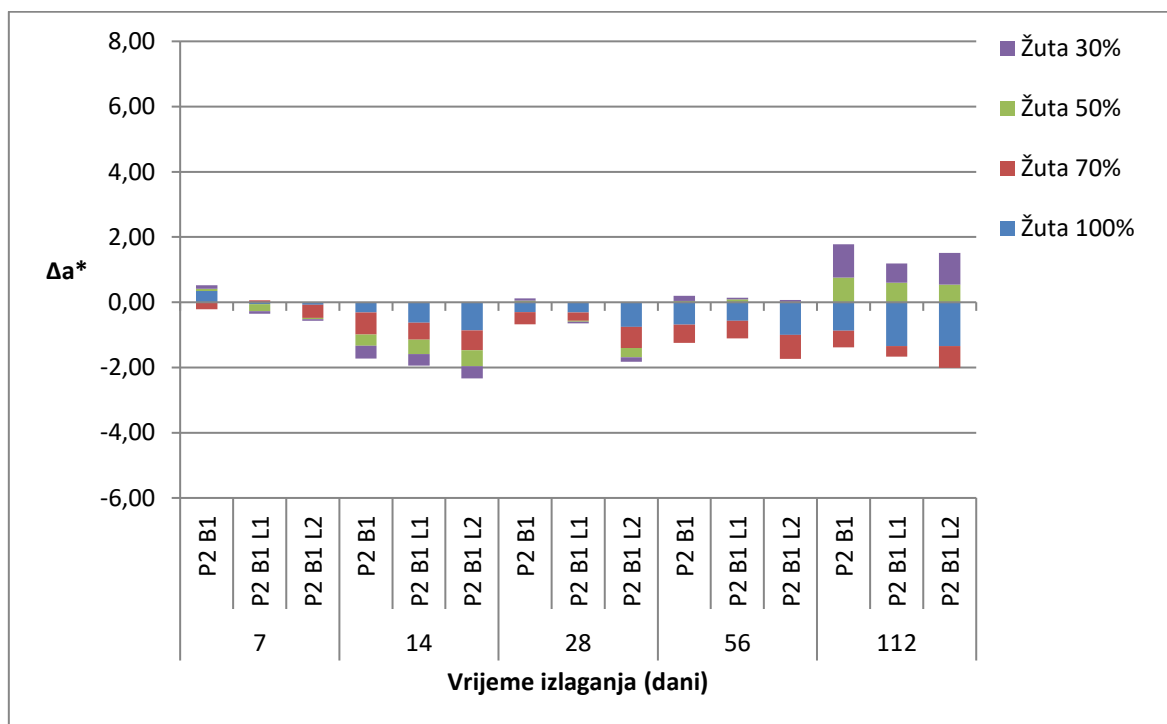


Slika 4.3.2.2.6. Δa^* za otiske P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

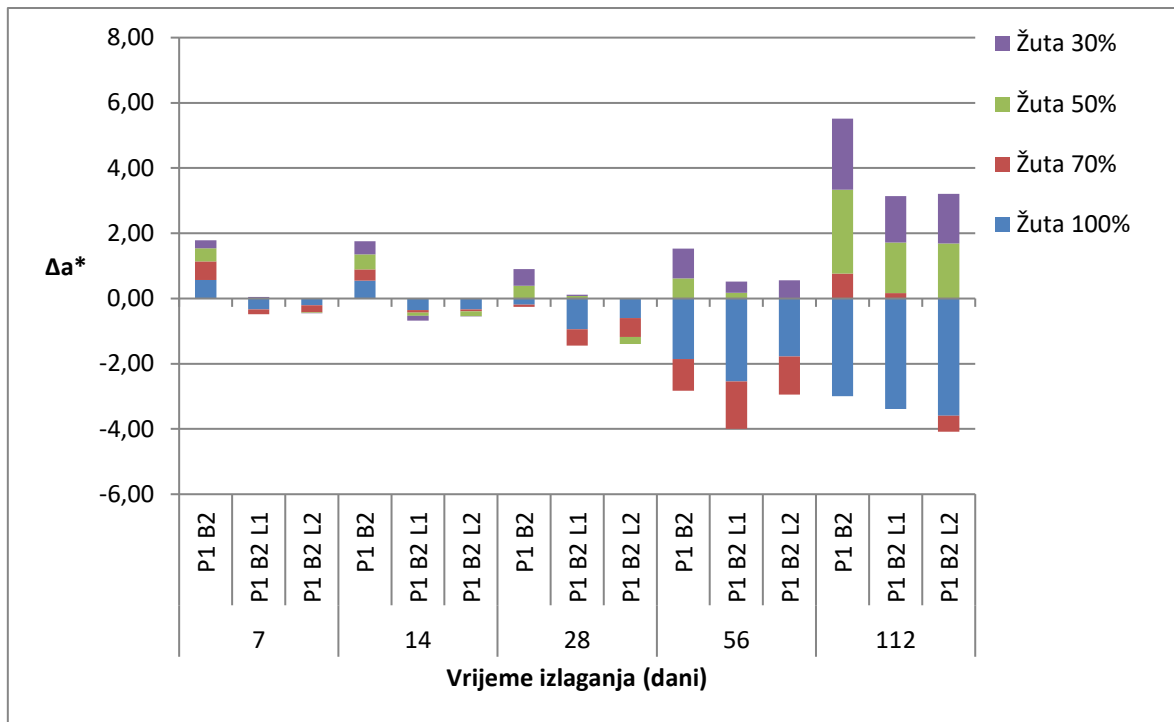
4.3.2.3. Rezultati Δa^* za otiske s žutim bojilima



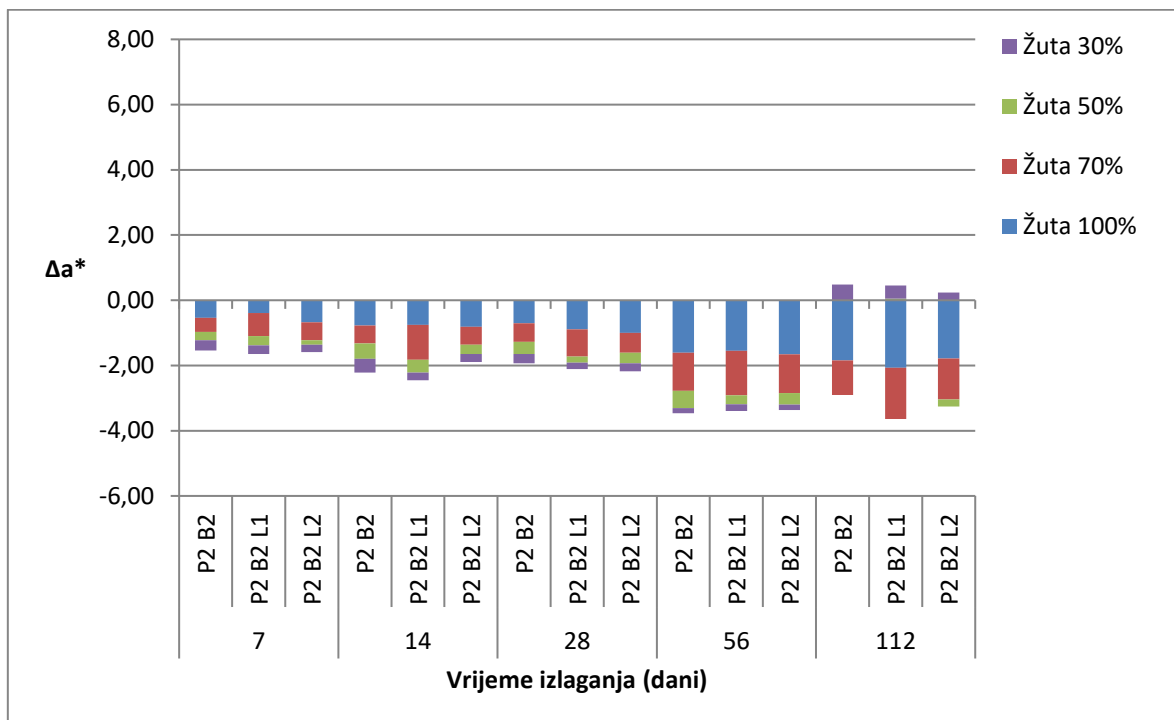
Slika 4.3.2.3.1. Δa^* za otiske P₁B₁, P₁B₁L₁i P₁B₁L₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



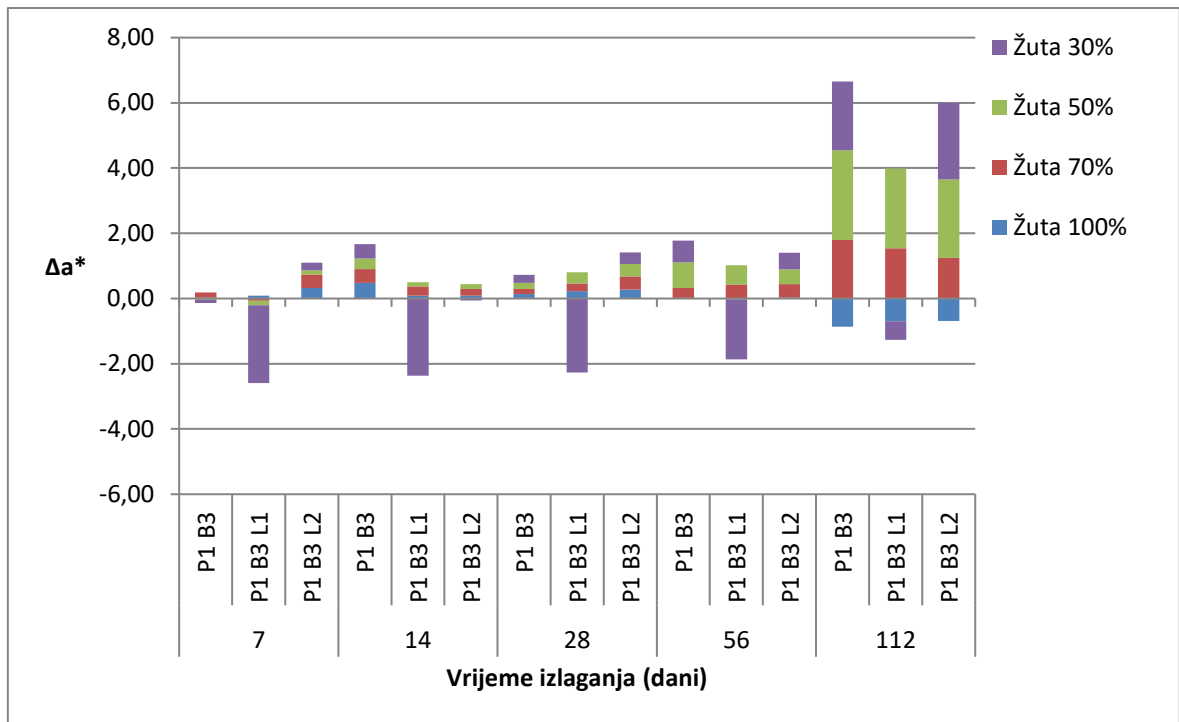
Slika 4.3.2.3.2. Δa^* za otiske P₂B₁, P₂B₁L₁i P₂B₁L₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



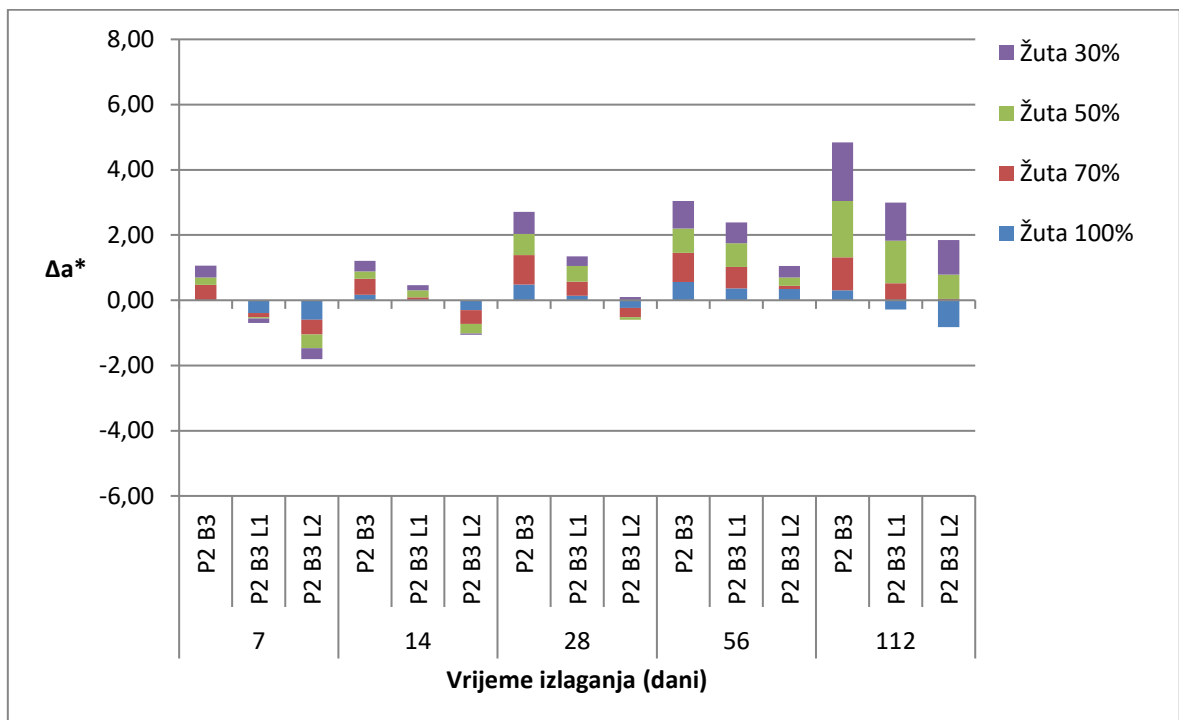
Slika 4.3.2.3.3. Δa^* za otiske P₁B₂, P₁B₂L₁ i P₁B₂L₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.3.2.3.4. Δa^* za otiske P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

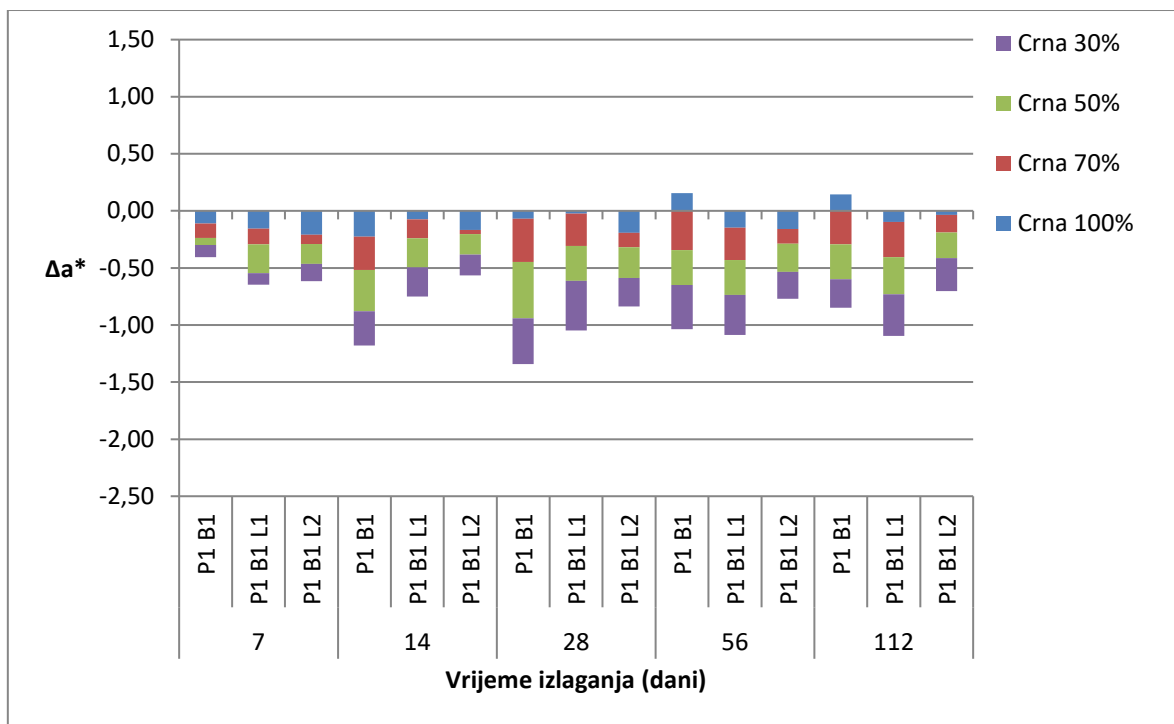


Slika 4.3.2.3.5. Δa^* za otiske P1B3, P1B3L1 i P1B3L2 s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

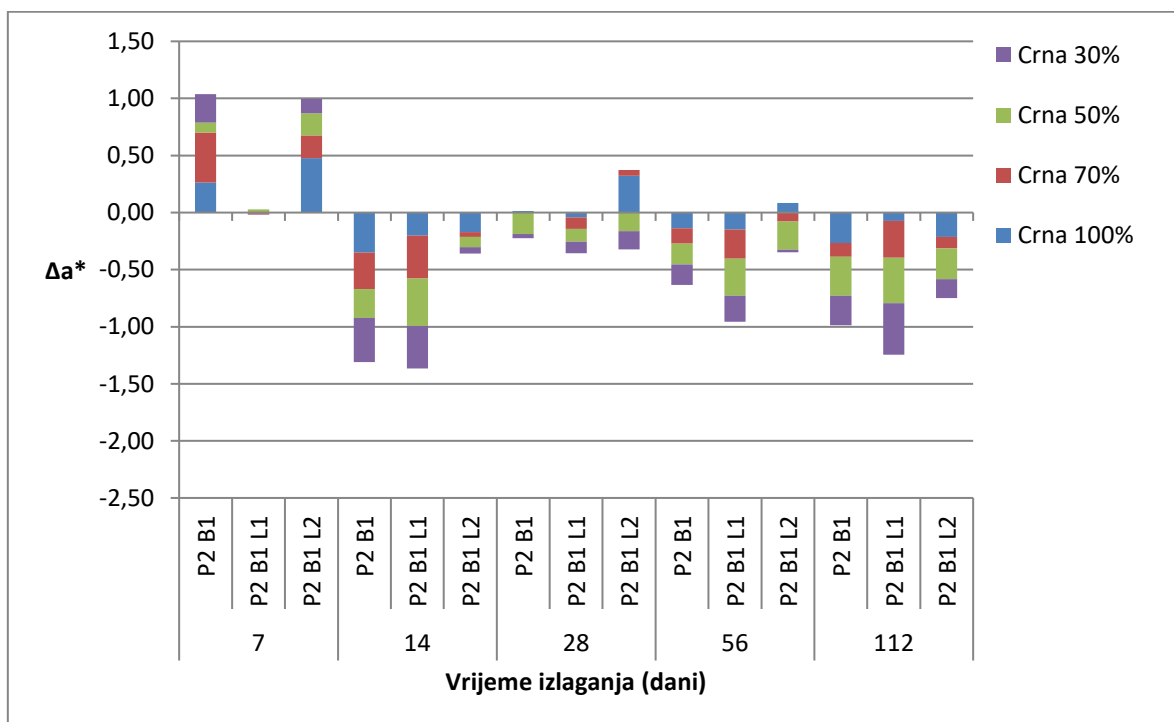


Slika 4.3.2.3.6. Δa^* za otiske P2B3, P2B3L1 i P2B3L2 s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

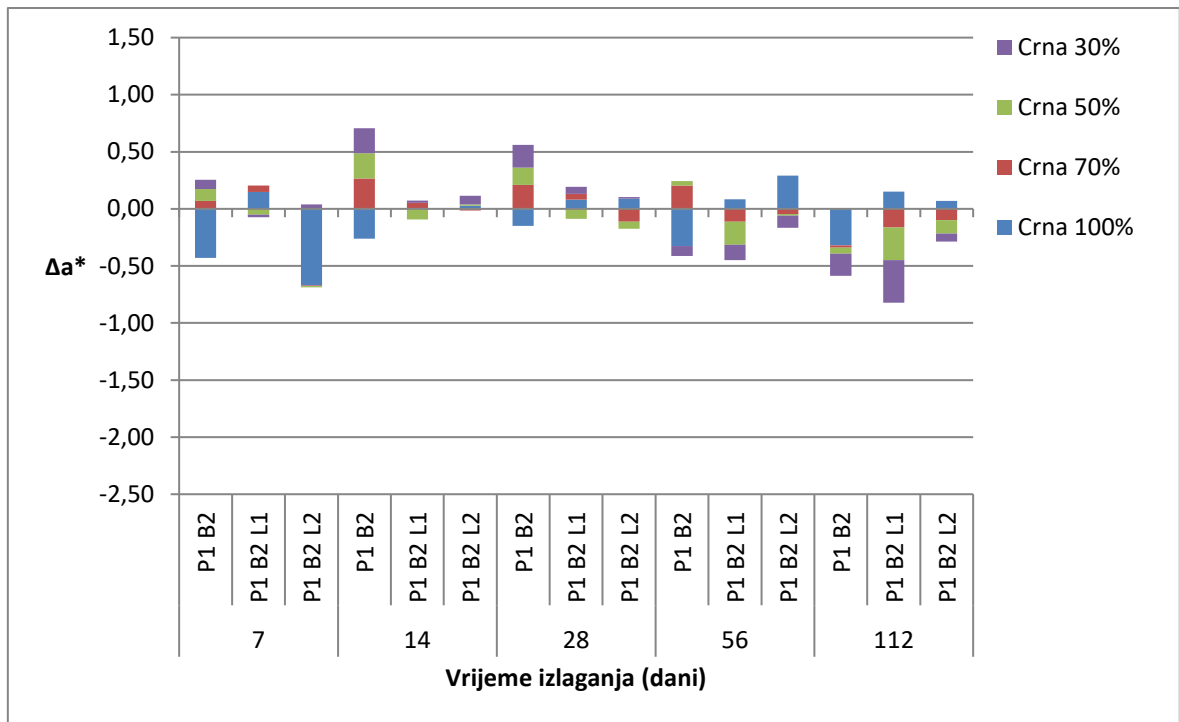
4.3.2.4. Rezultati Δa^* za otiske sa crnim bojilima



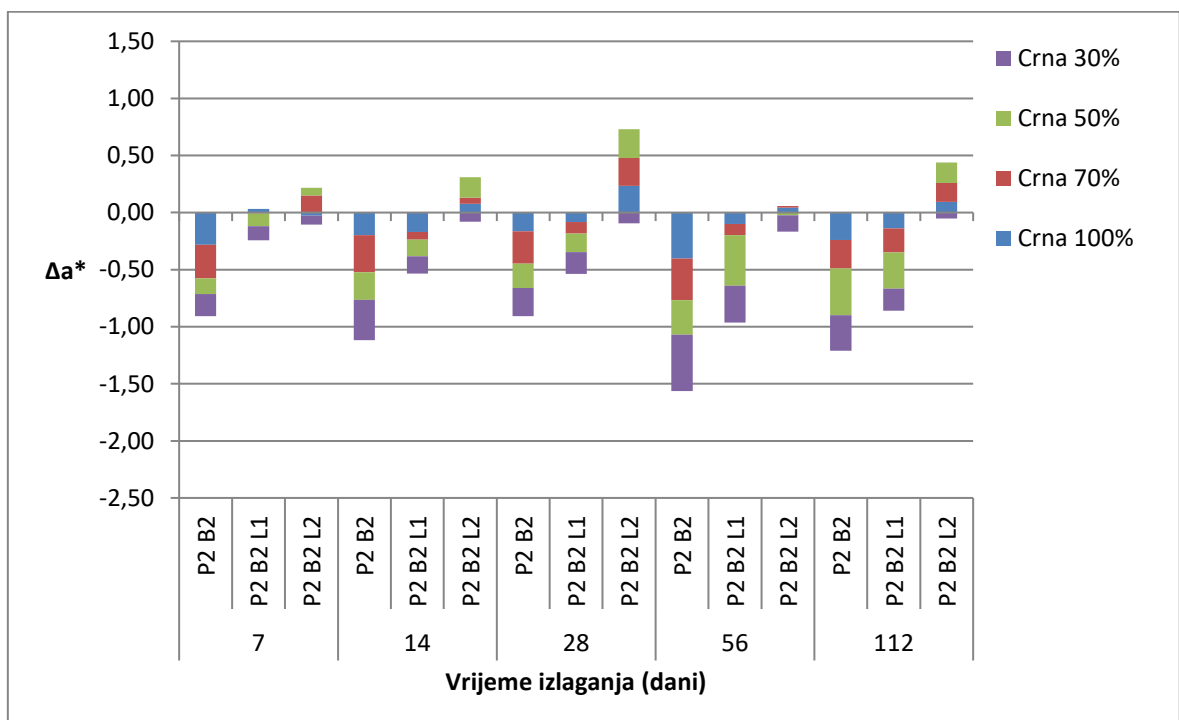
Slika 4.3.2.4.1. Δa^* za otiske P₁B₁, P₁B₁L₁ i P₁B₁L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



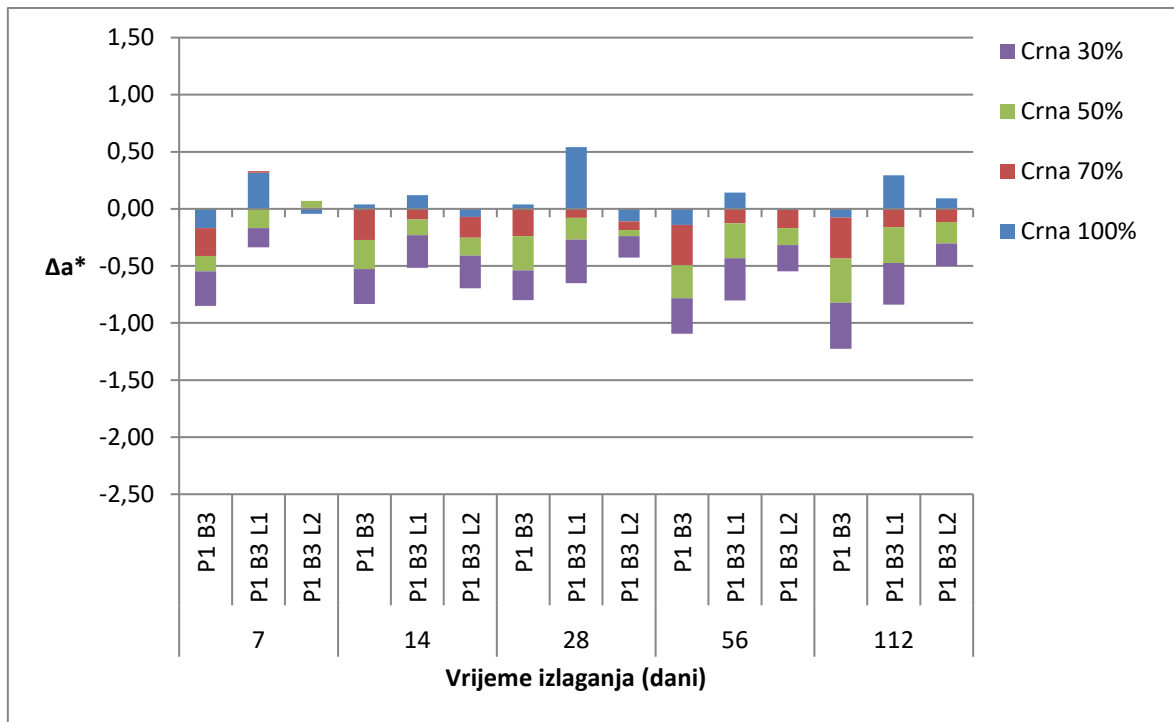
Slika 4.3.2.4.2. Δa^* za otiske P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



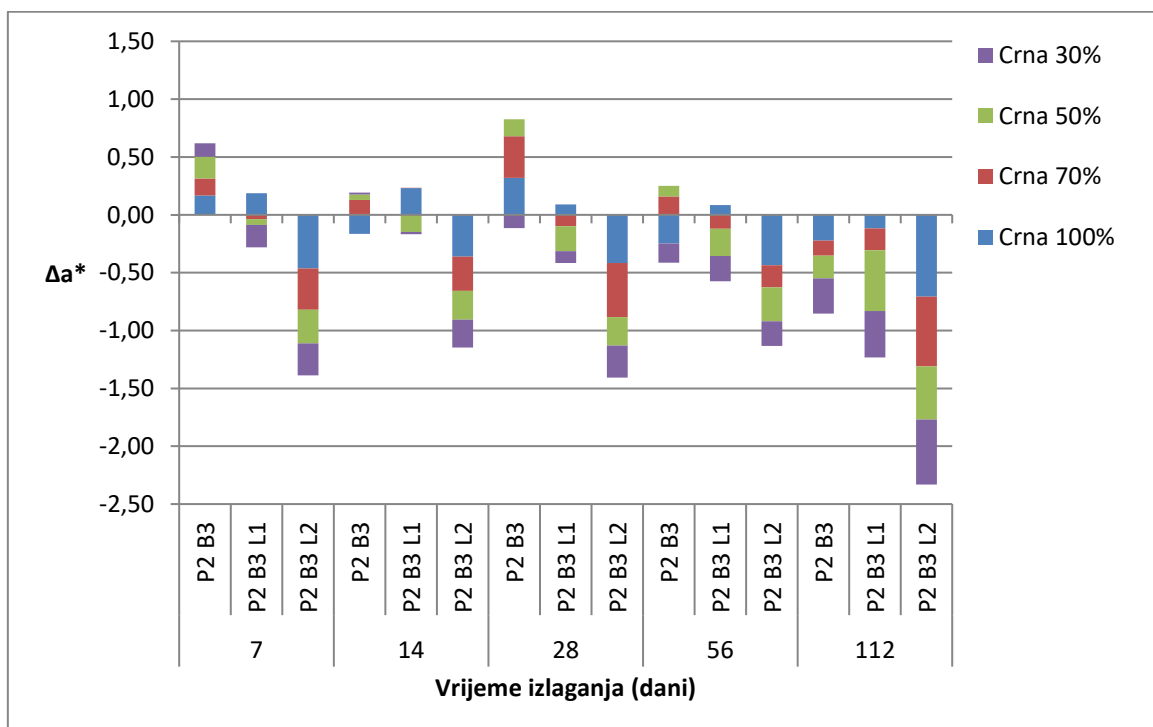
Slika 4.3.2.4.3. Δa^* za otiske P₁B₂, P₁B₂L₁ i P₁B₂L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.3.2.4.4. Δa^* za otiske P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



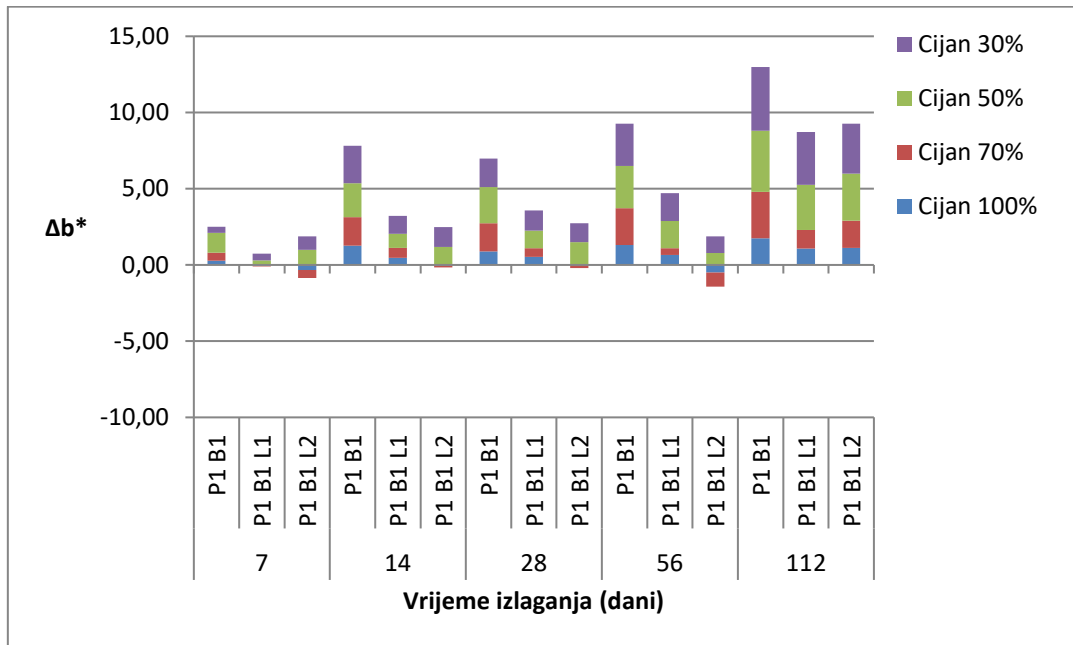
Slika 4.3.2.4.5. Δa^* za otiske P₁B₃, P₁B₃L₁ i P₁B₃L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



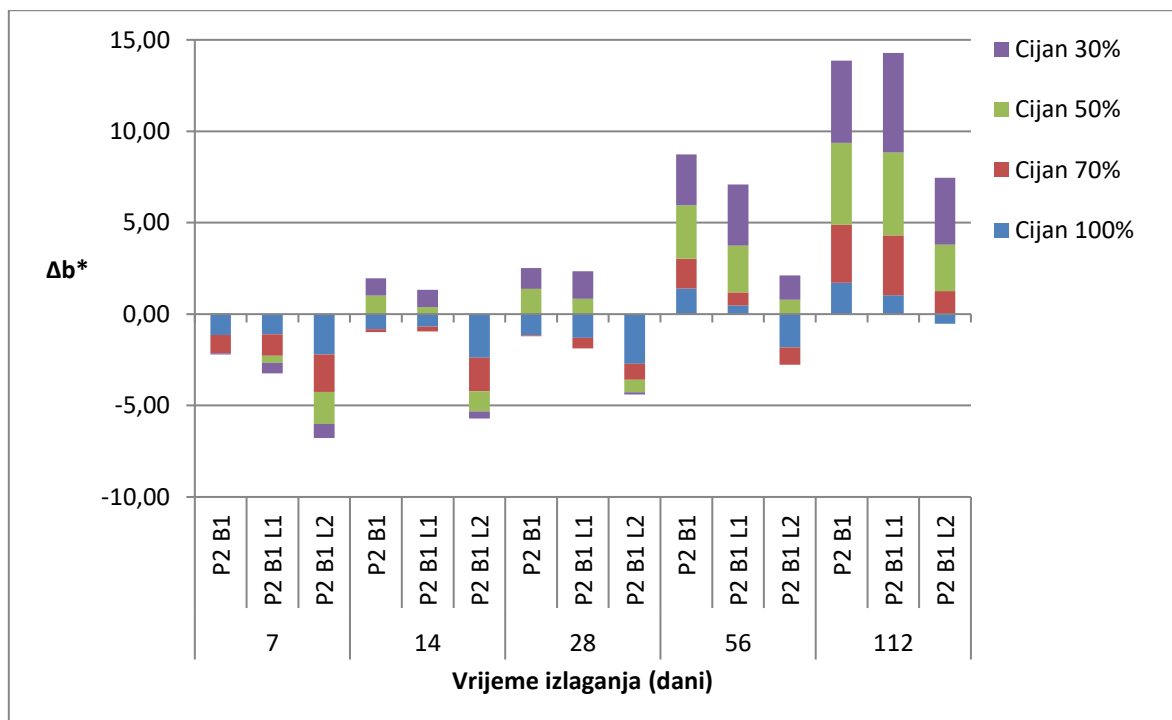
Slika 4.3.2.4.6. Δa^* za otiske P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

4.3.3. Rezultati ovisnosti Δb^* za otiske separacija CMYK bojila B₁, B₂ i B₃, u kombinaciji s kartonima P₁ i P₂, te lakovima L₁ i L₂ u odnosu na RTV i dinamiku izlaganja zračenju kroz prozorsko staklo

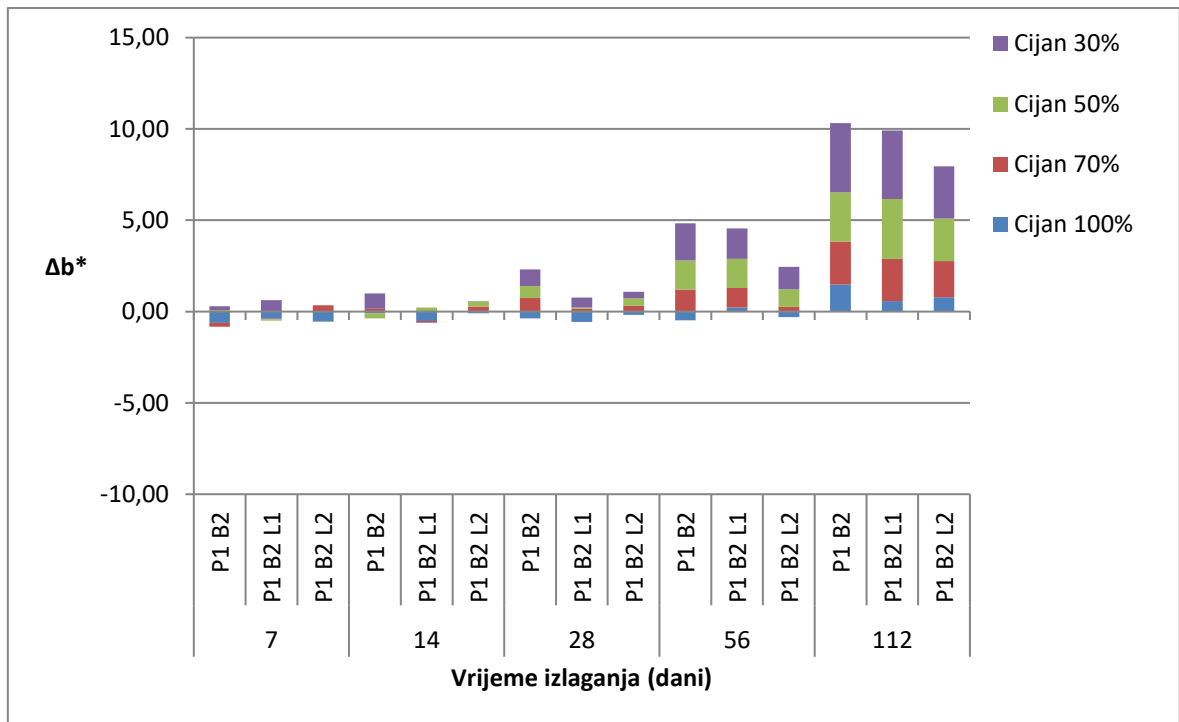
4.3.3.1. Rezultati Δb^* za otiske sa cijan bojilima



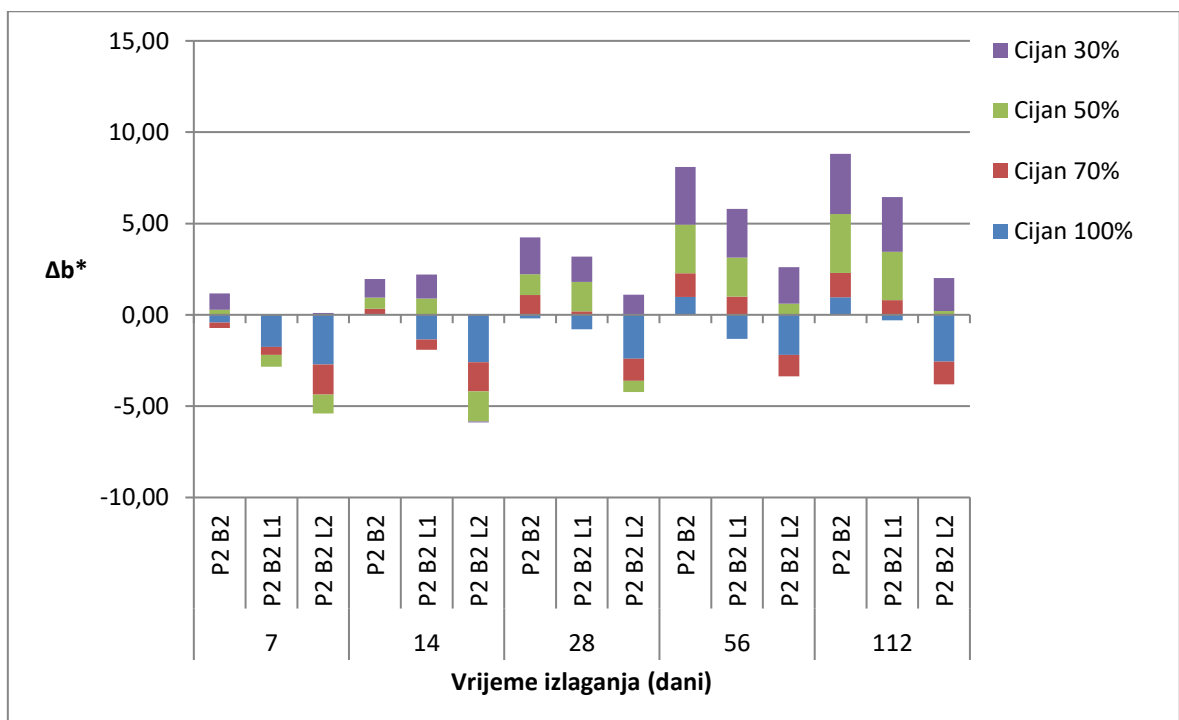
Slika 4.3.3.1.1. Δb^* za otiske P₁B₁, P₁B₁L₁ i P₁B₁L₂ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



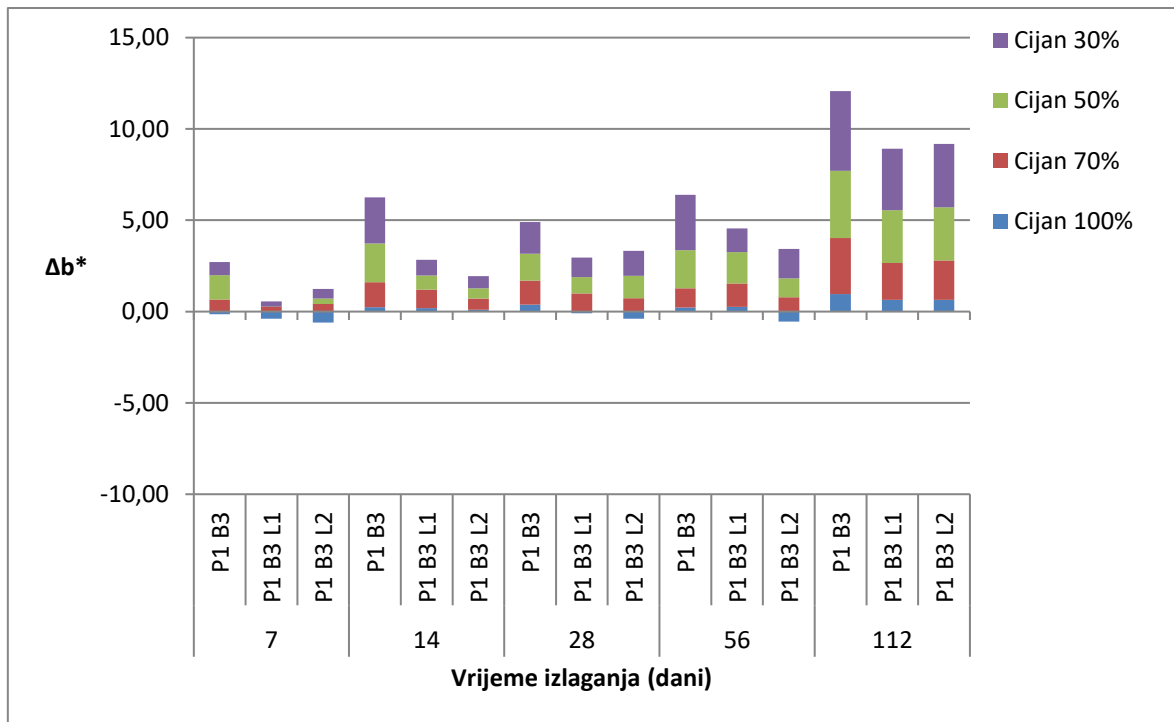
Slika 4.3.3.1.2. Δb^* za otiske P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



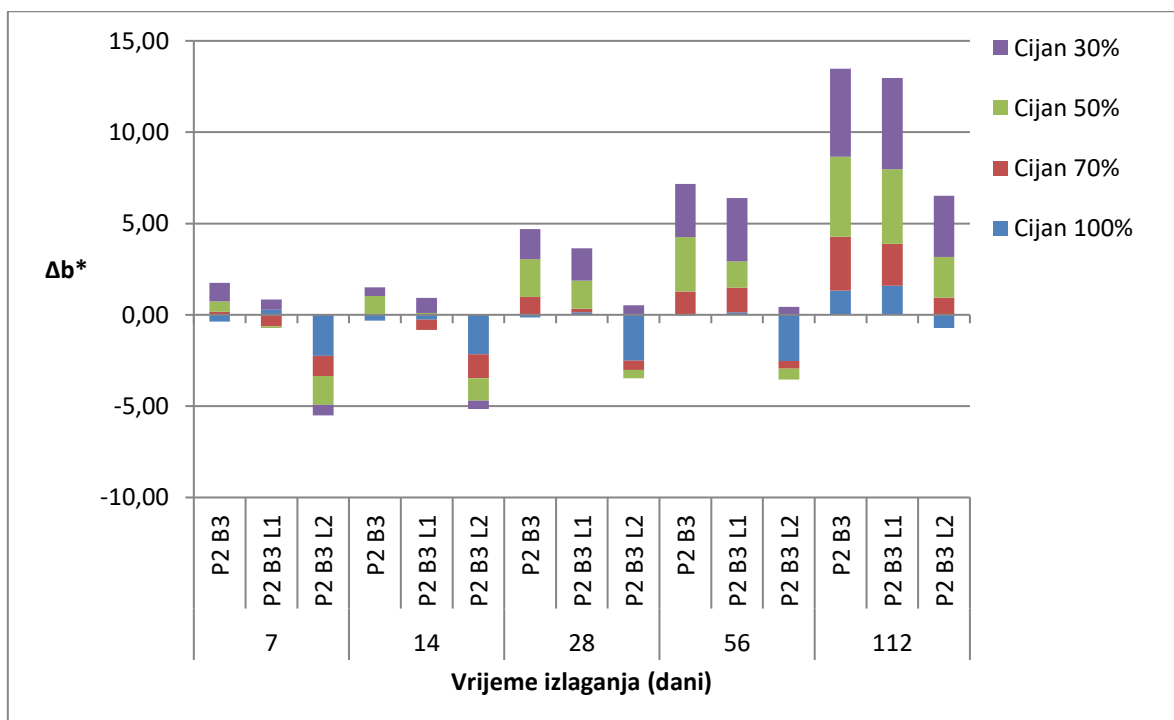
Slika 4.3.3.1.3. Δb^* za otiske P₁B₂, P₁B₂L₁ i P₁B₂L₂ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.3.3.1.4. Δb^* za otiske P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

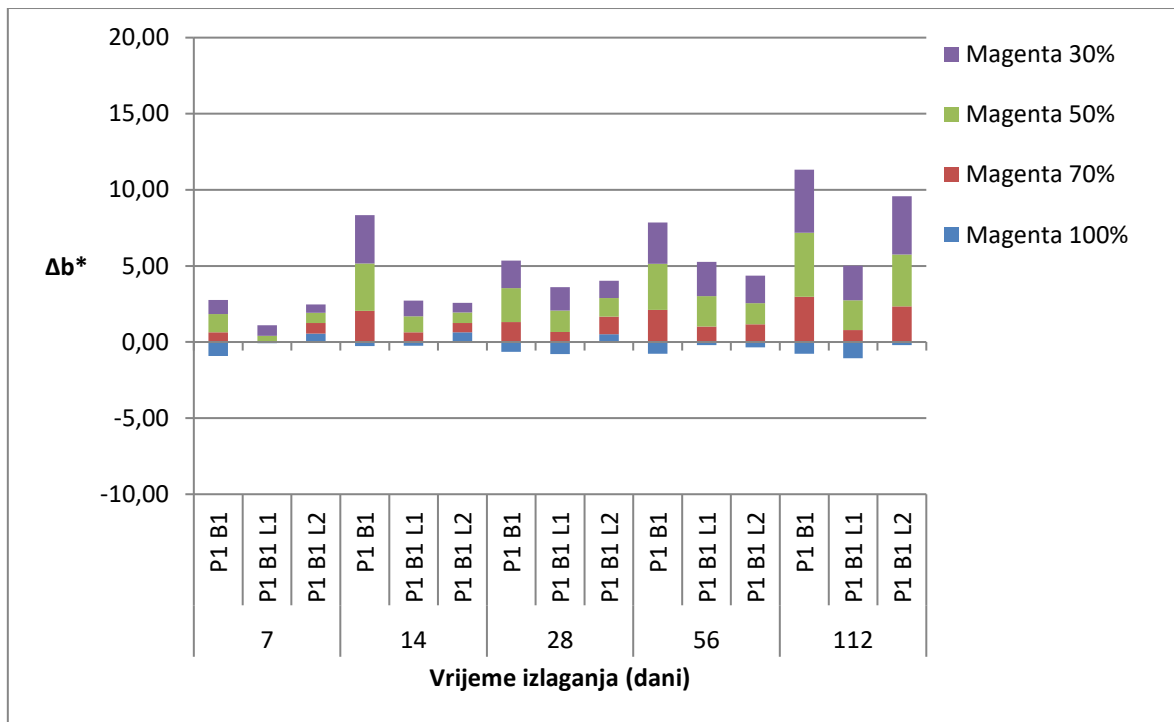


Slika 4.3.3.1.5. Δb^* za otiske P₁B₃, P₁B₃L₁ i P₁B₃L₂ s cijan bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

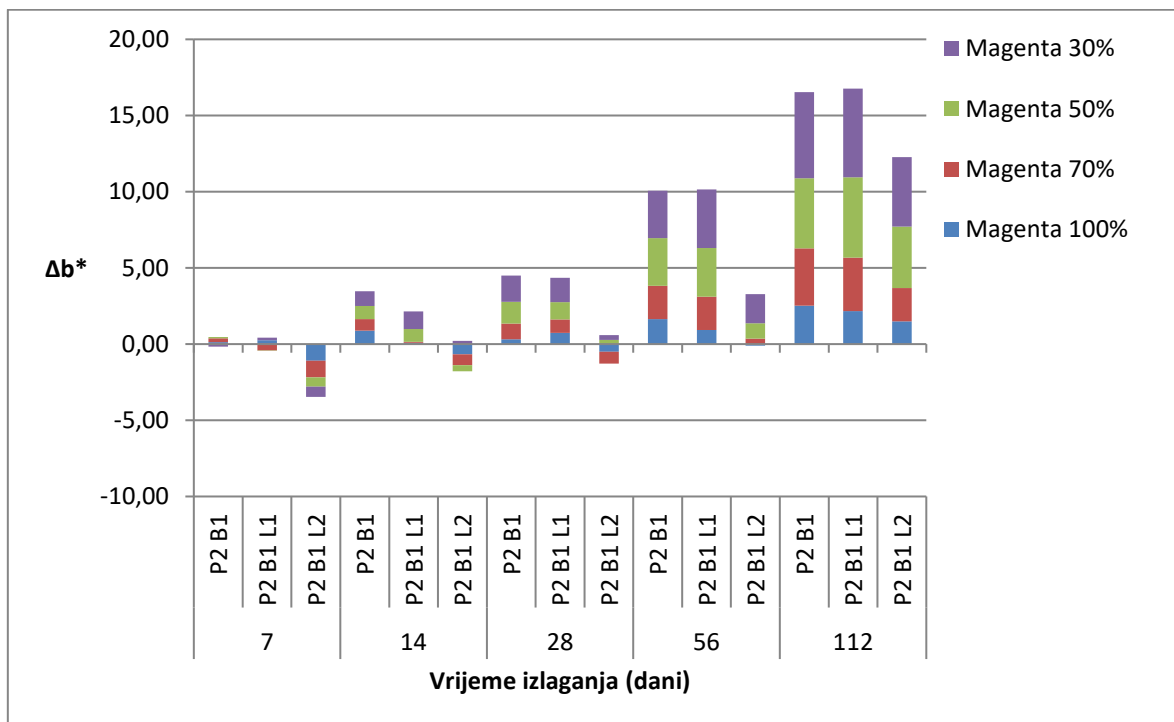


Slika 4.3.3.1.6. Δb^* za otiske P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ s cijan bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

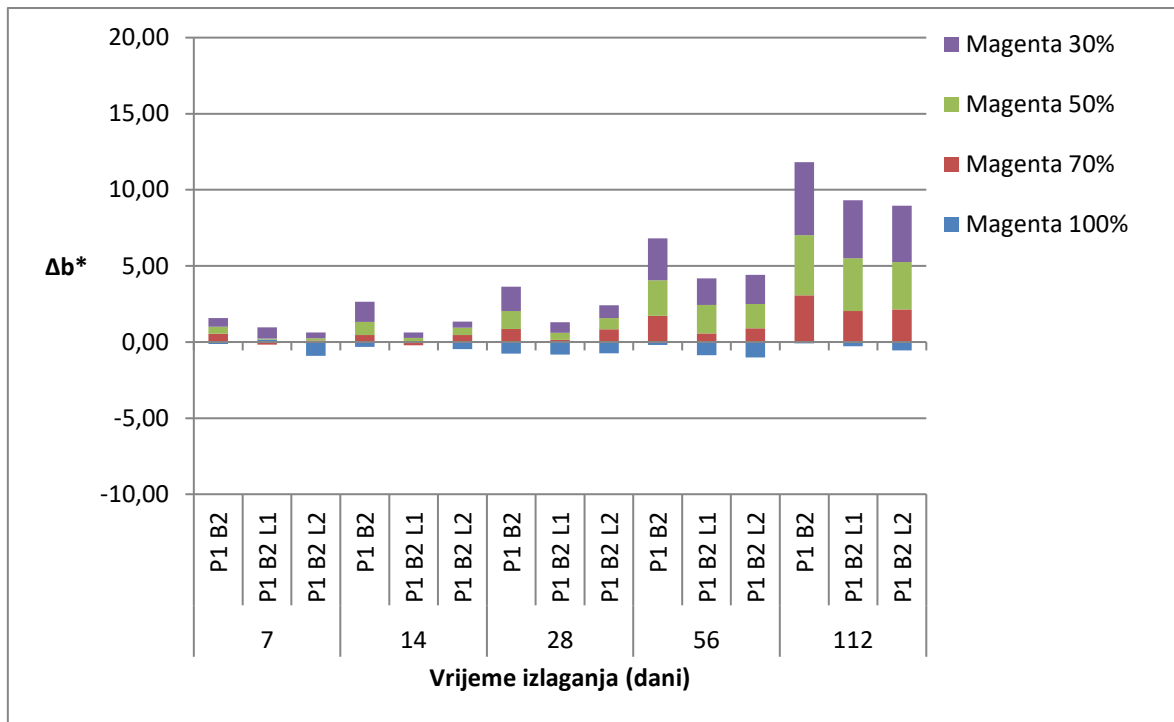
4.3.3.2. Rezultati Δb^* za otiske s magenta bojilima



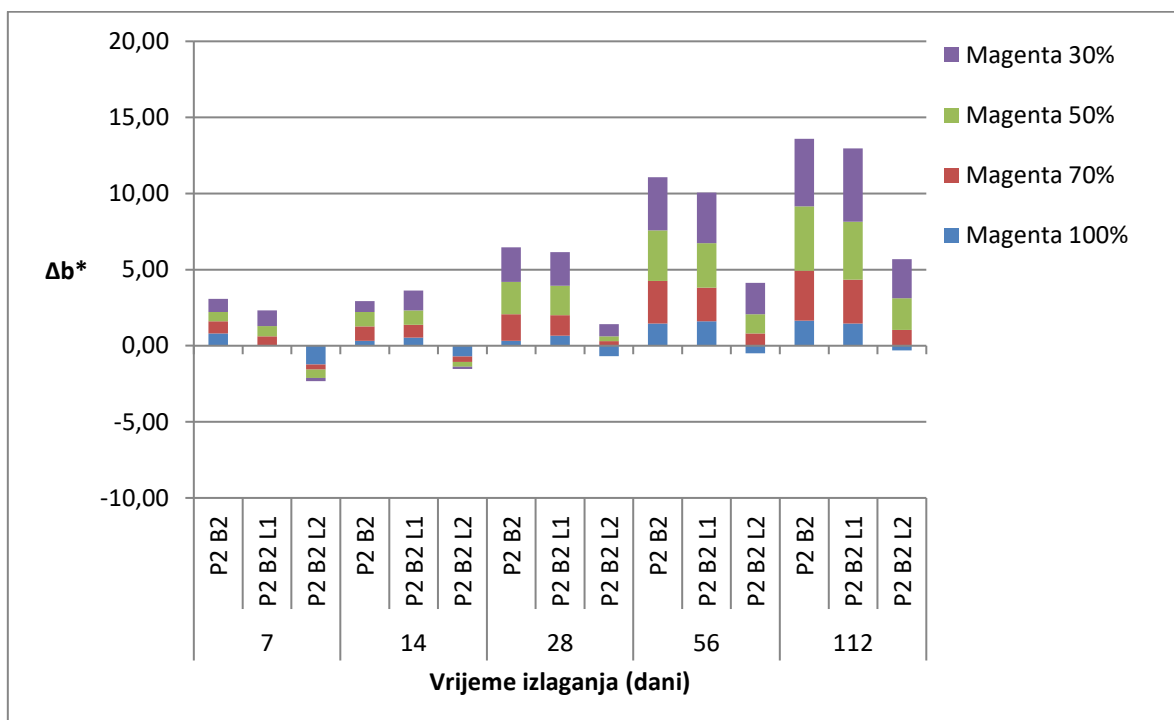
Slika 4.3.3.2.1. Δb^* za otiske P₁B₁, P₁B₁L₁ i P₁B₁L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



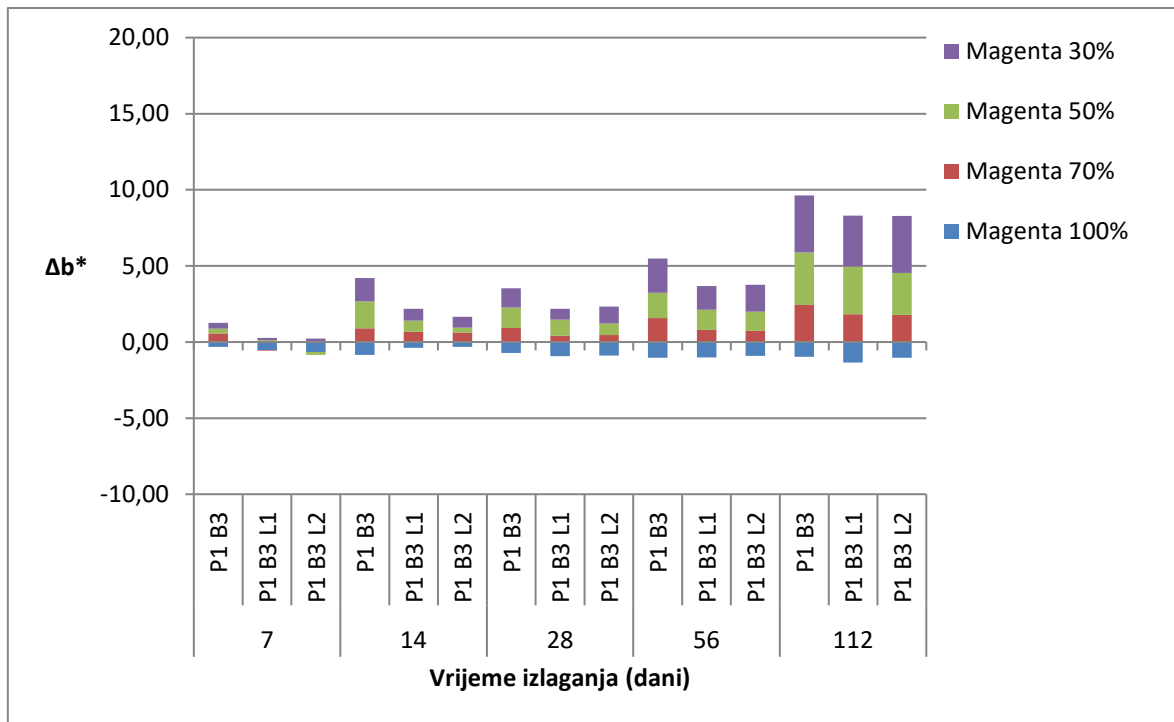
Slika 4.3.3.2.2. Δb^* za otiske P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



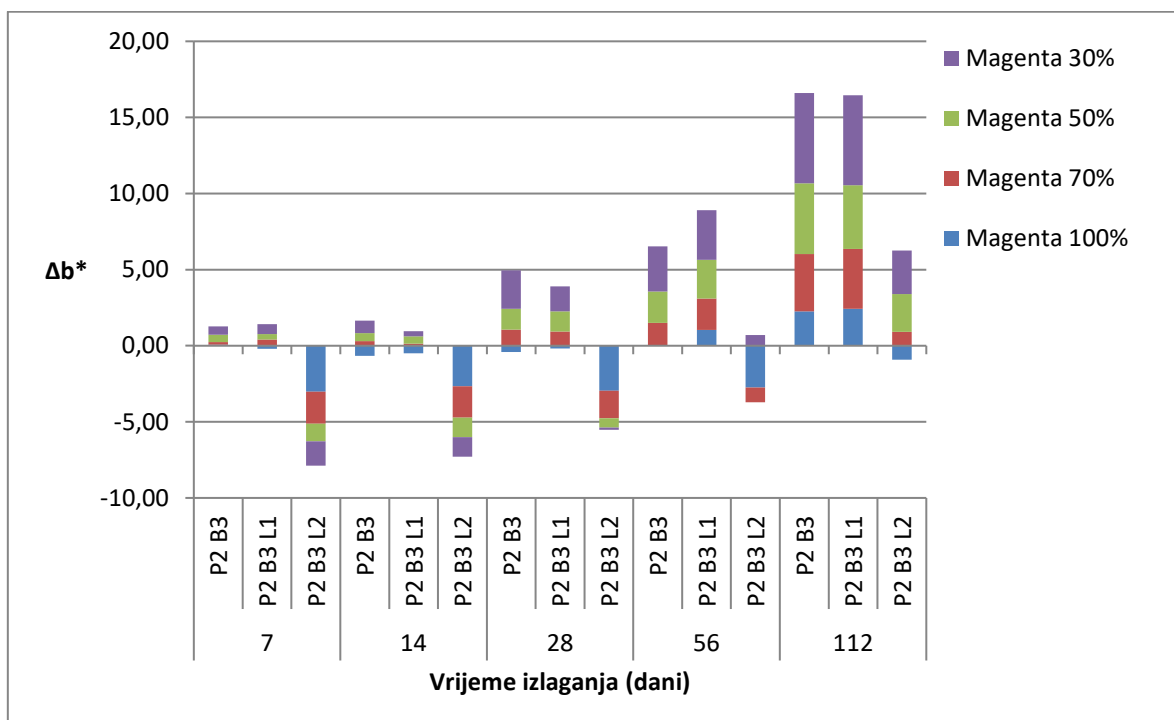
Slika 4.3.3.2.3. Δb^* za otiske P₁B₂, P₁B₂L₁ i P₁B₂L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.3.3.2.4. Δb^* za otiske P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

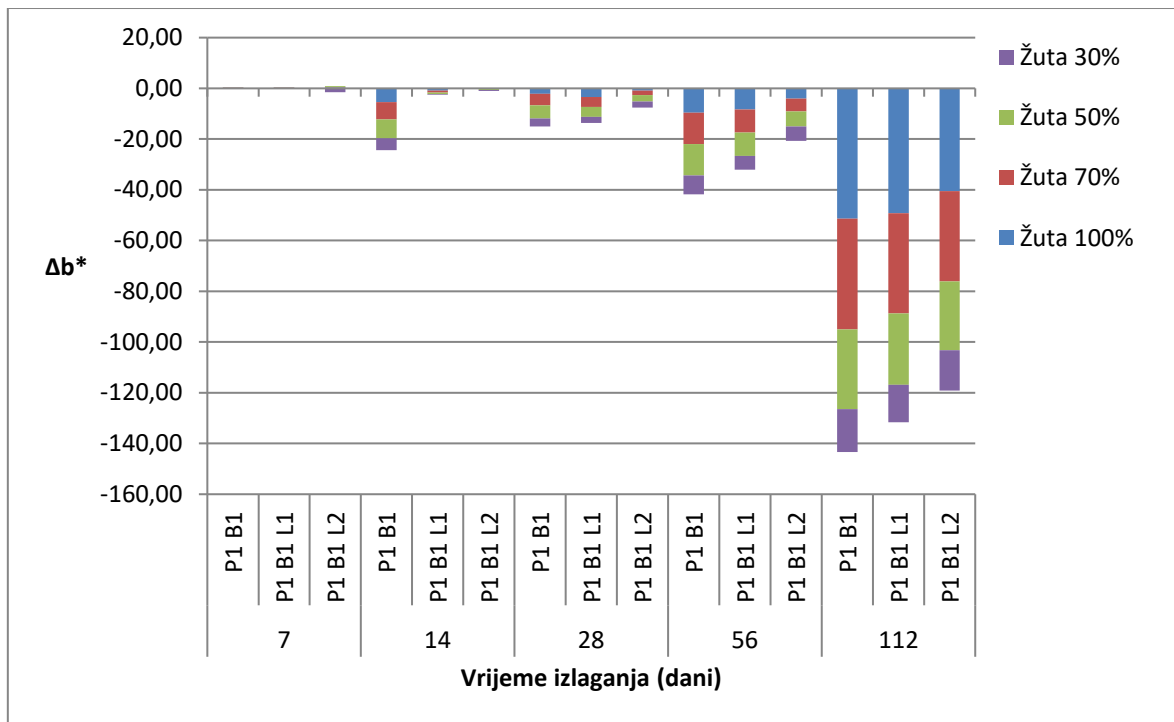


Slika 4.3.3.2.5. Δb^* za otiske P₁B₃, P₁B₃L₁ i P₁B₃L₂ s magenta bojiлом u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

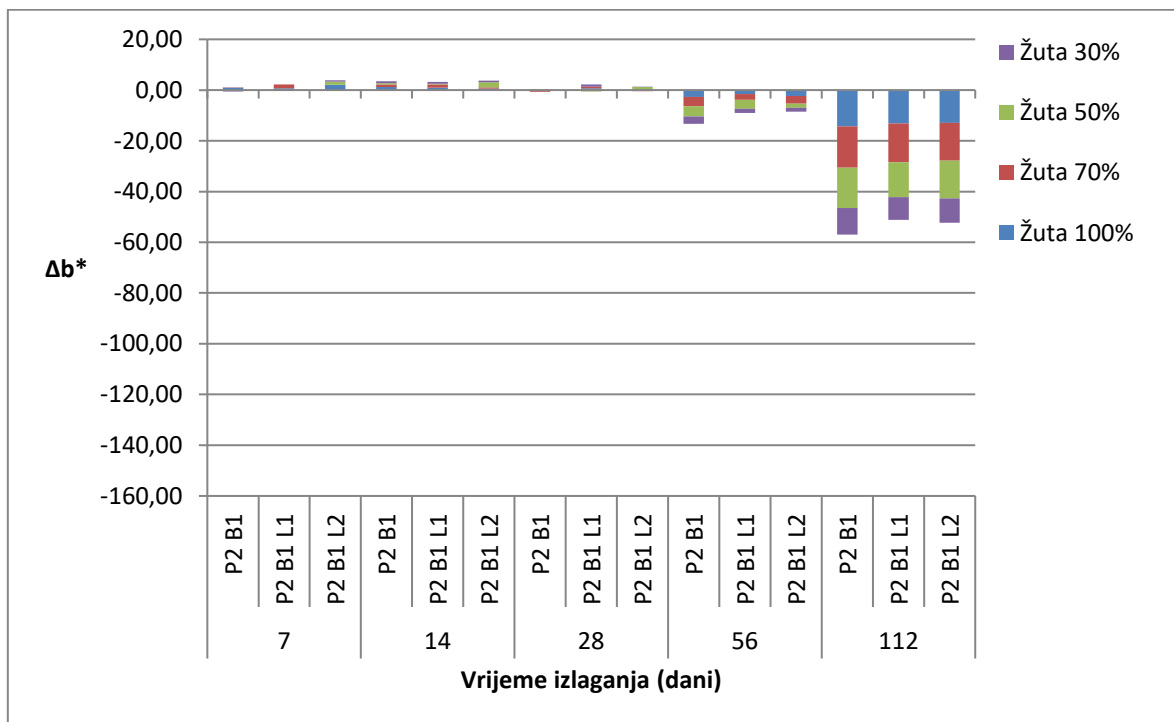


Slika 4.3.3.2.6. Δb^* za otiske P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ s magenta bojiлом u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

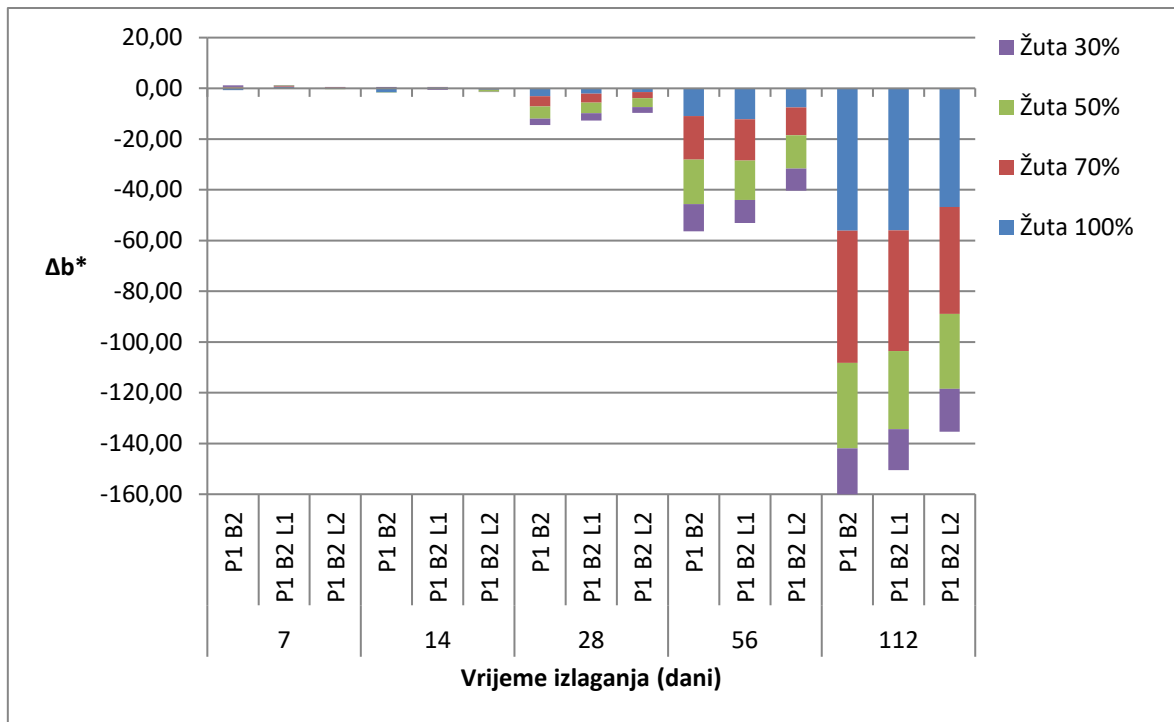
4.3.3.3. Rezultati Δb^* za otiske s žutim bojilima



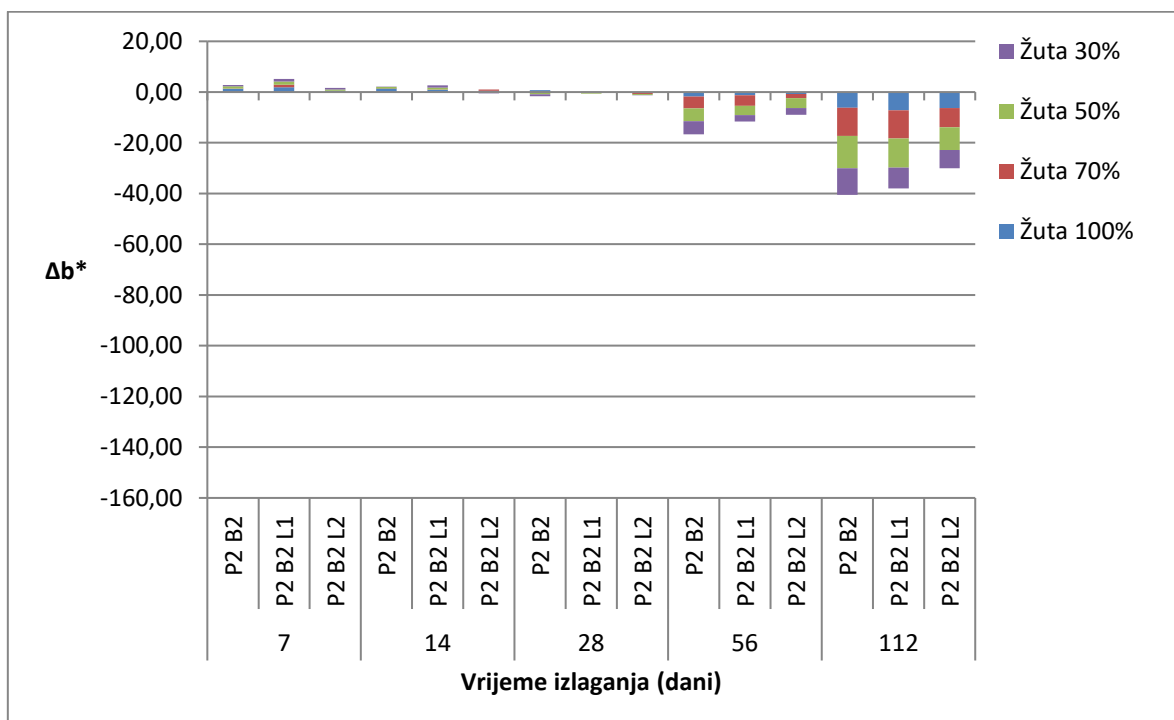
Slika 4.3.3.3.1. Δb^* za otiske P₁B₁, P₁B₁L₁ i P₁B₁L₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



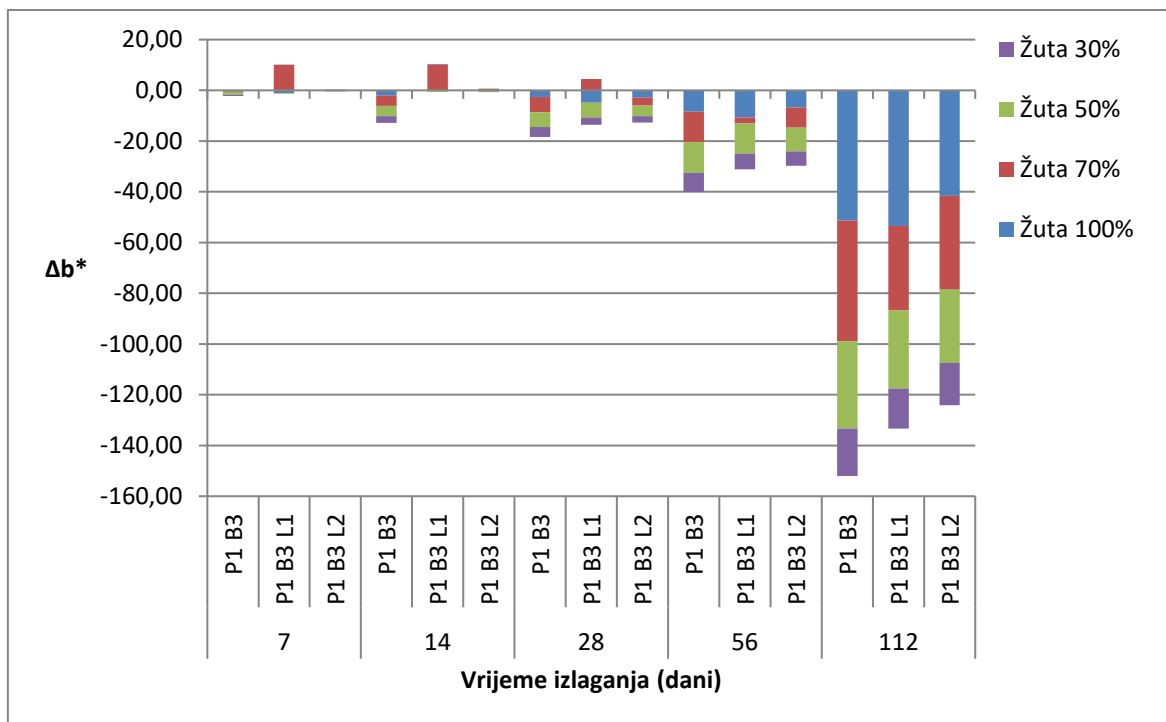
Slika 4.3.3.3.2. Δb^* za otiske P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



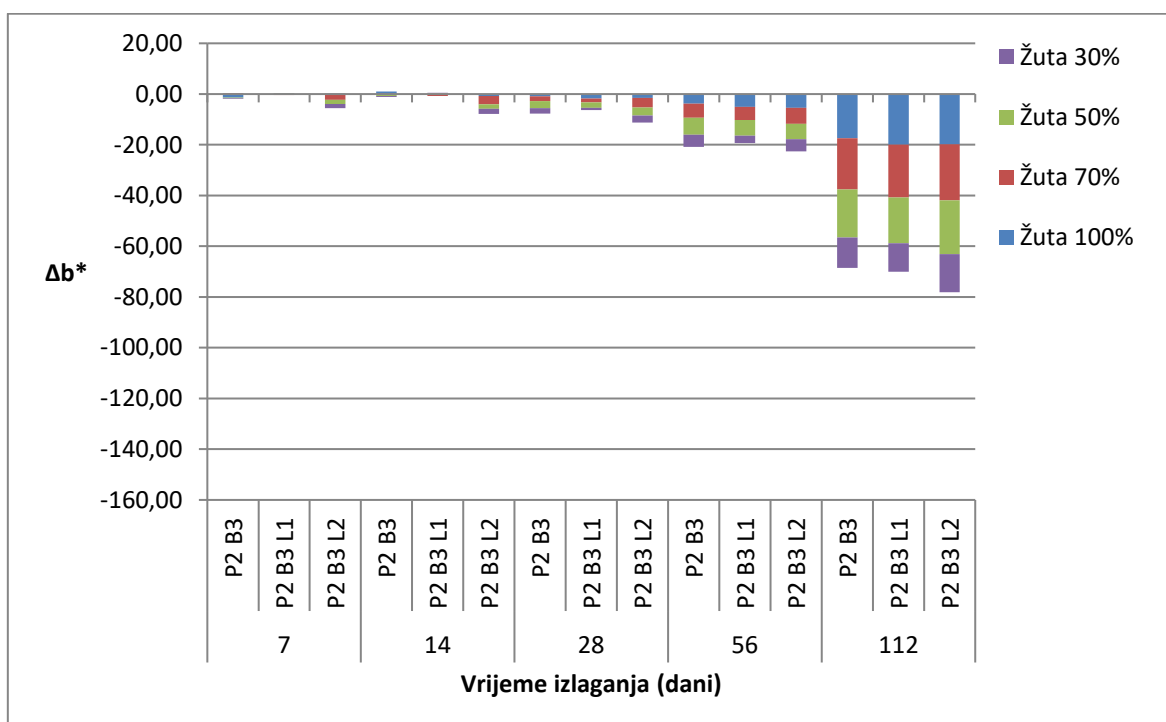
Slika 4.3.3.3.3. Δb^* za otiske P₁B₂, P₁B₂L₁ i P₁B₂L₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.3.3.3.4. Δb^* za otiske P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

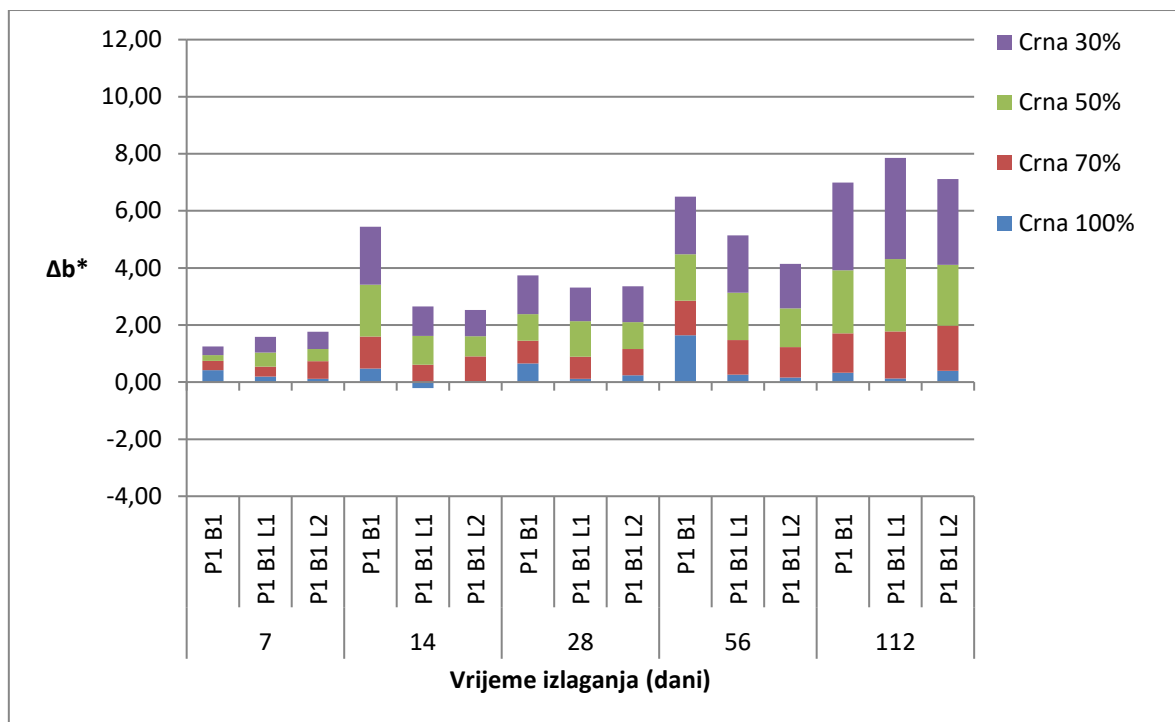


Slika 4.3.3.3.5. Δb^* za otiske P₁B₃, P₁B₃L₁ i P₁B₃L₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

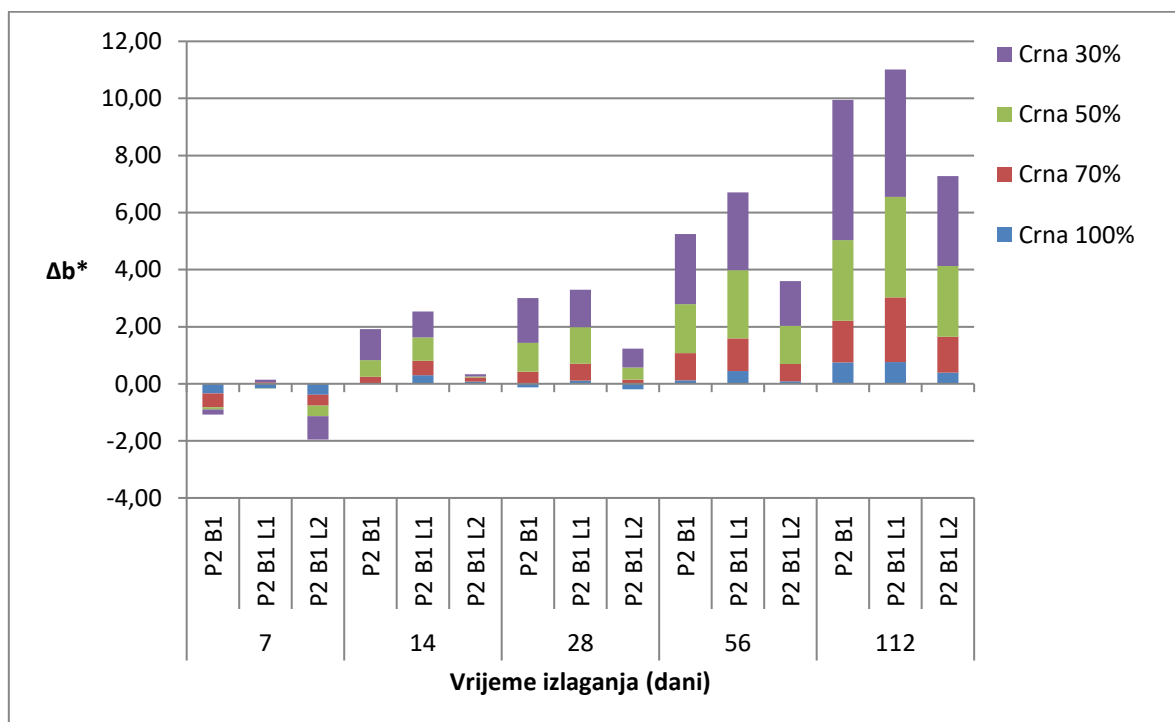


Slika 4.3.3.3.6. Δb^* za otiske P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

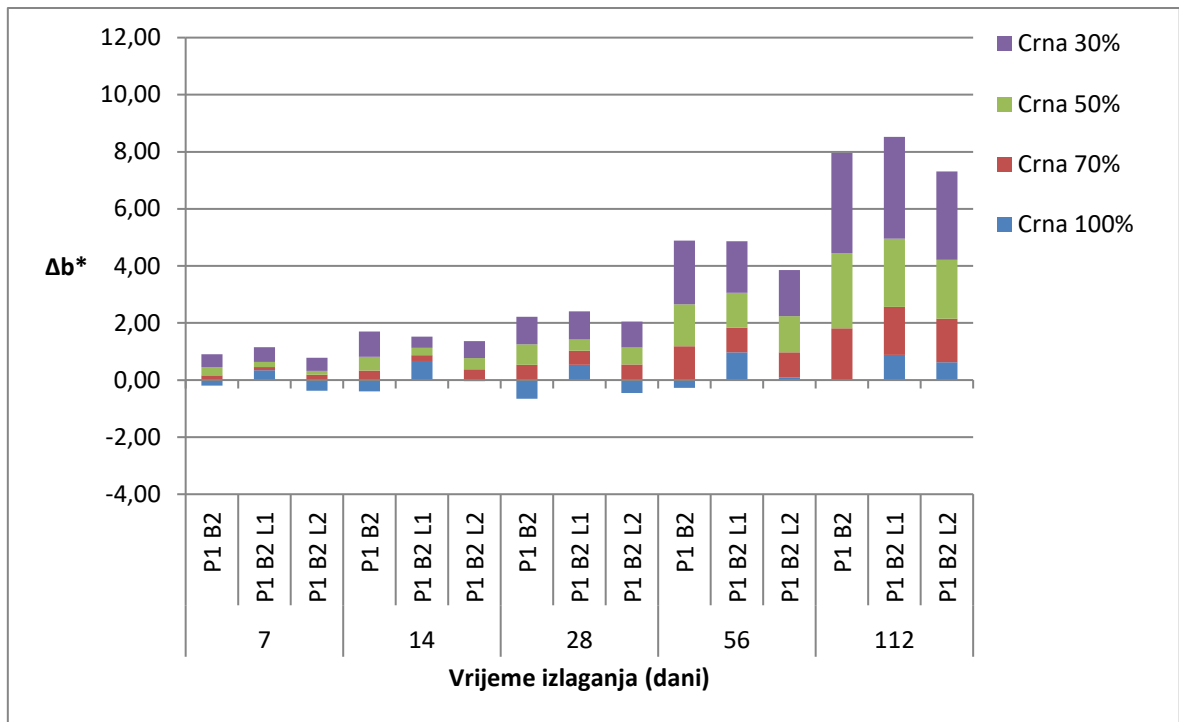
4.3.3.4. Rezultati Δb^* za otiske sa crnim bojilima



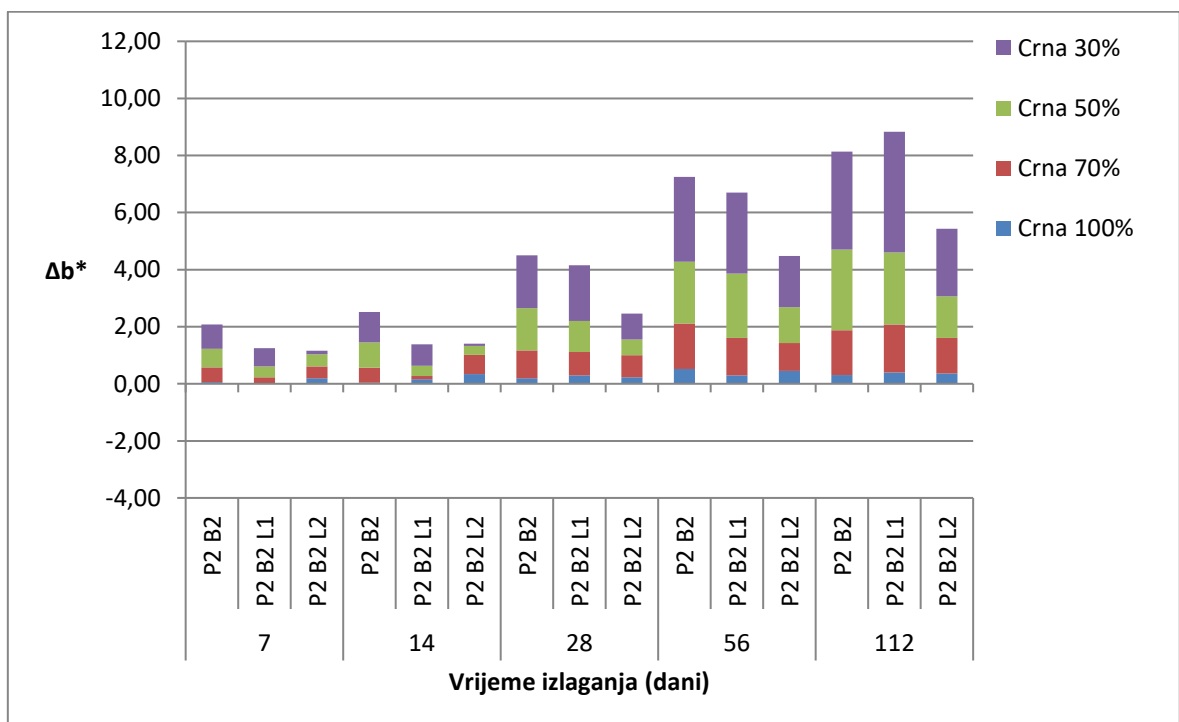
Slika 4.3.3.4.1. Δb^* za otiske P₁B₁, P₁B₁L₁ i P₁B₁L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



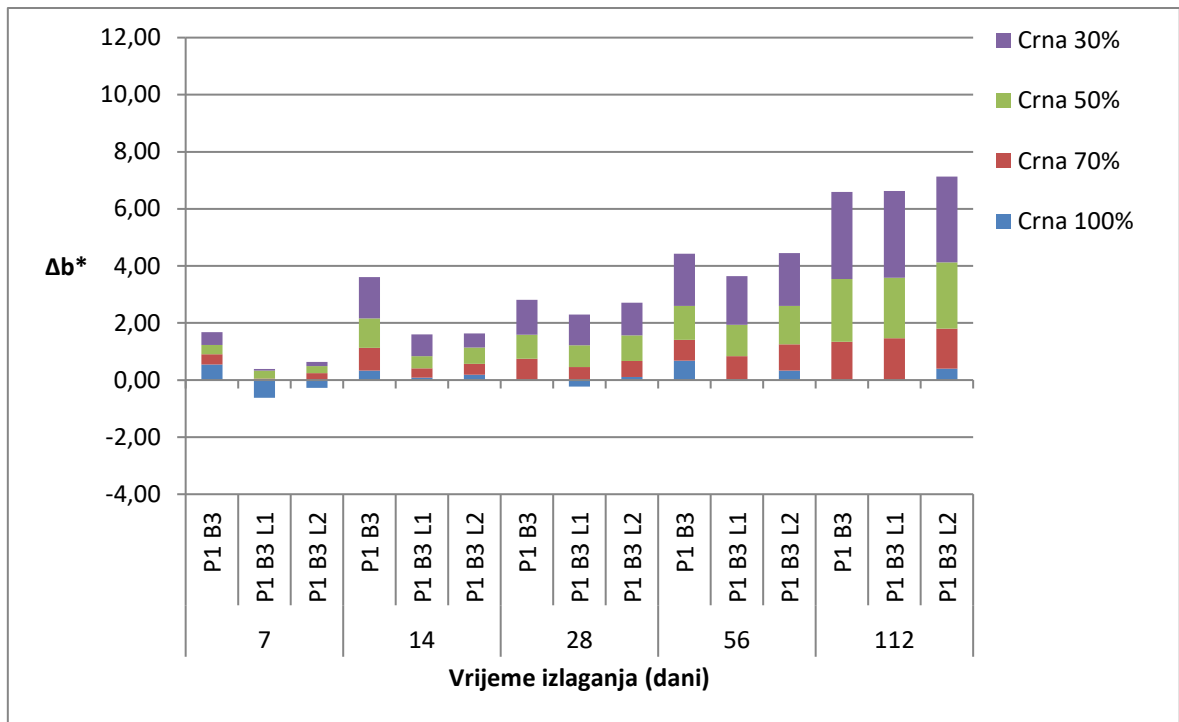
Slika 4.3.3.4.2. Δb^* za otiske P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



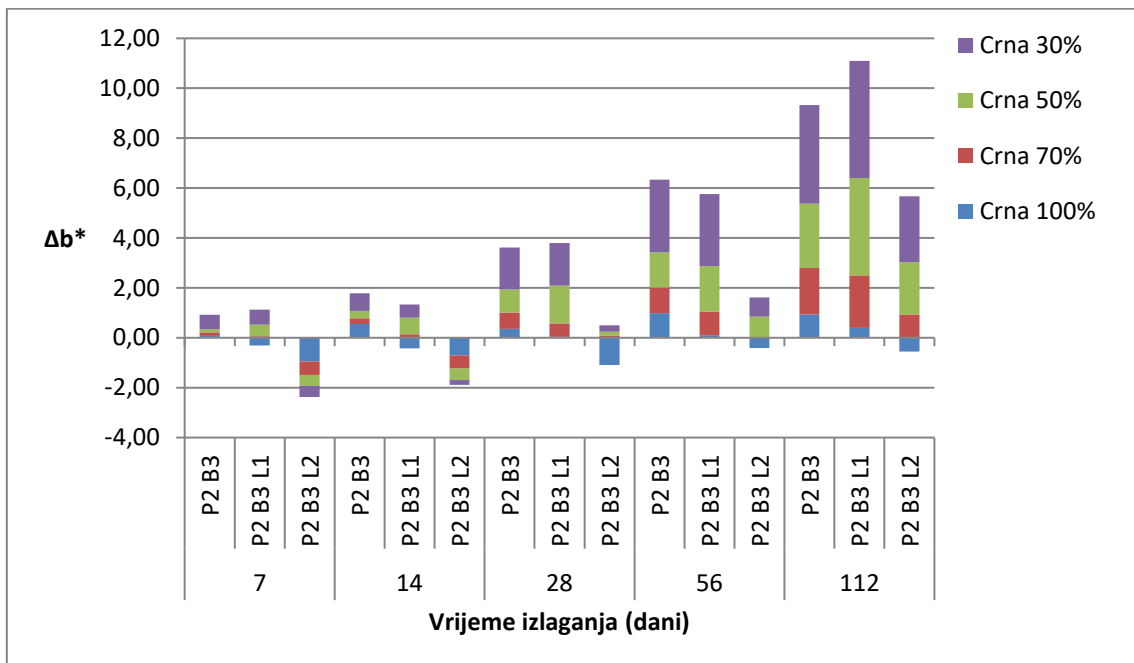
Slika 4.3.3.4.3. Δb^* za otiske P₁B₂, P₁B₂L₁ i P₁B₂L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.3.3.4.4. Δb^* za otiske P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



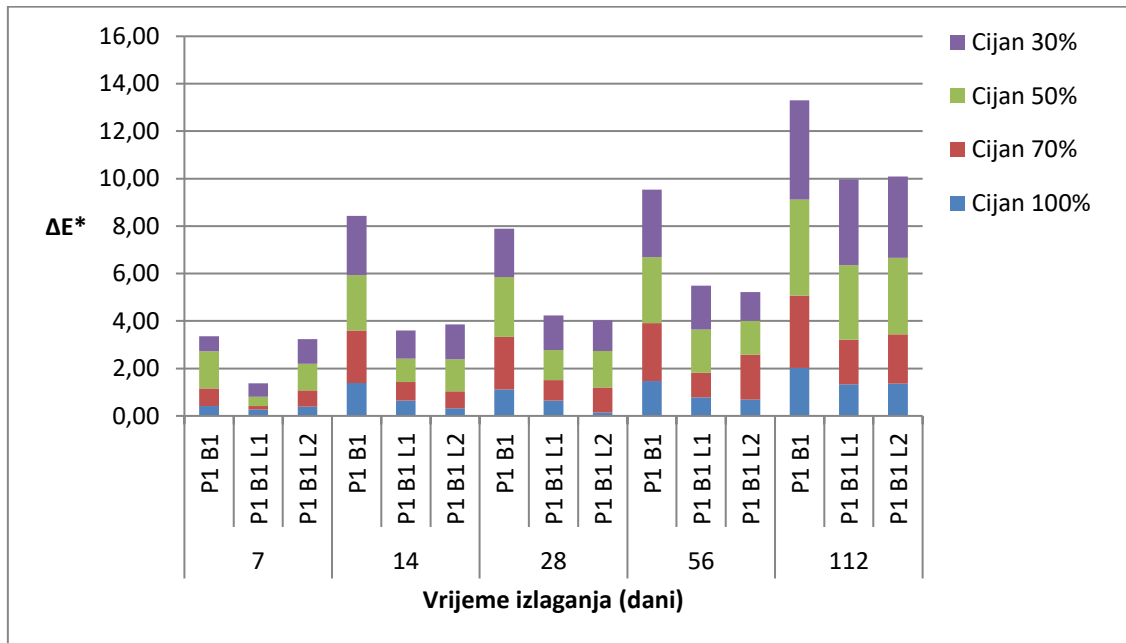
Slika 4.3.3.4.5. Δb^* za otiske P₁B₃, P₁B₃L₁ i P₁B₃L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



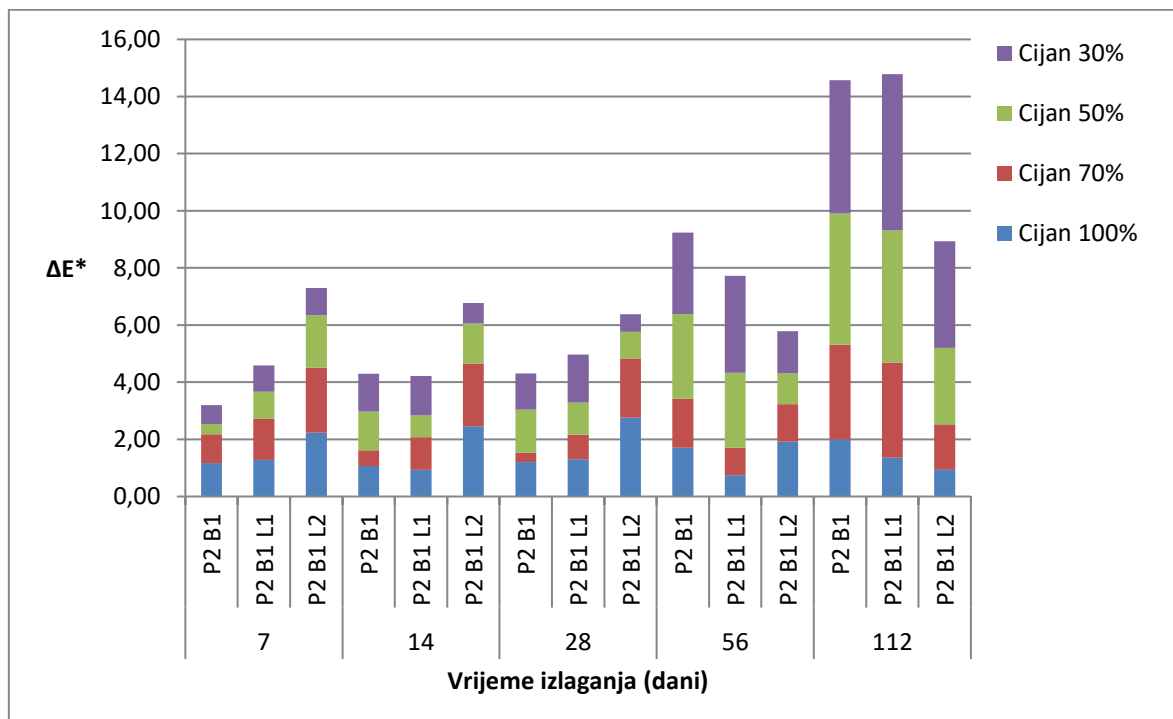
Slika 4.3.3.4.6. Δb^* za otiske P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

4.3.4. Rezultati ovisnosti ΔE^* za otiske separacija CMYK bojila B₁, B₂ i B₃, u kombinaciji s kartonima P₁ i P₂, te lakovima L₁ i L₂ u odnosu na RTV i dinamiku izlaganja zračenju kroz prozorsko staklo

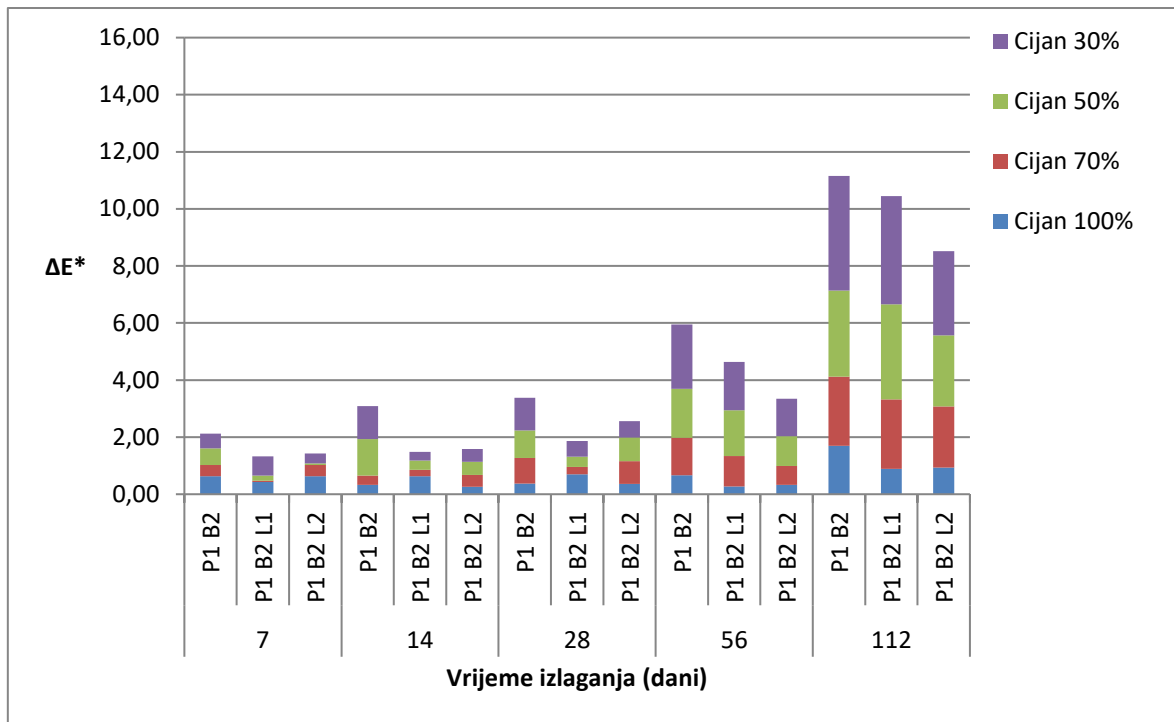
4.3.4.1. Rezultati ΔE^* za otiske sa cijan bojilima



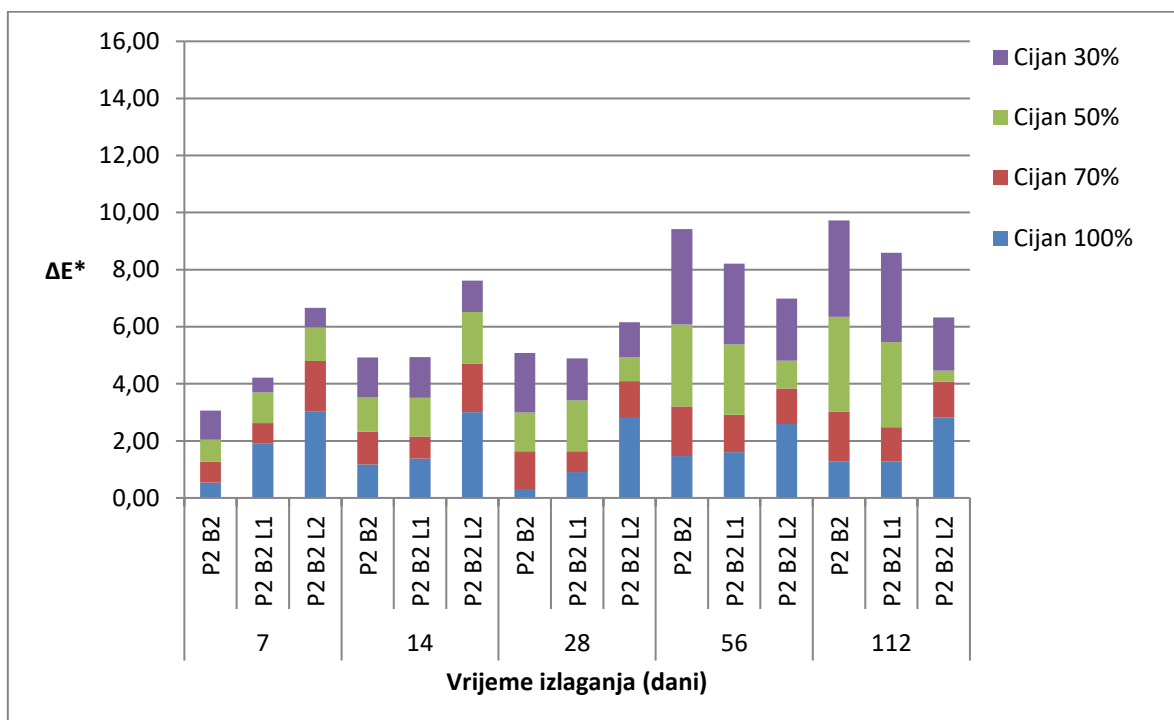
Slika 4.3.4.1.1. ΔE^* za otiske P₁B₁, P₁B₁L₁ i P₁B₁L₂ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



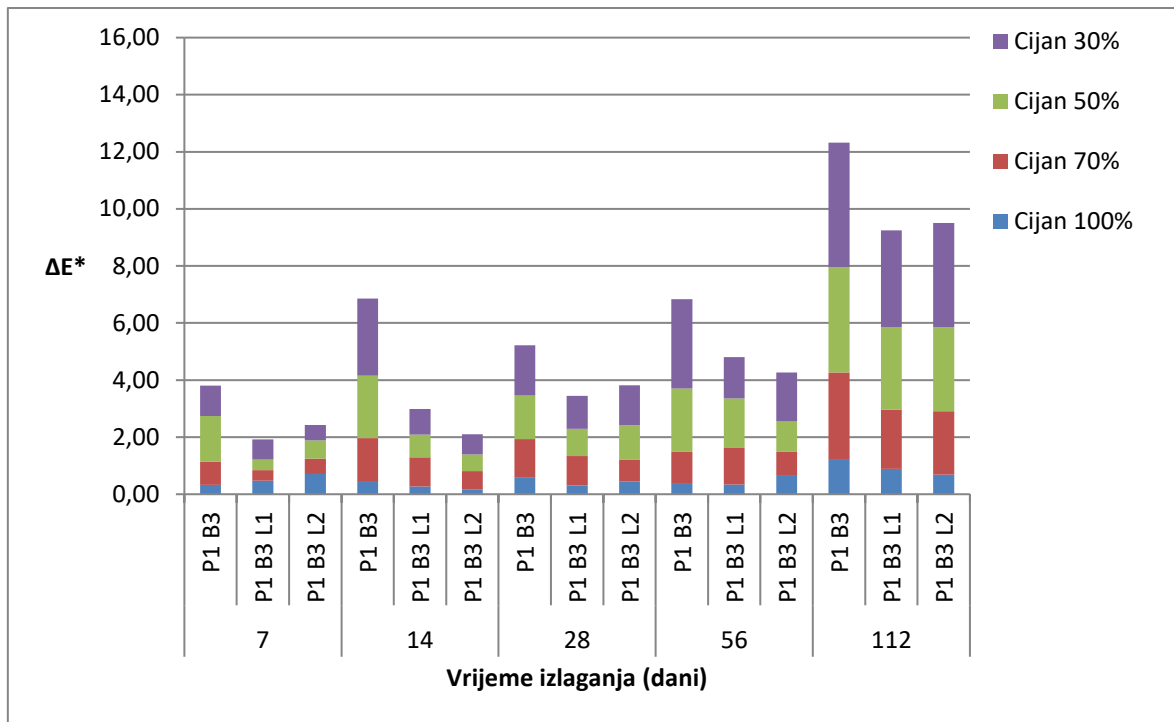
Slika 4.3.4.1.2. ΔE^* za otiske P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



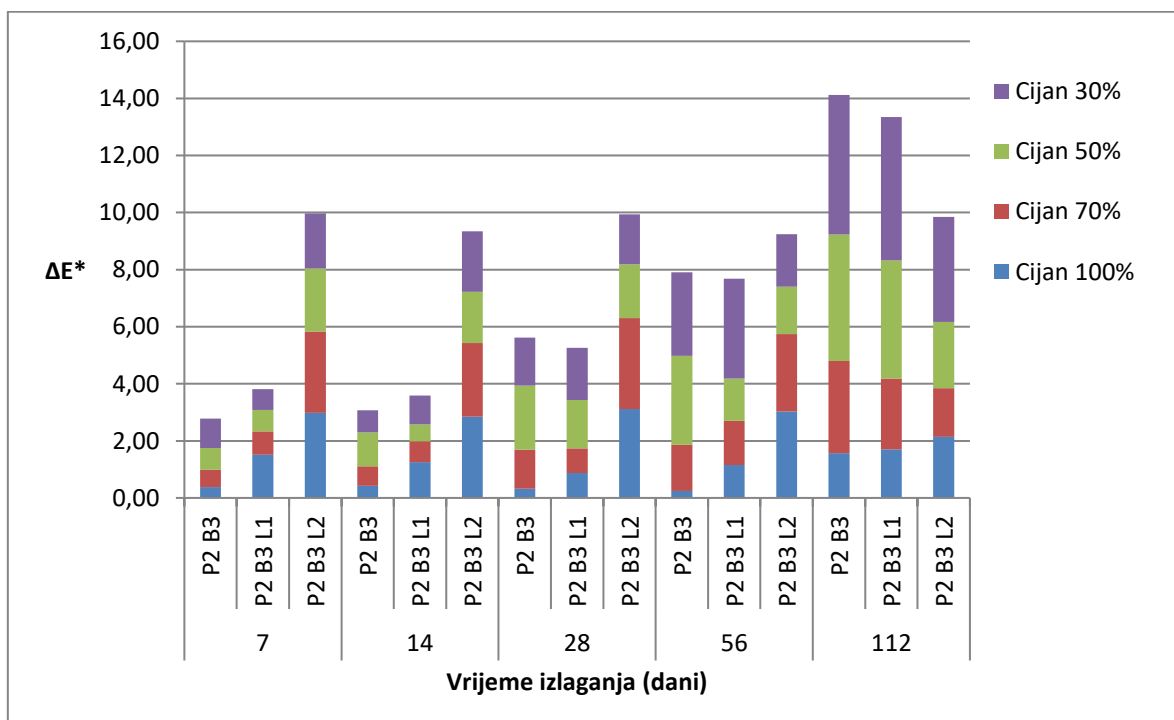
Slika 4.3.4.1.3. ΔE^* za otiske P₁B₂, P₁B₂L₁ i P₁B₂L₂ s cijan bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.3.4.1.4. ΔE^* za otiske P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ s cijan bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

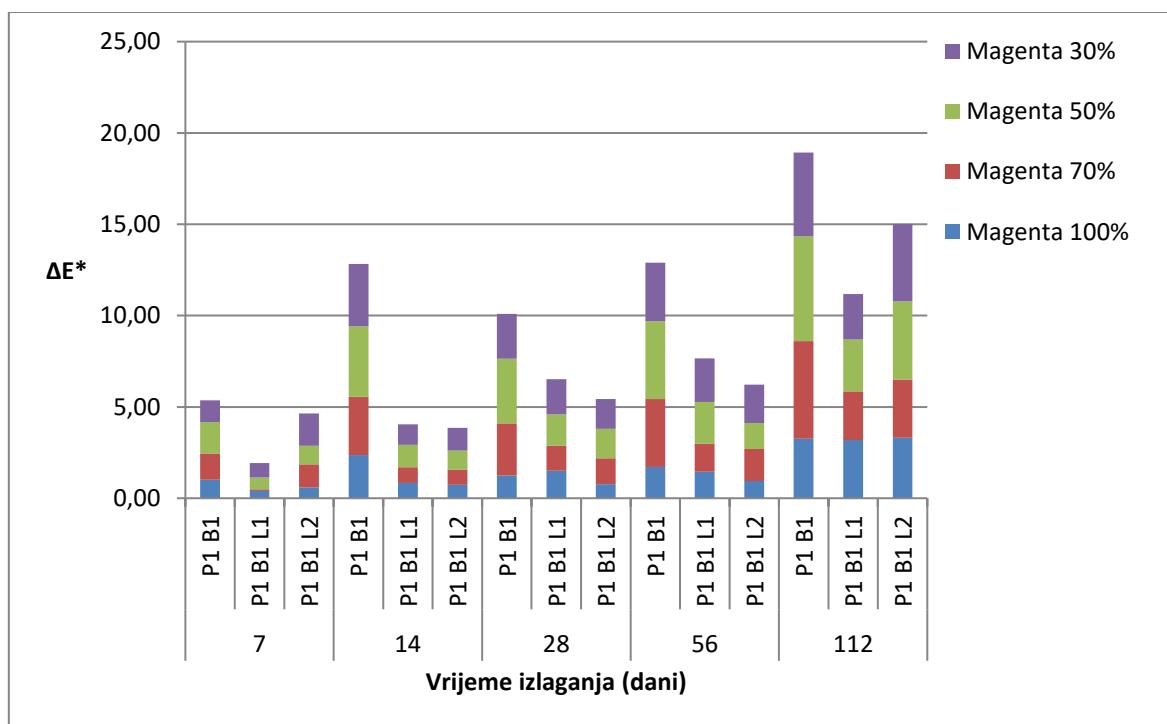


Slika 4.3.4.1.5. ΔE^* za otiske P₁B₃, P₁B₃L₁ i P₁B₃L₂ s cijan bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

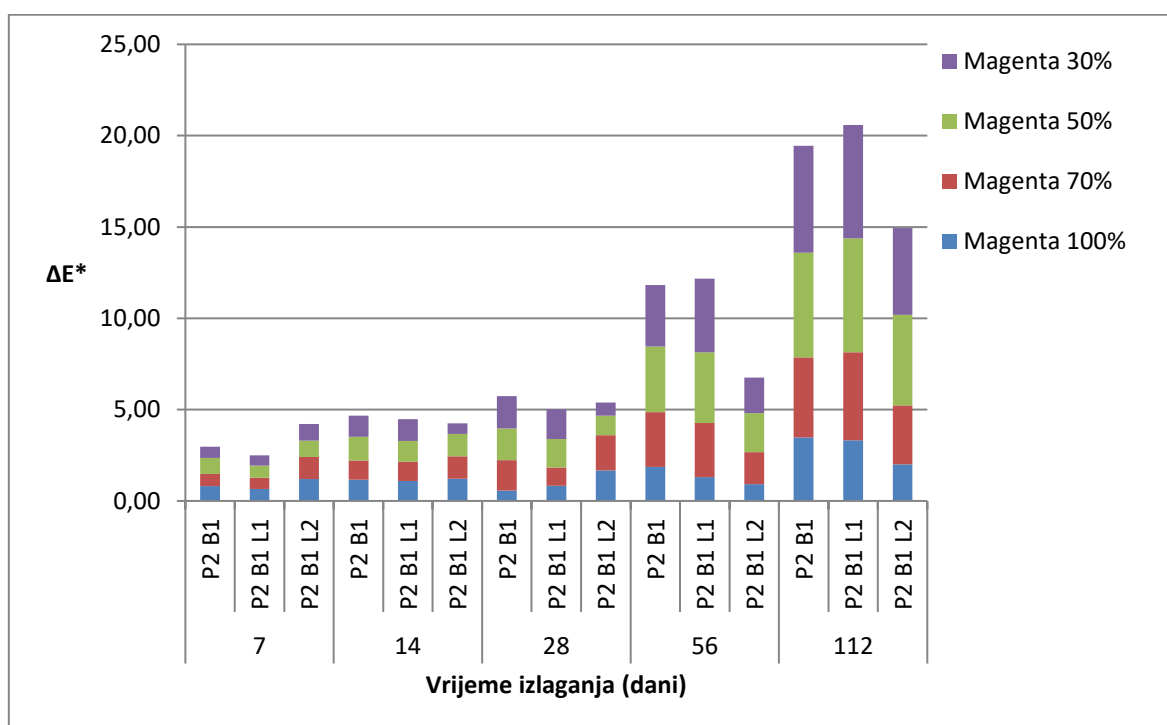


Slika 4.3.4.1.6. ΔE^* za otiske P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ s cijan bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

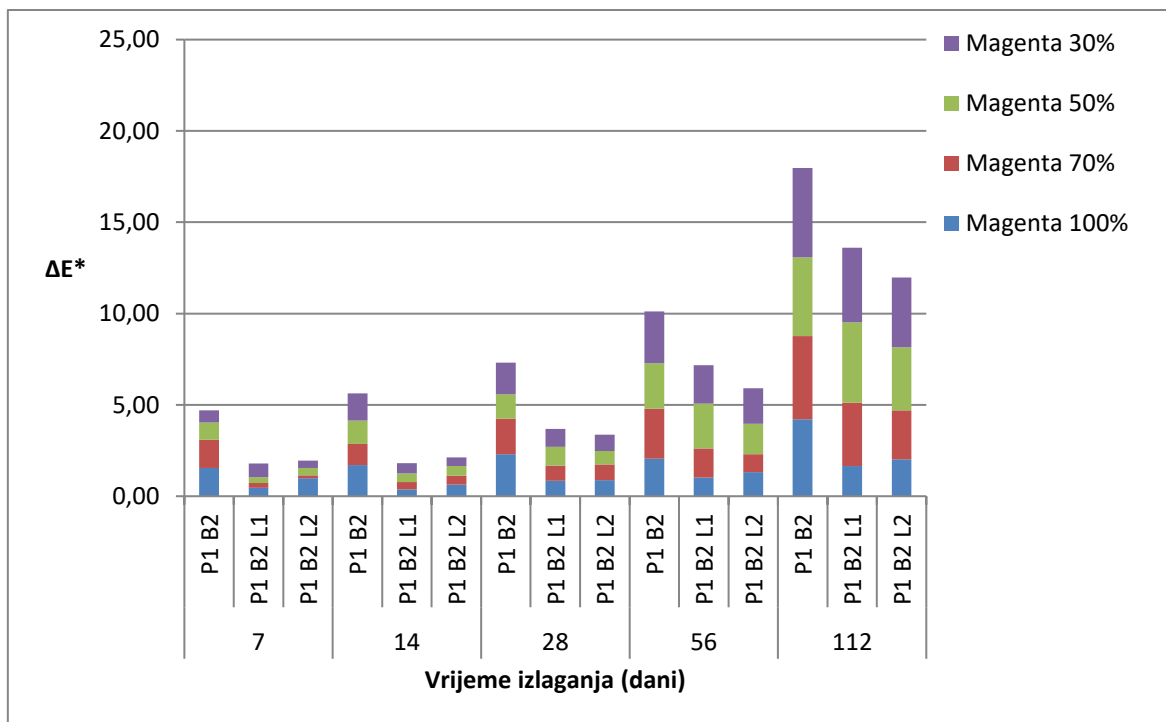
4.3.4.2. Rezultati ΔE^* za otiske s magenta bojilima



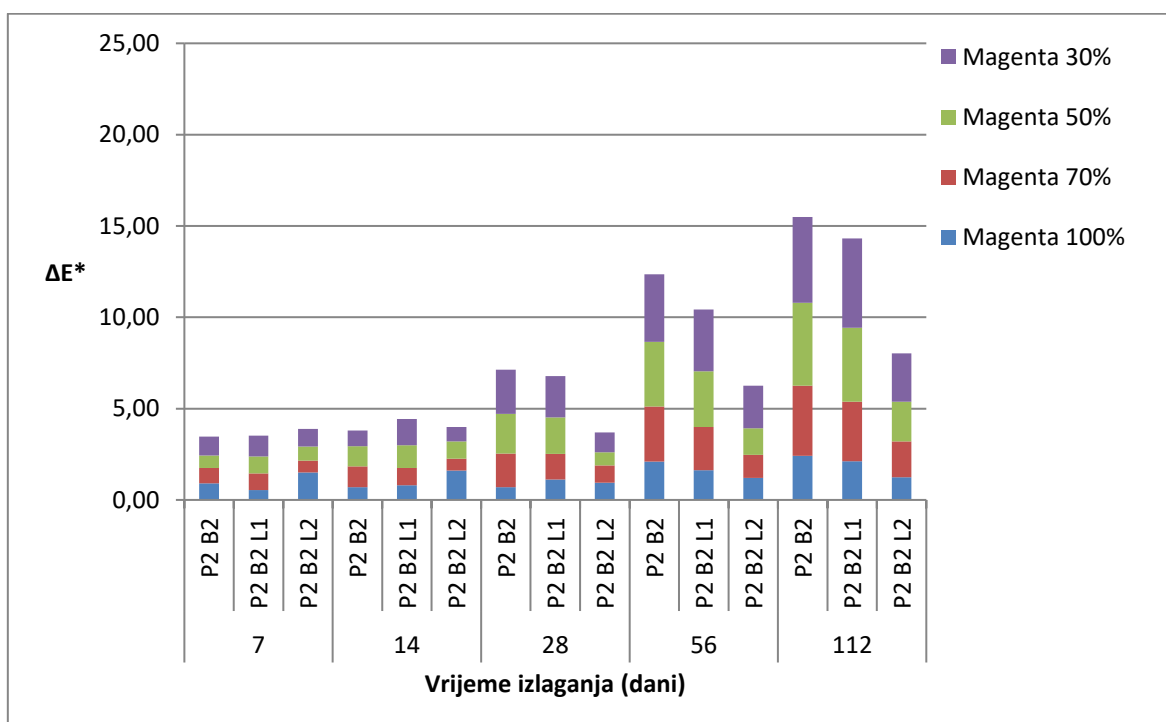
Slika 4.3.4.2.1. ΔE^* za otiske P₁B₁, P₁B₁L₁ i P₁B₁L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



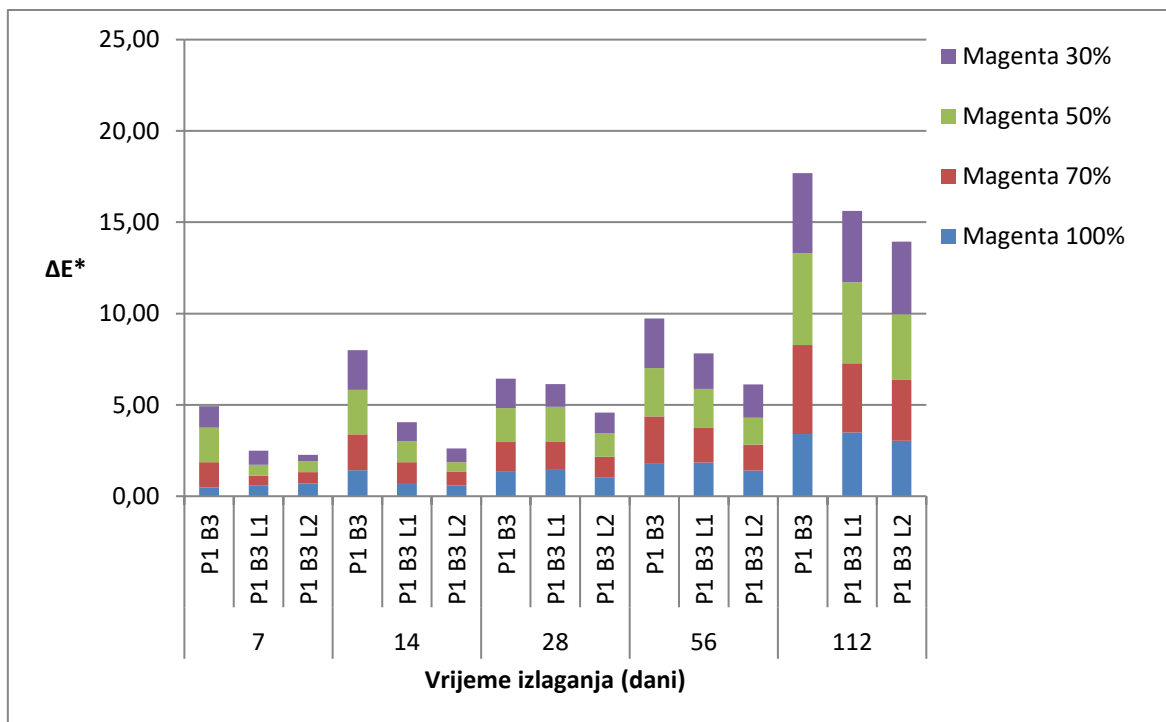
Slika 4.3.4.2.2. ΔE^* za otiske P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



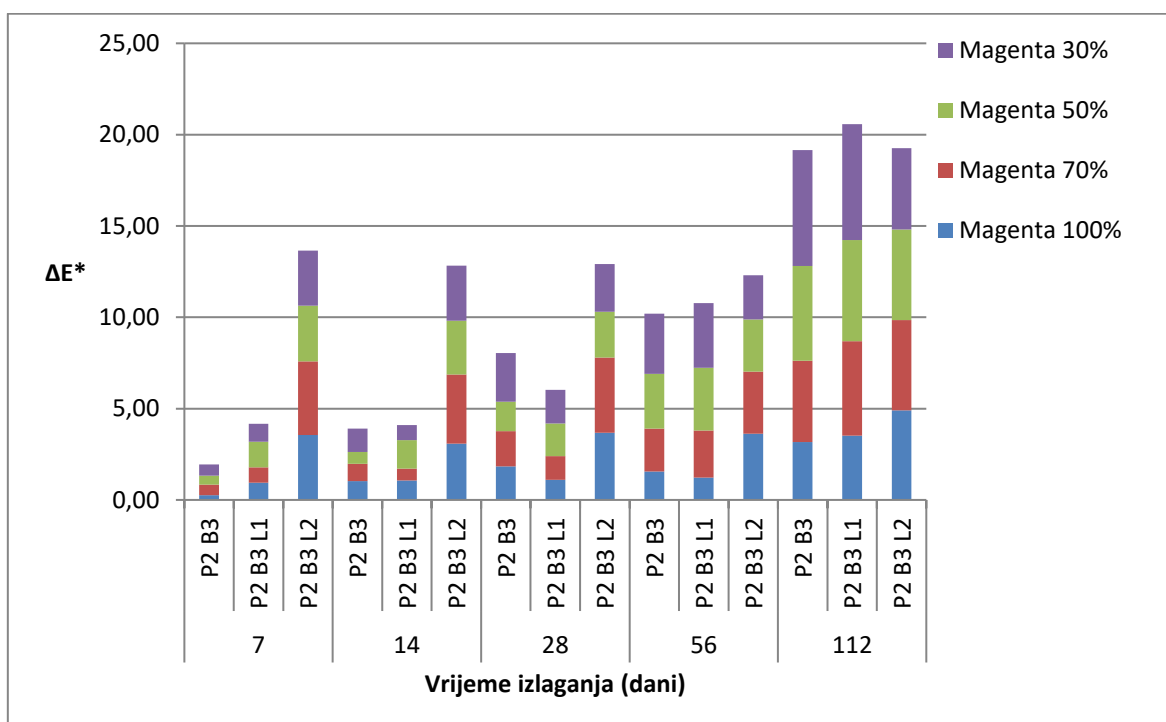
Slika 4.3.4.2.3. ΔE^* za otiske P₁B₂, P₁B₂L₁ i P₁B₂L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.3.4.2.4. ΔE^* za otiske P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

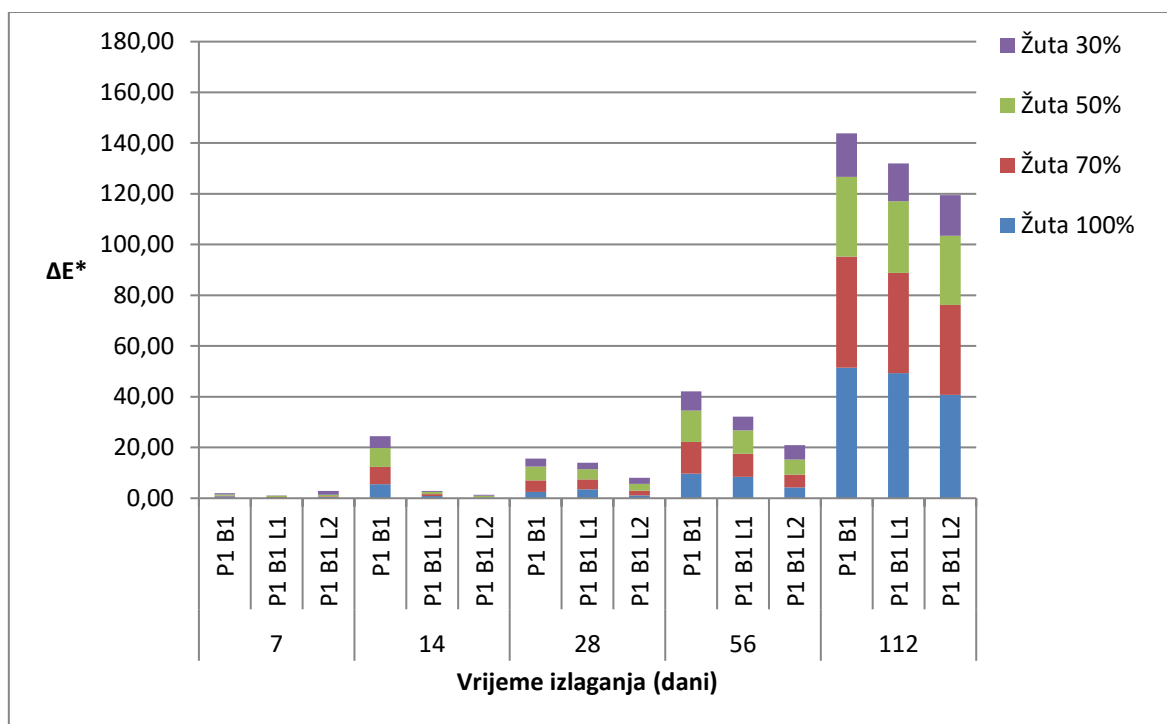


Slika 4.3.4.2.5. ΔE^* za otiske P₁B₃, P₁B₃L₁ i P₁B₃L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

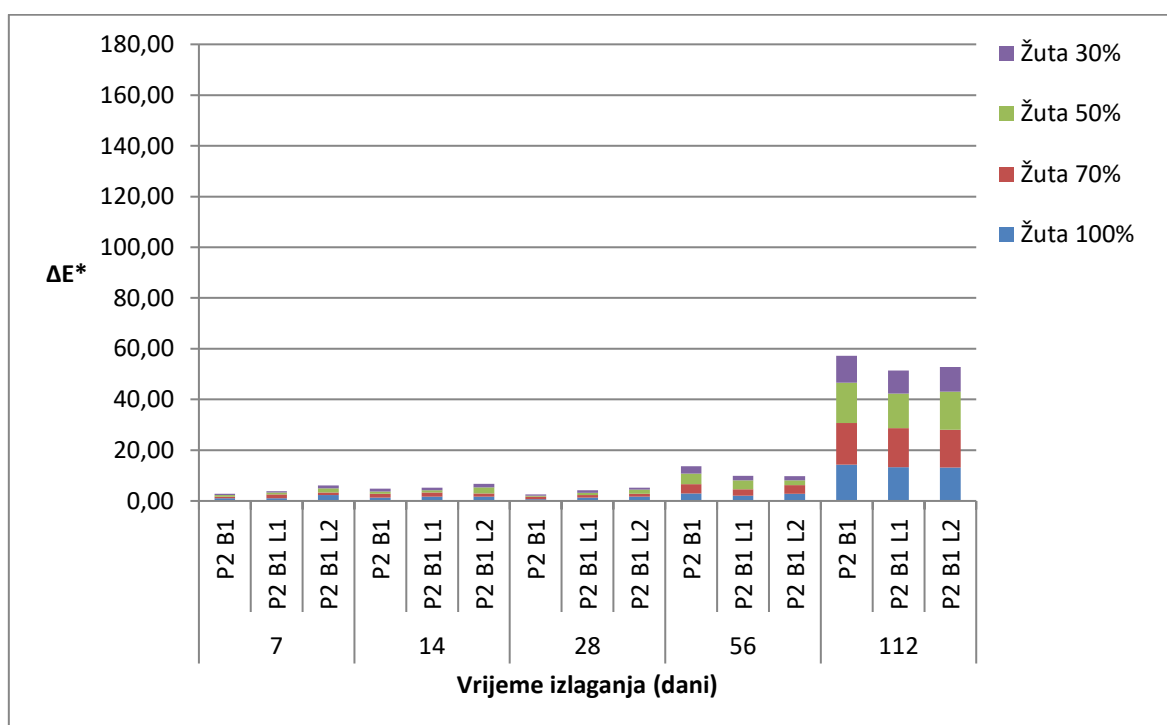


Slika 4.3.4.2.6. ΔE^* za otiske P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

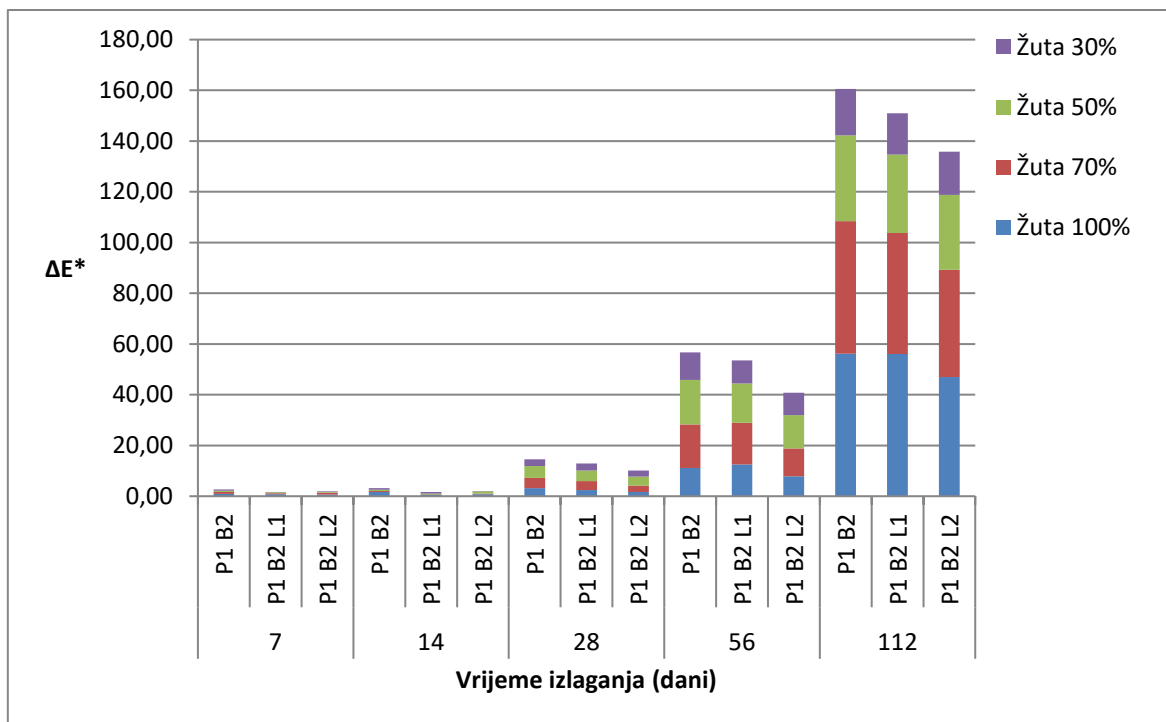
4.3.4.3. Rezultati ΔE^* za otiske s žutim bojilima



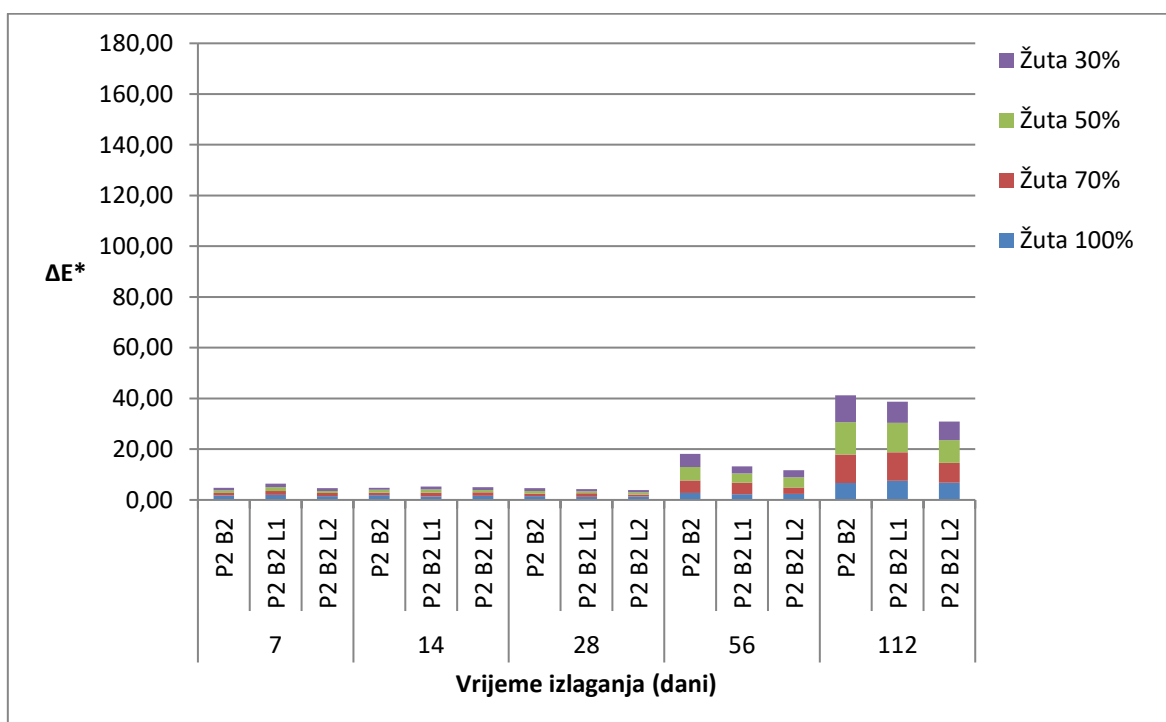
Slika 4.3.4.3.1. ΔE^* za otiske P₁B₁, P₁B₁L₁ i P₁B₁L₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



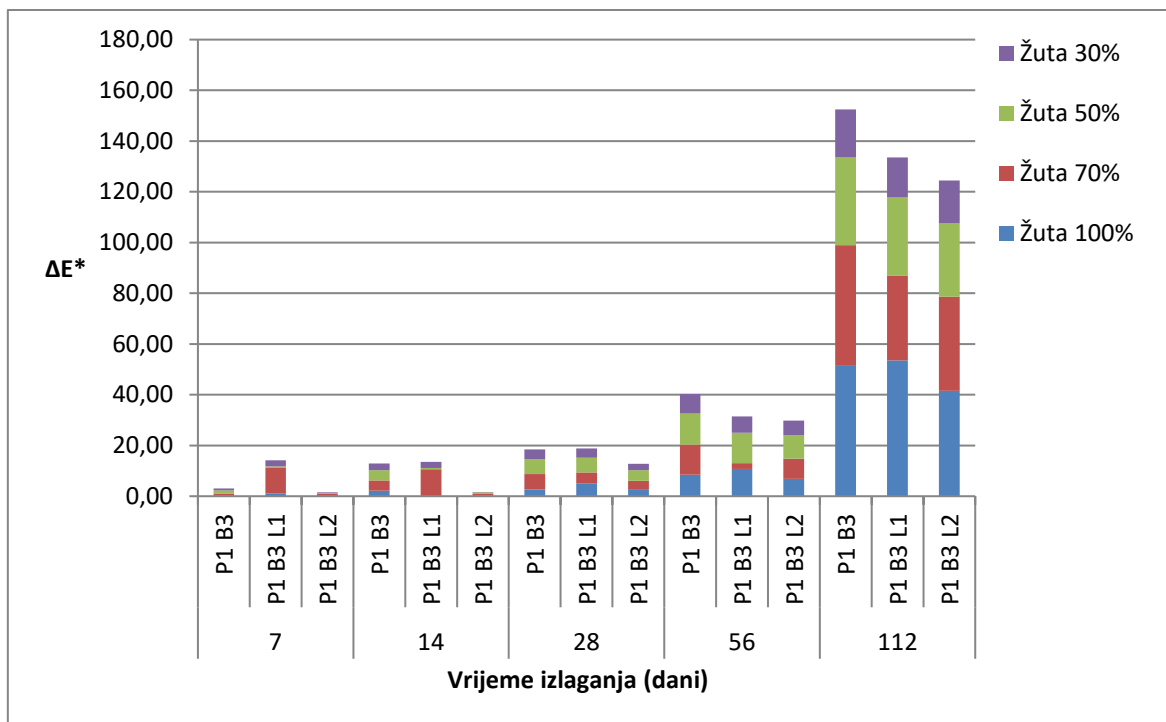
Slika 4.3.4.3.2. ΔE^* za otiske P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



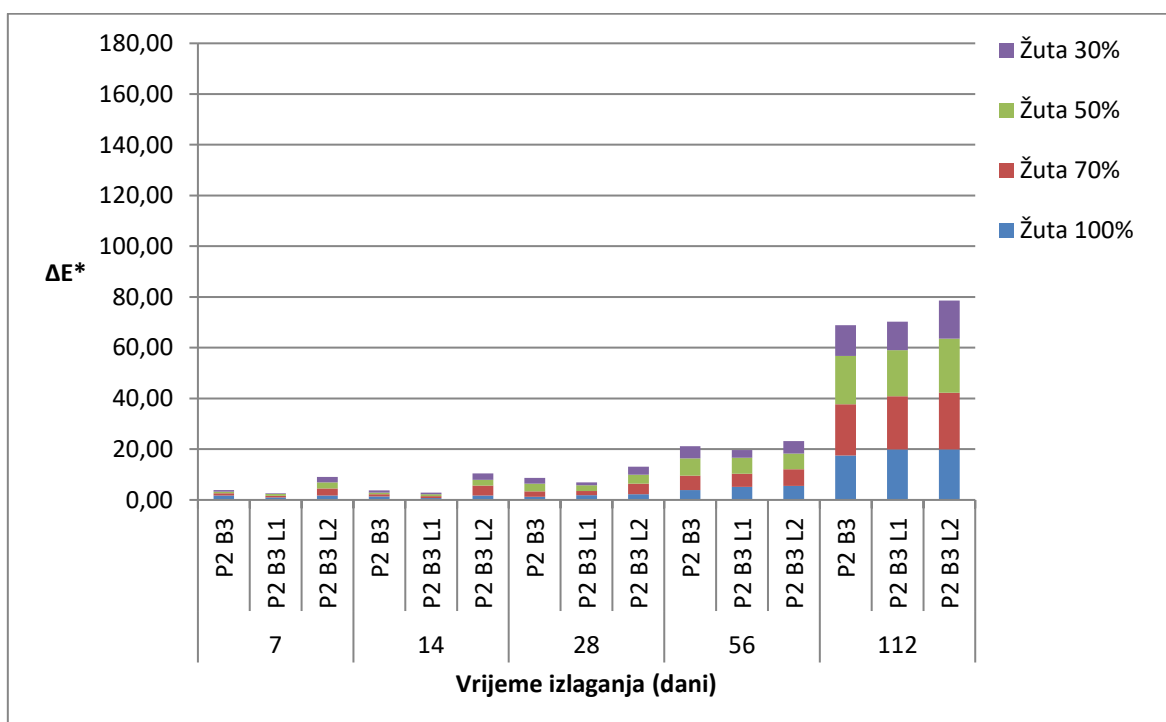
Slika 4.3.4.3.3. ΔE^* za otiske P₁B₂, P₁B₂L₁ i P₁B₂L₂ s žutim bojiлом u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.3.4.3.4. ΔE^* za otiske P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ s žutim bojiлом u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

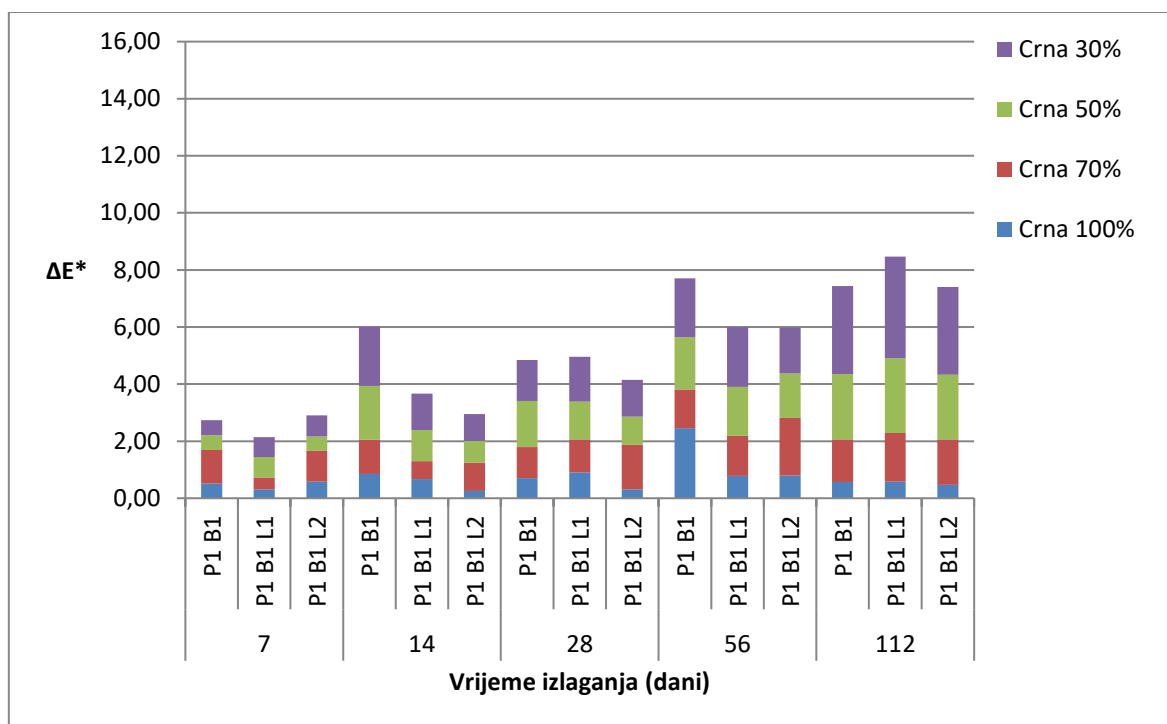


Slika 4.3.4.3.5. ΔE^* za otiske P₁B₃, P₁B₃L₁ i P₁B₃L₂ s žutim bojiлом u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

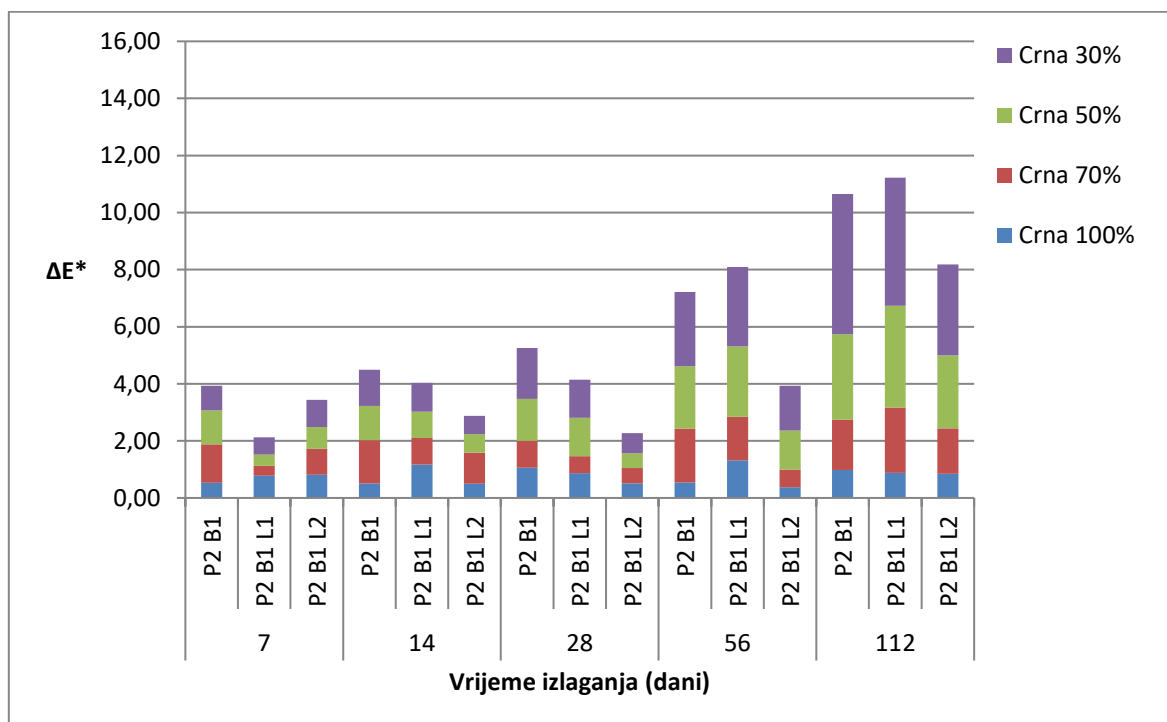


Slika 4.3.4.3.6. ΔE^* za otiske P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ s žutim bojiлом u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

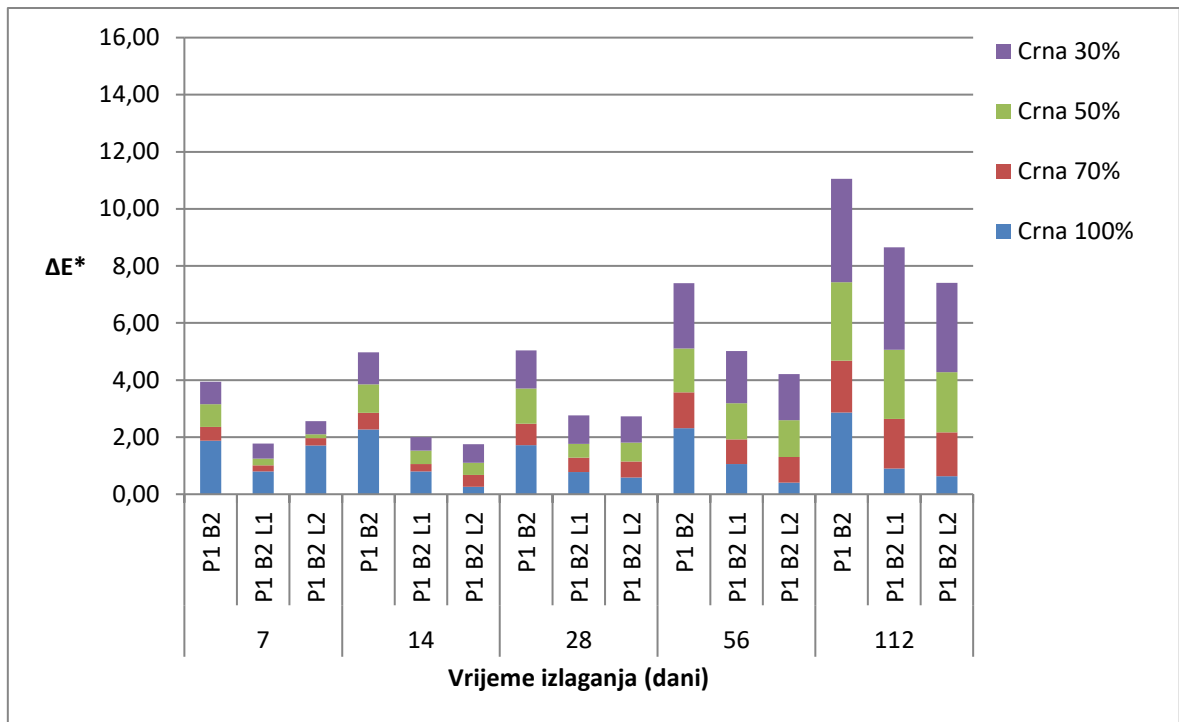
4.3.4.4. Rezultati ΔE^* za otiske sa crnim bojilima



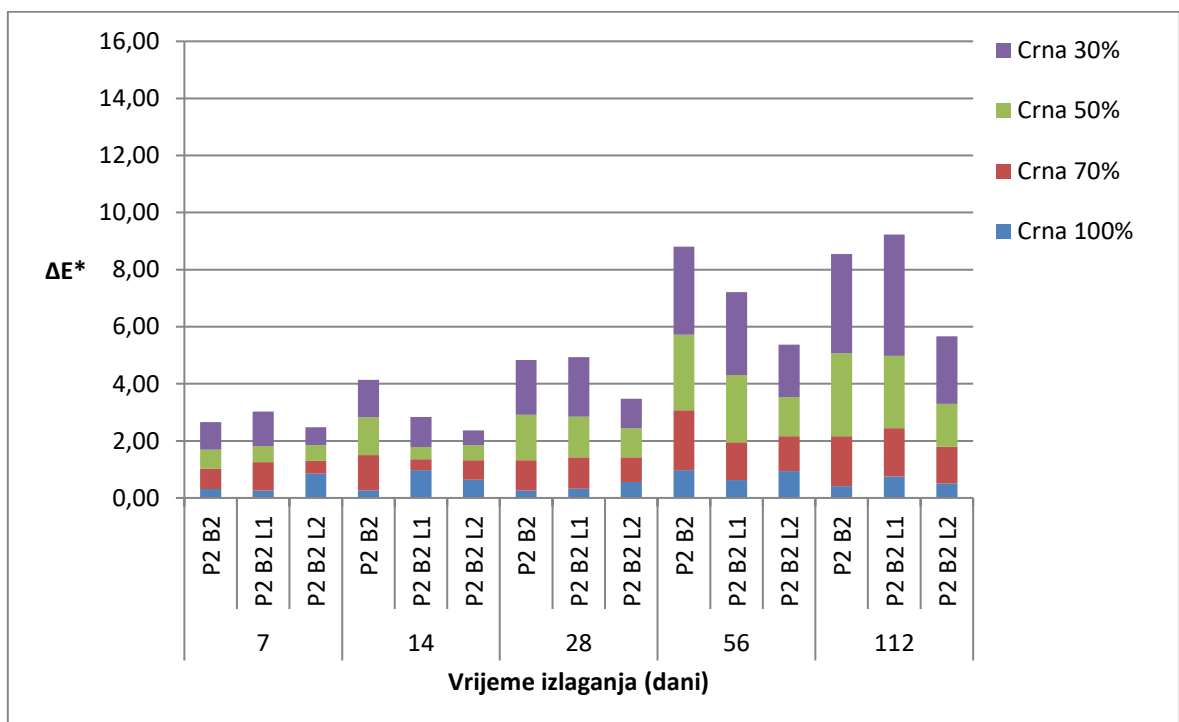
Slika 4.3.4.4.1. ΔE^* za otiske P₁B₁, P₁B₁L₁ i P₁B₁L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



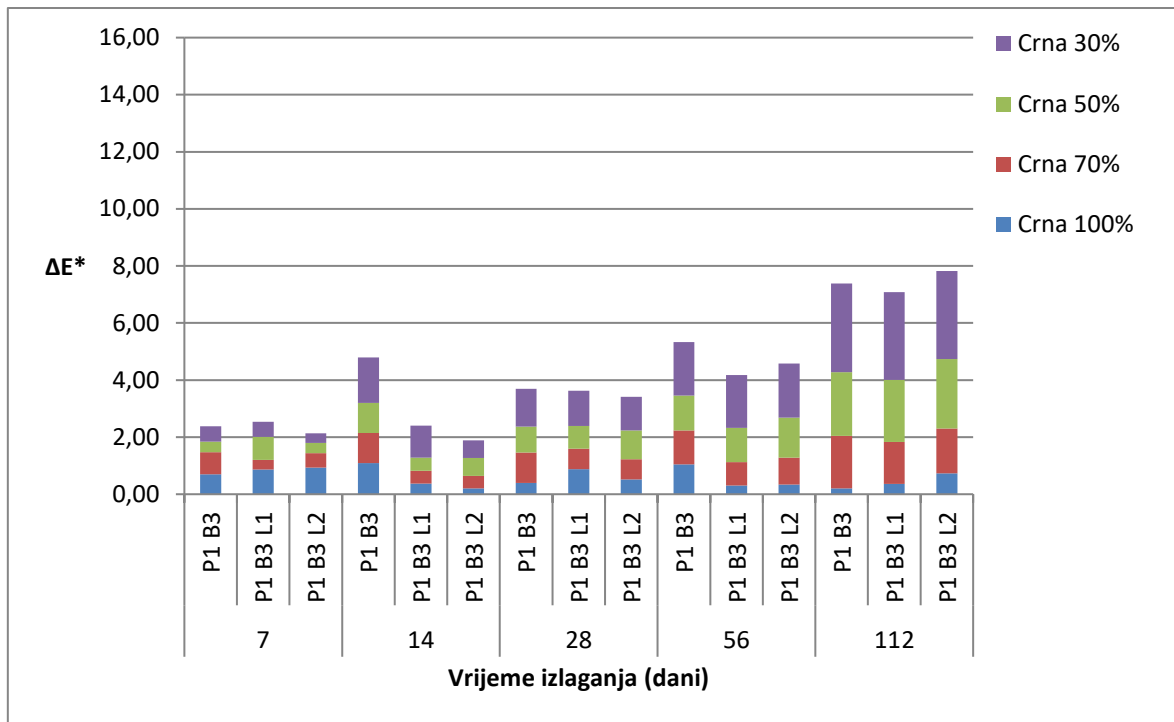
Slika 4.3.4.4.2. ΔE^* za otiske P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



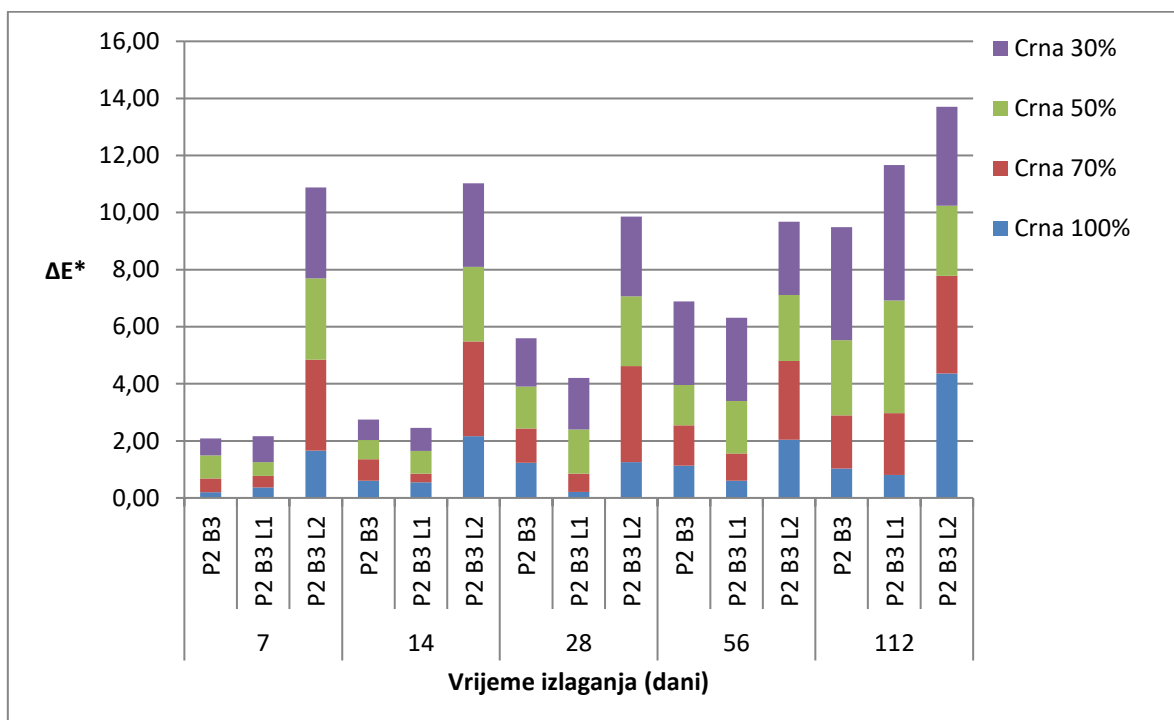
Slika 4.3.4.4.3. ΔE^* za otiske P₁B₂, P₁B₂L₁ i P₁B₂L₂ s crnim bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



Slika 4.3.4.4.4. ΔE^* za otiske P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ s crnim bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



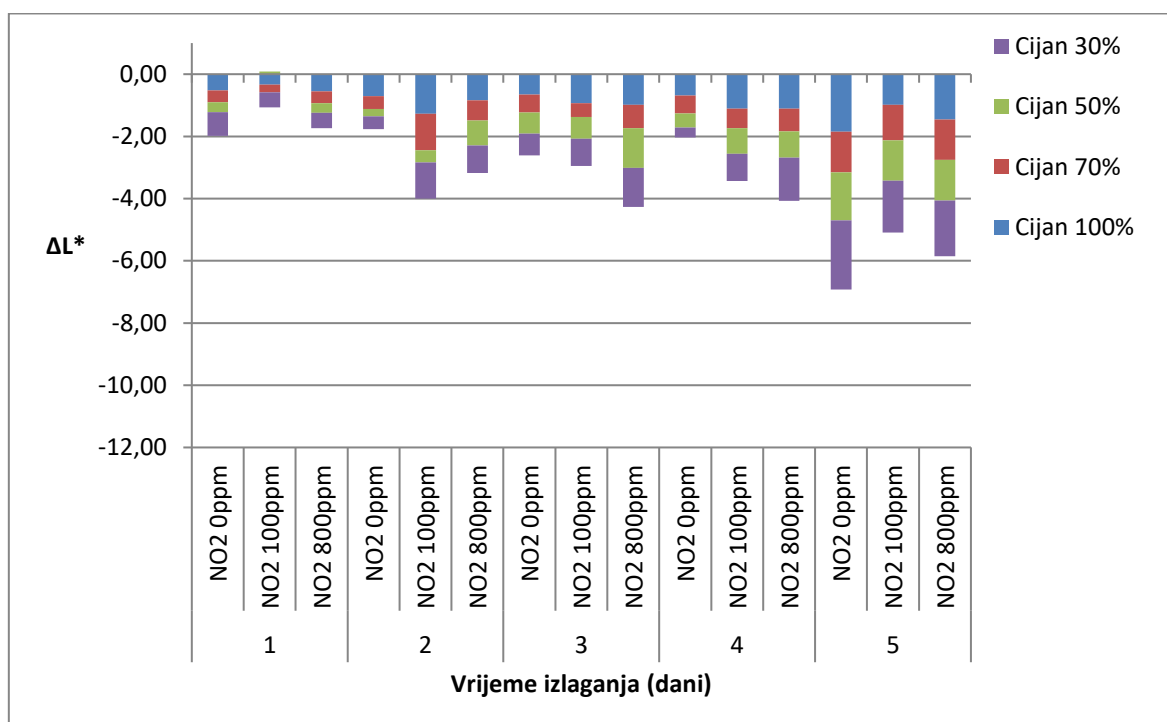
Slika 4.3.4.4.5. ΔE^* za otiske P₁B₃, P₁B₃L₁ i P₁B₃L₂ s crnim bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo



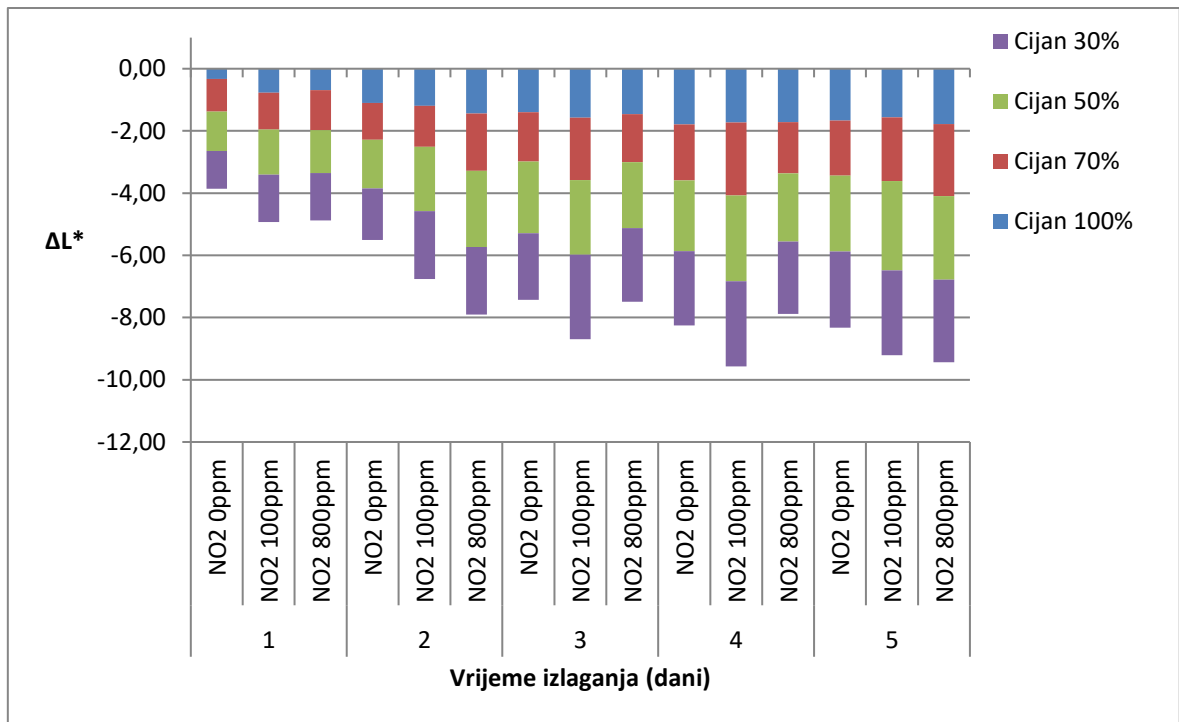
Slika 4.3.4.4.6. ΔE^* za otiske P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ s crnim bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

4.4. Rezultati istraživanja kromatskih karakteristika otisaka izloženih termičkom starenju u zraku bez / sa NO₂

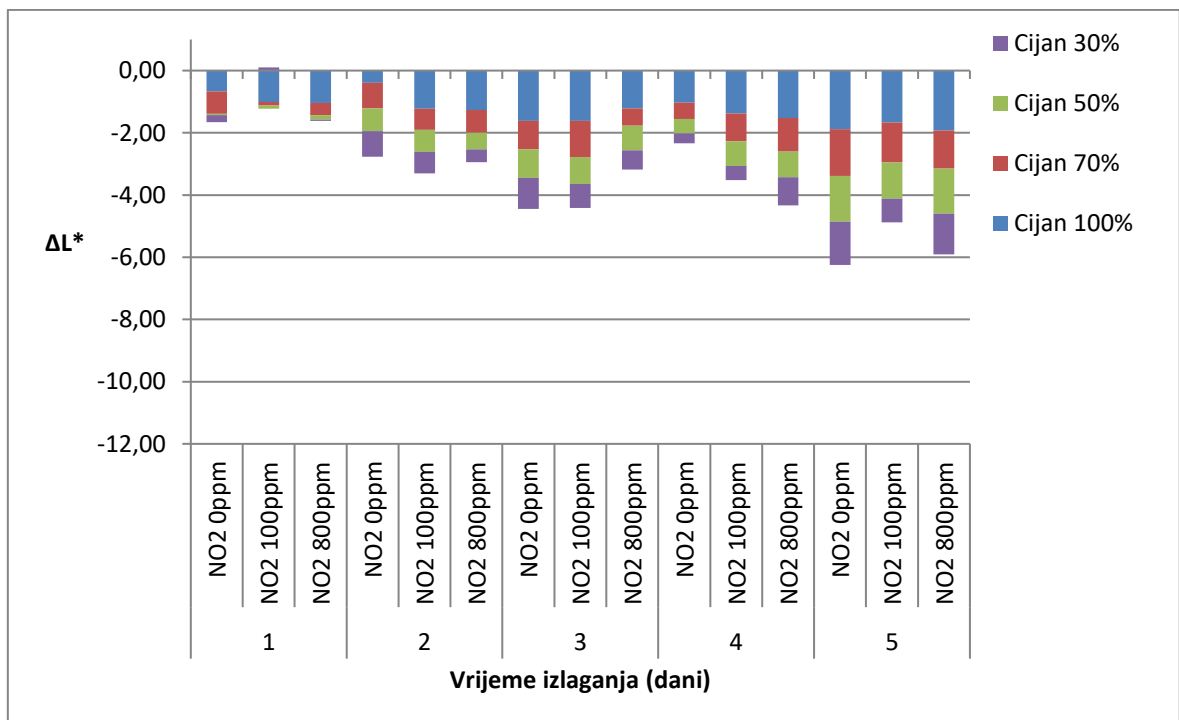
4.4.1. Rezultati ovisnosti ΔL^* separacija CMYK bojila za otiske P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ u odnosu na RTV (100 %, 70 %, 50 % i 30 %) i dinamiku izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



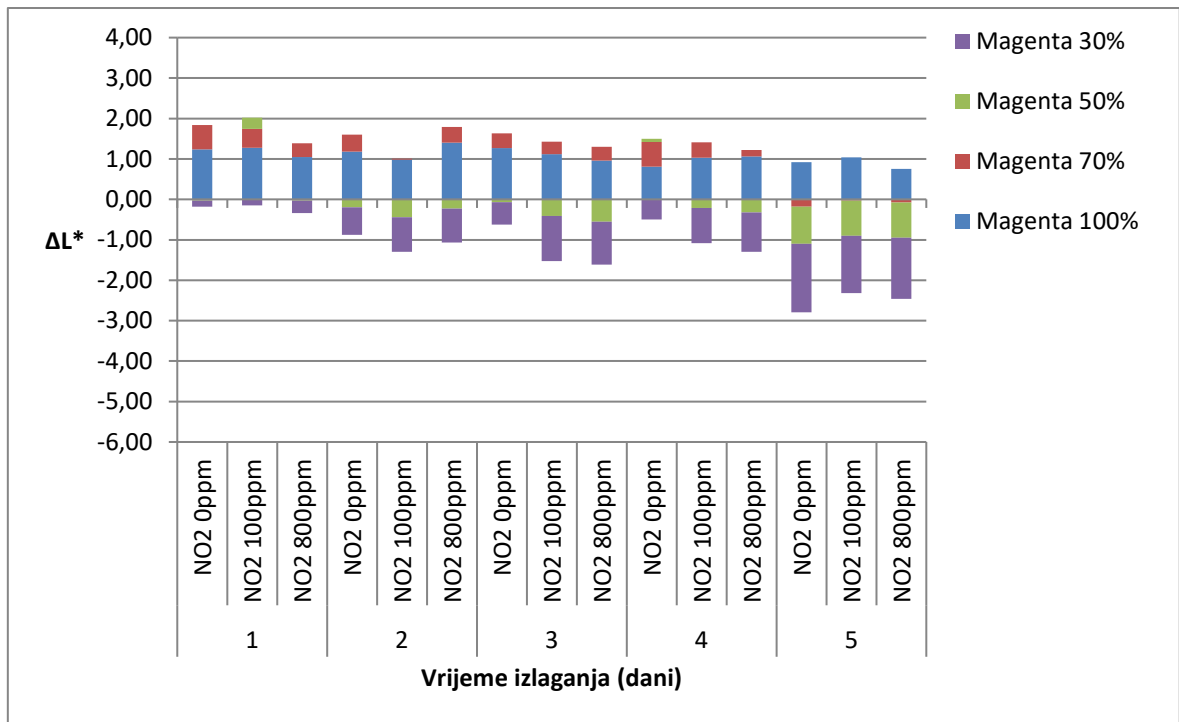
Slika 4.4.1.1. ΔL^* za otiske P₁B₁ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



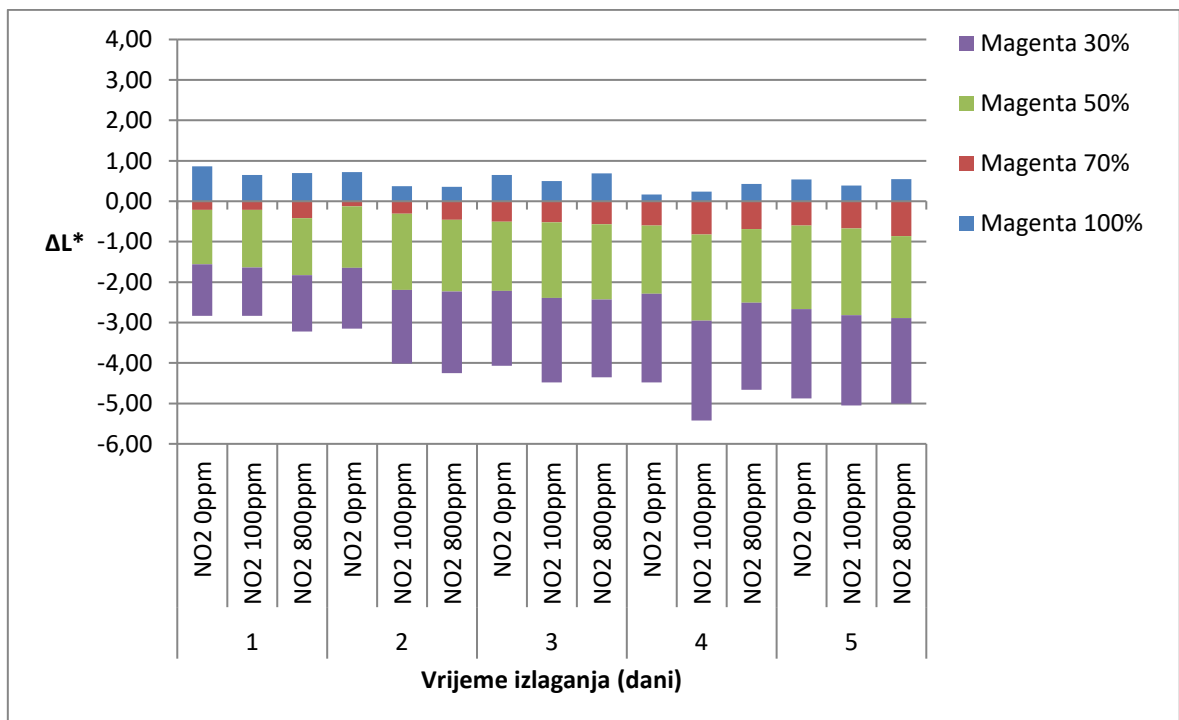
Slika 4.4.1.2. ΔL^* za otiske P₁B₂ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



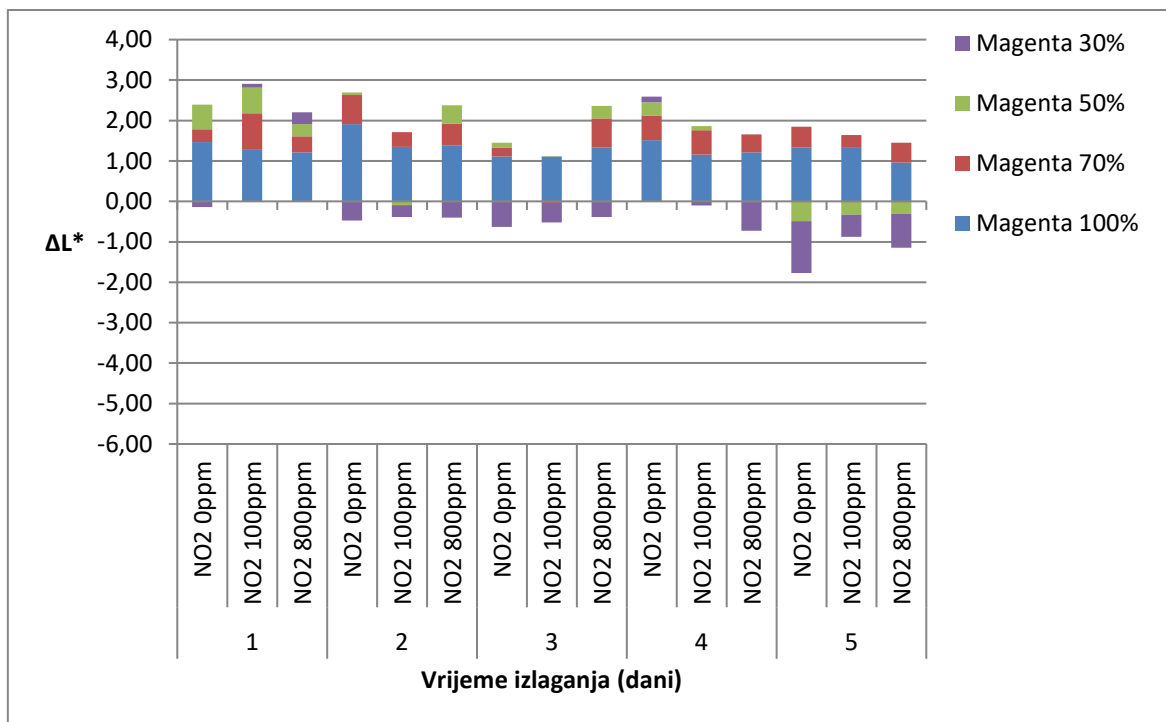
Slika 4.4.1.3. ΔL^* za otiske P₁B₃ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



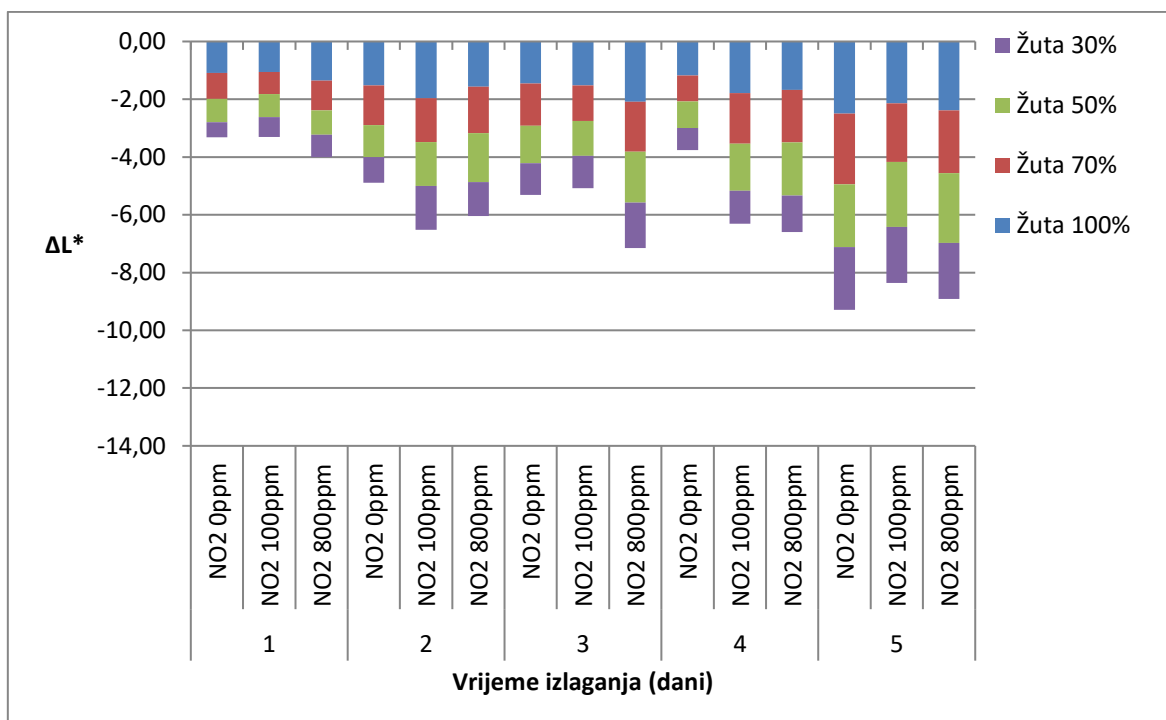
Slika 4.4.1.4. ΔL^* za otiske P₁B₁ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



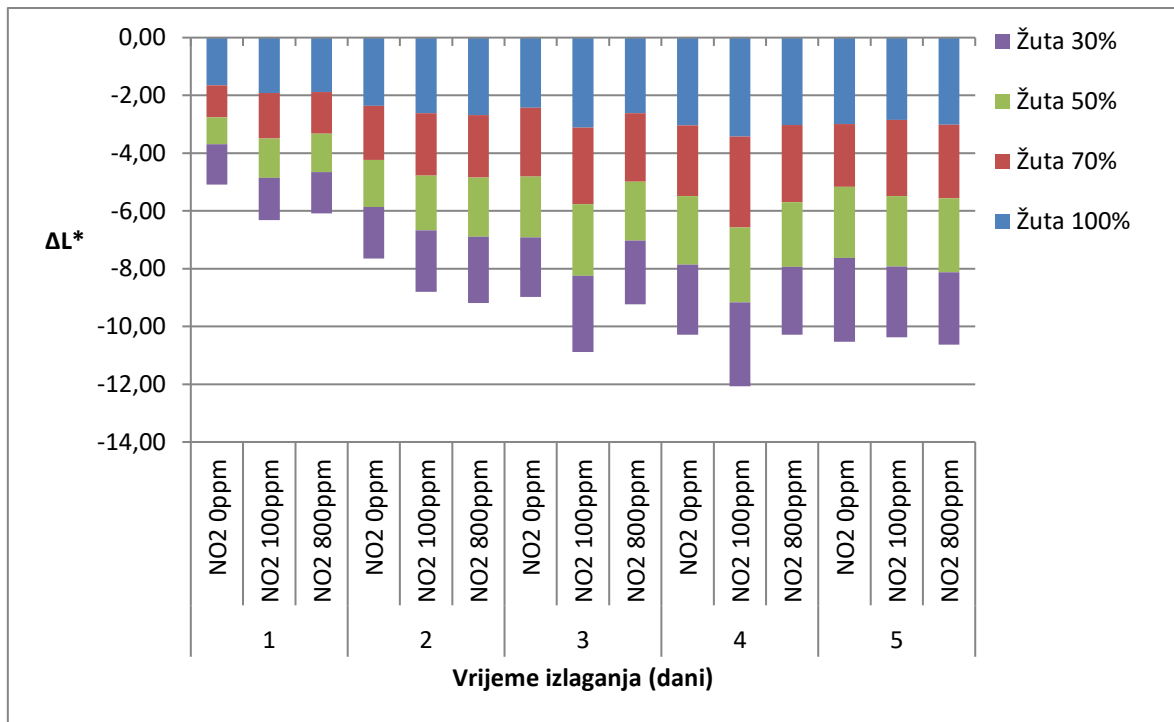
Slika 4.4.1.5. ΔL^* za otiske P₁B₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



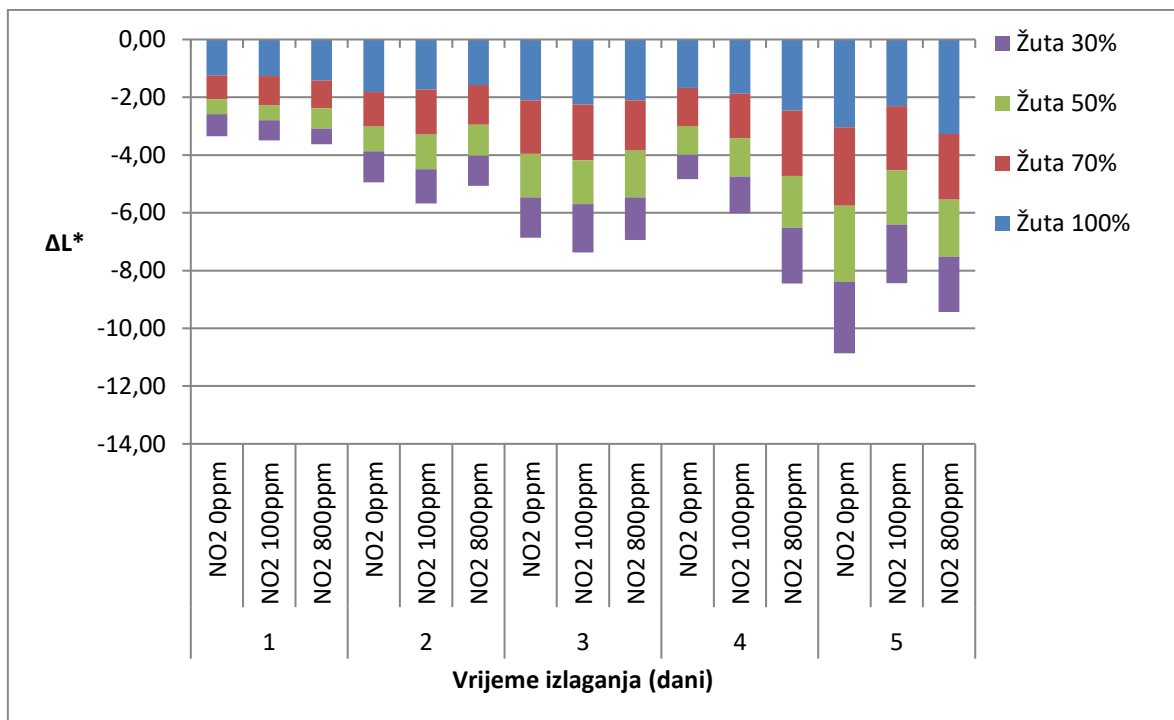
Slika 4.4.1.6. ΔL^* za otiske P_1B_3 s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO_2



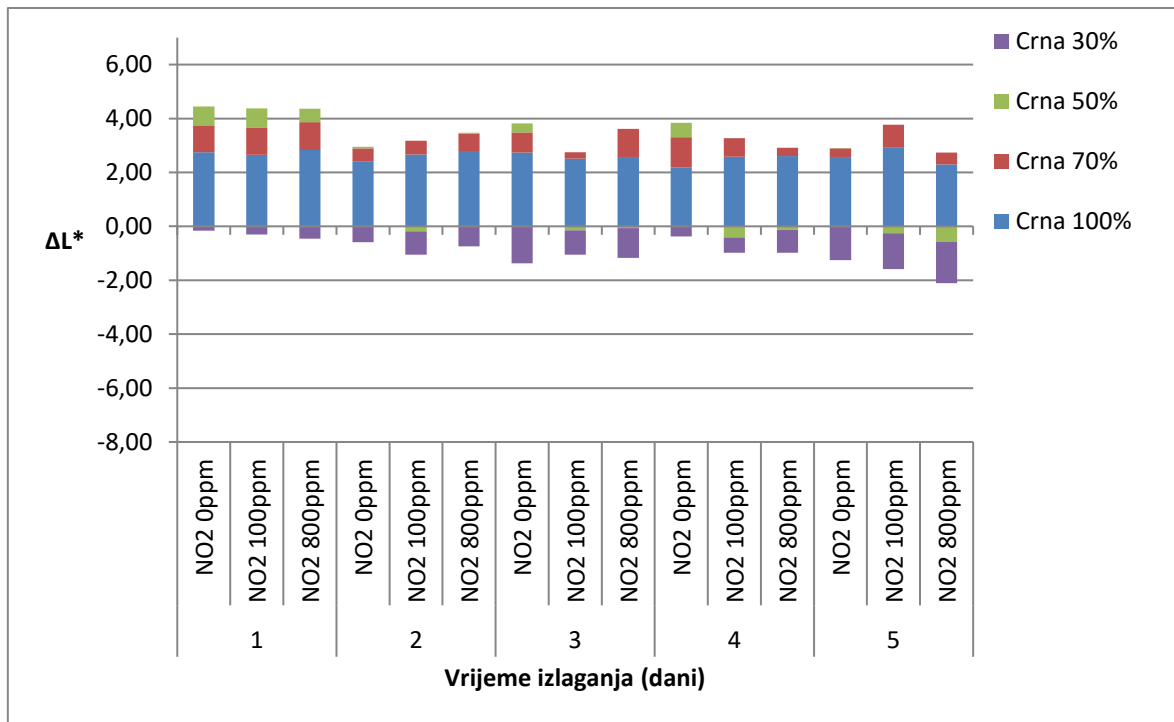
Slika 4.4.1.7. ΔL^* za otiske P_1B_1 s žutim bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO_2



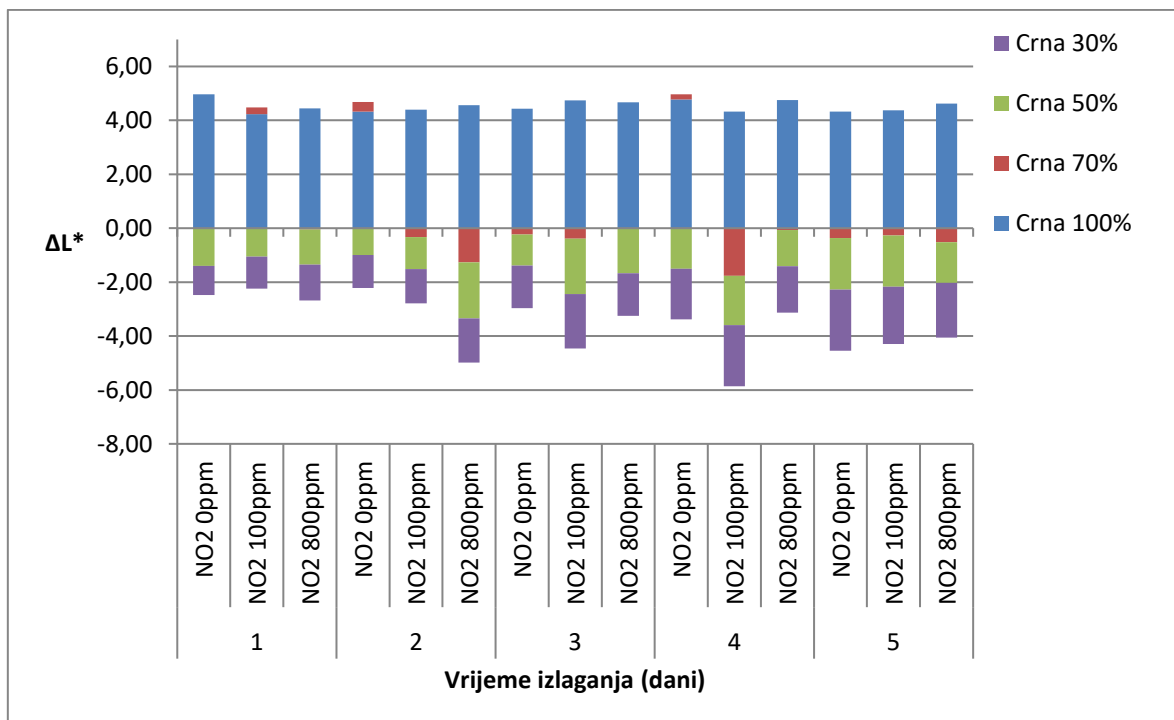
Slika 4.4.1.8. ΔL^* za otiske P₁B₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



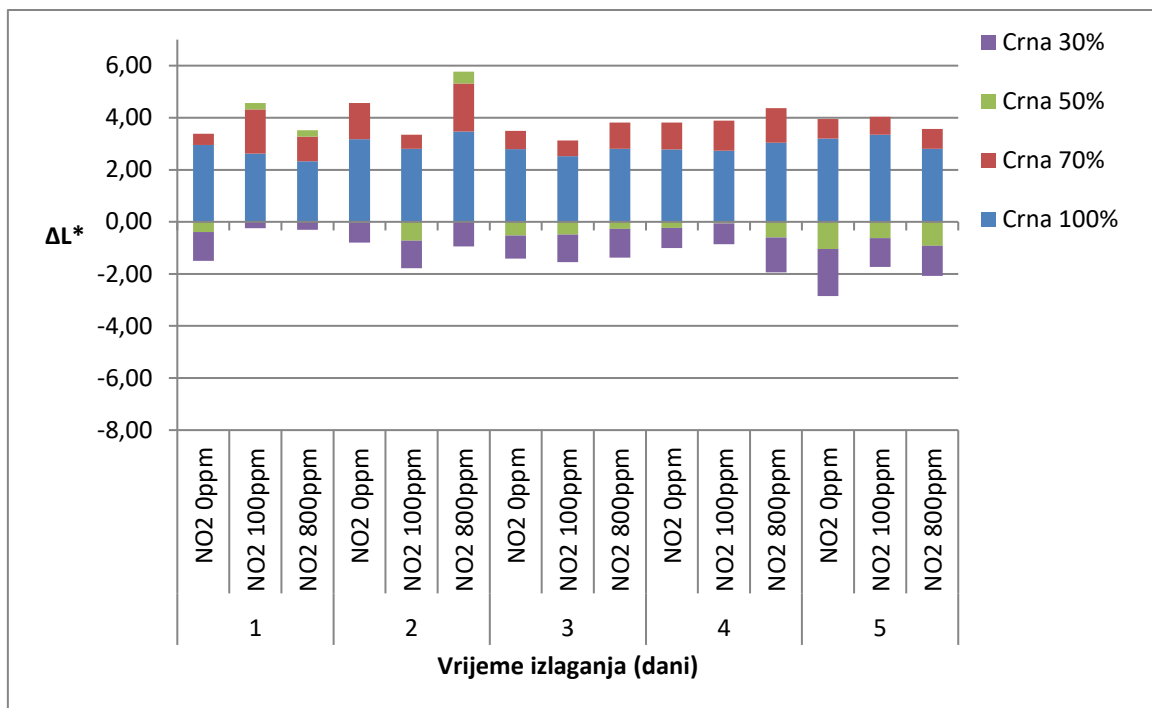
Slika 4.4.1.9. ΔL^* za otiske P₁B₃ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



Slika 4.4.1.10. ΔL^* za otiske P₁B₁ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂

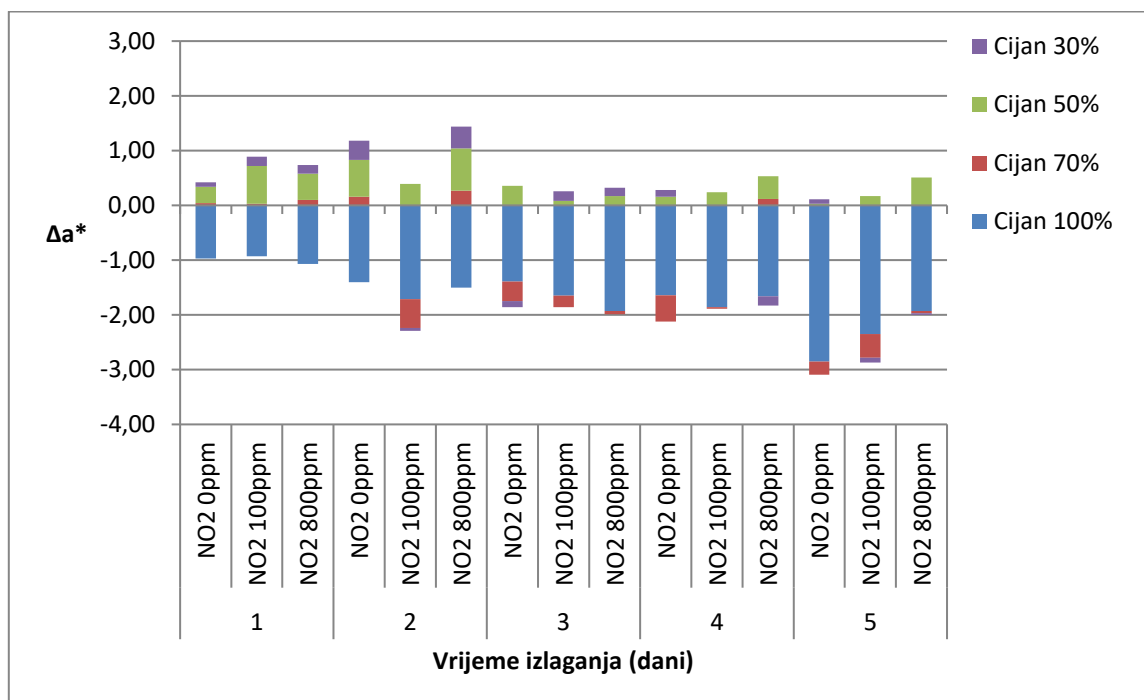


Slika 4.4.1.11. ΔL^* za otiske P₁B₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂

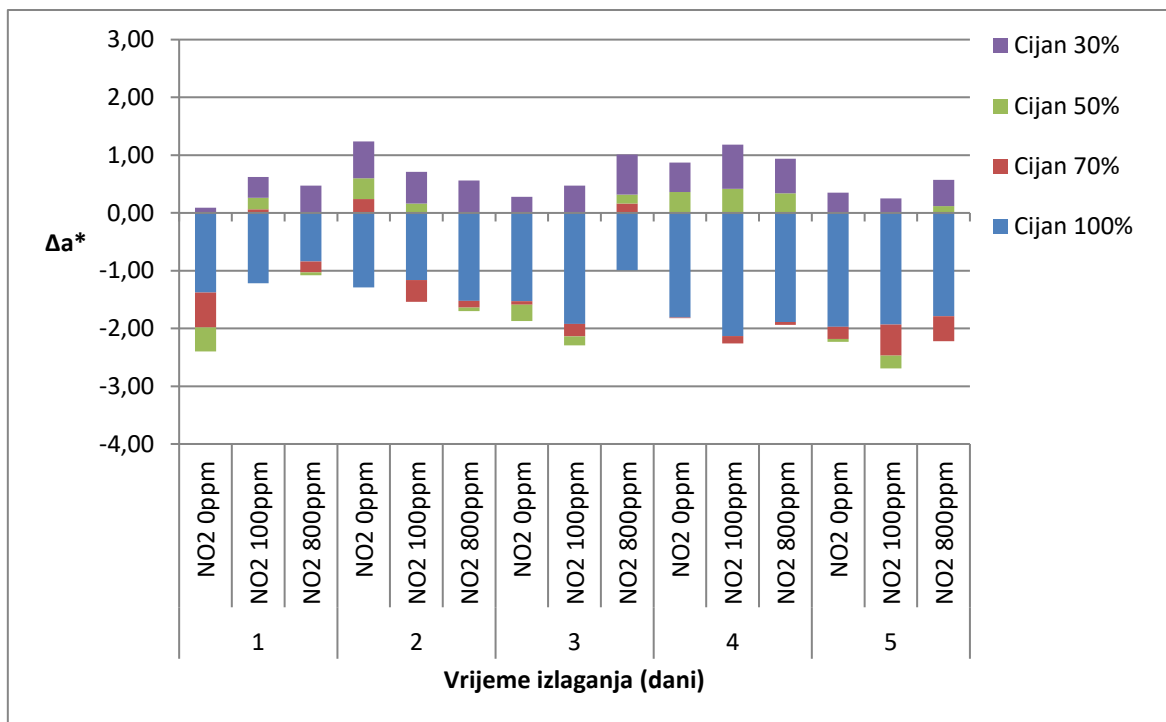


Slika 4.4.1.12. ΔL^* za otiske P₁B₃ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez/sa bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂

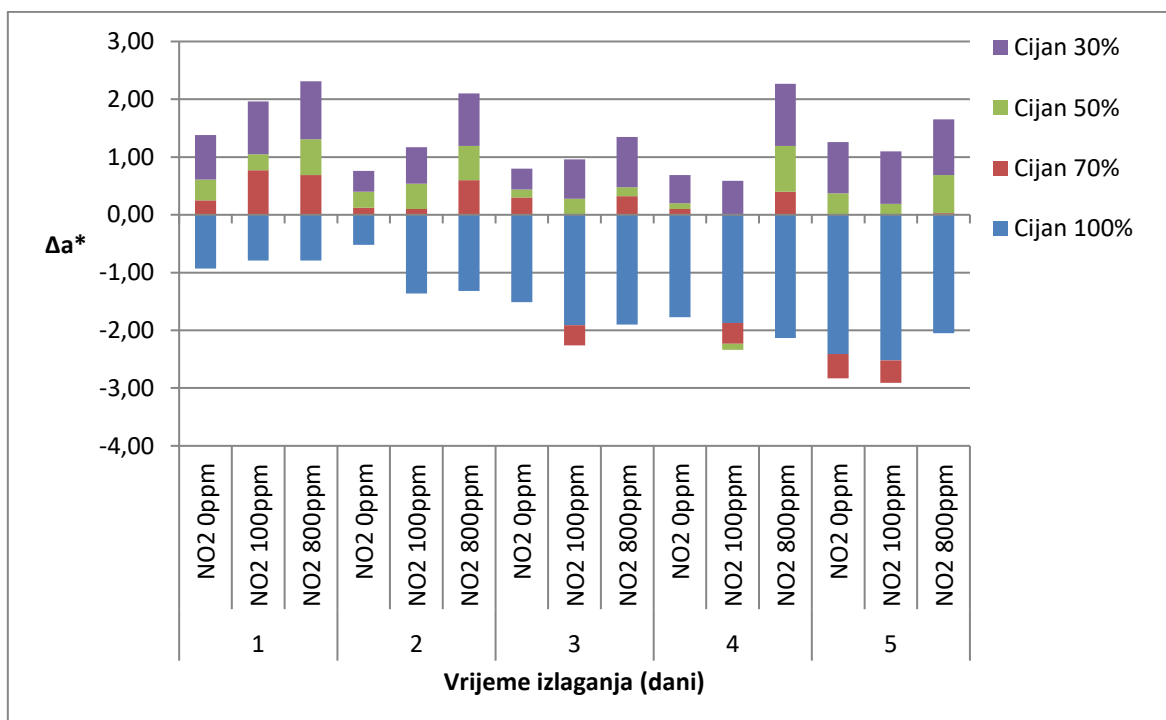
4.4.2. Rezultati ovisnosti Δa^* separacija CMYK bojila za otiske P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ u odnosu na RTV (100 %, 70 %, 50 % i 30 %) i dinamiku izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



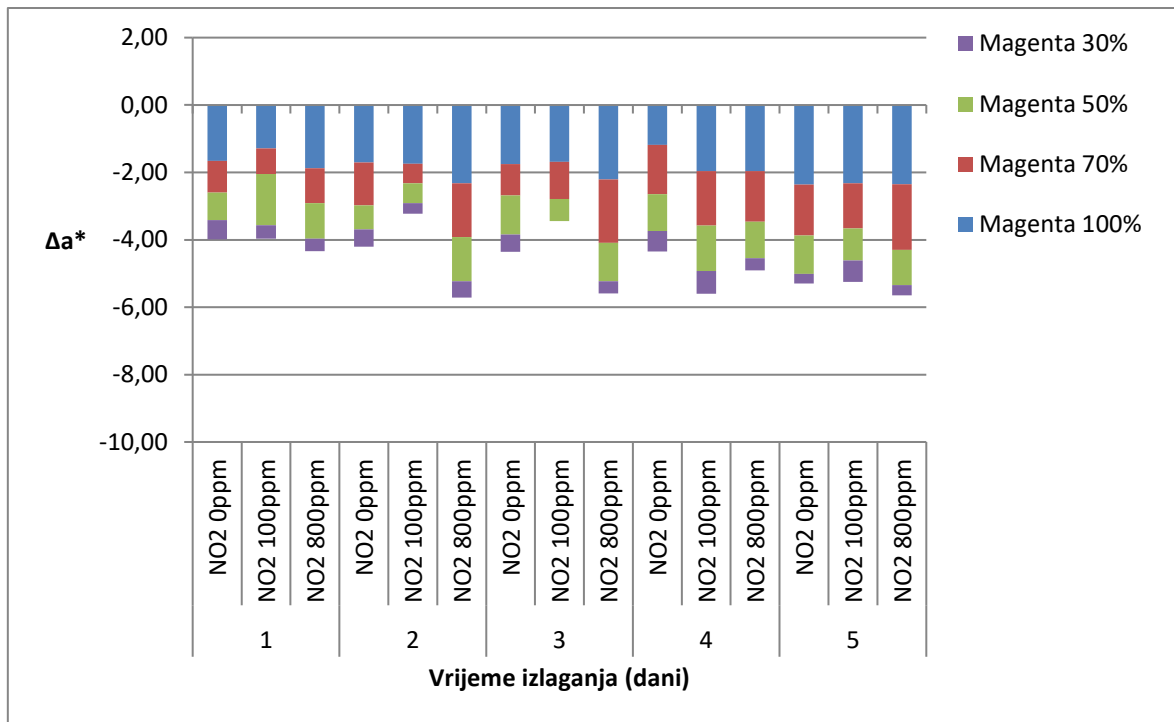
Slika 4.4.2.1. Δa^* za otiske P₁B₁ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



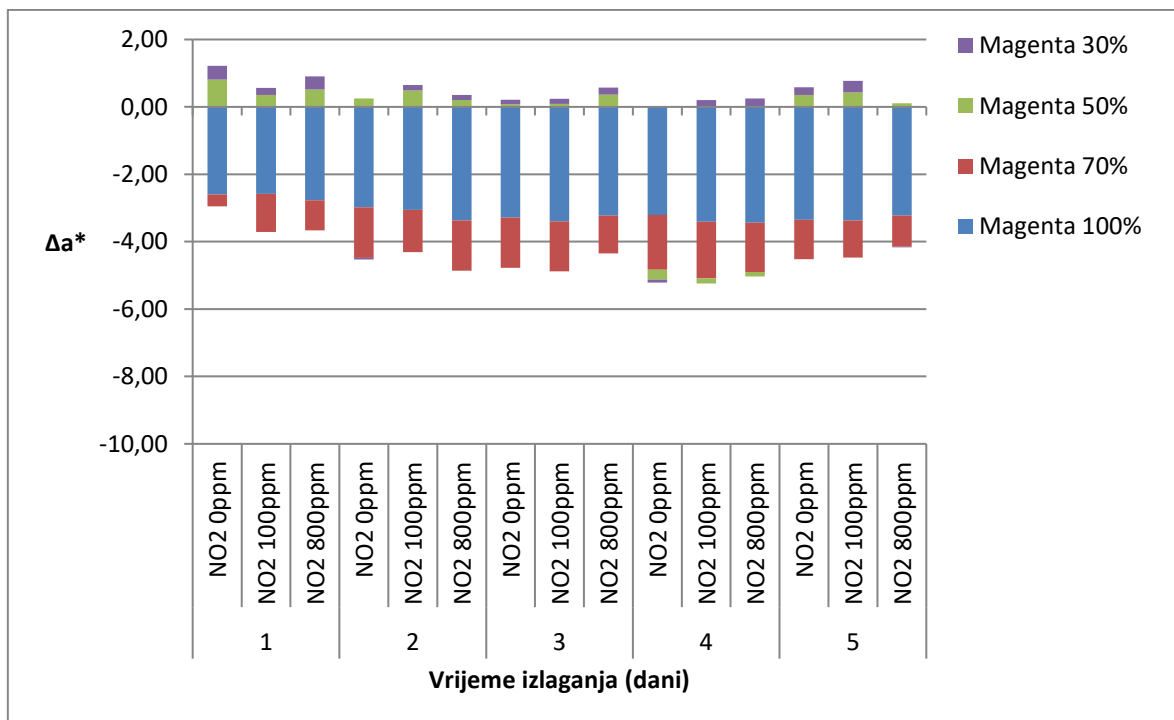
Slika 4.4.2.2. Δa^* za otiske P₁B₂ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



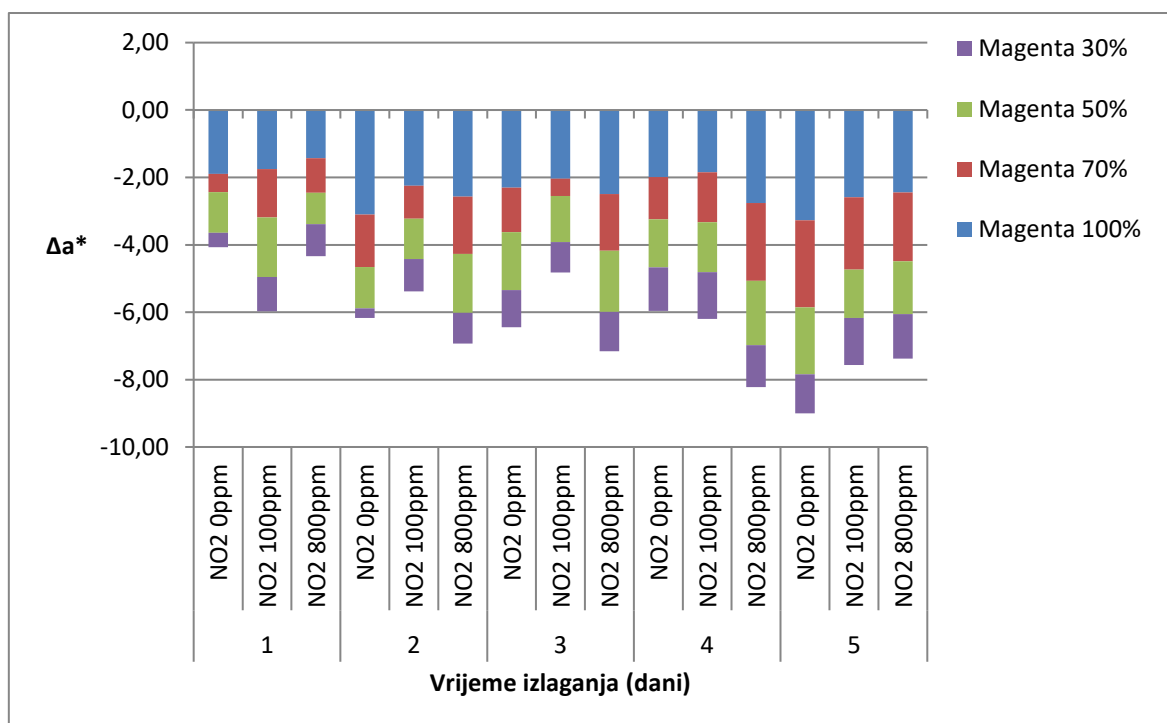
Slika 4.4.2.3. Δa^* za otiske P₁B₃ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



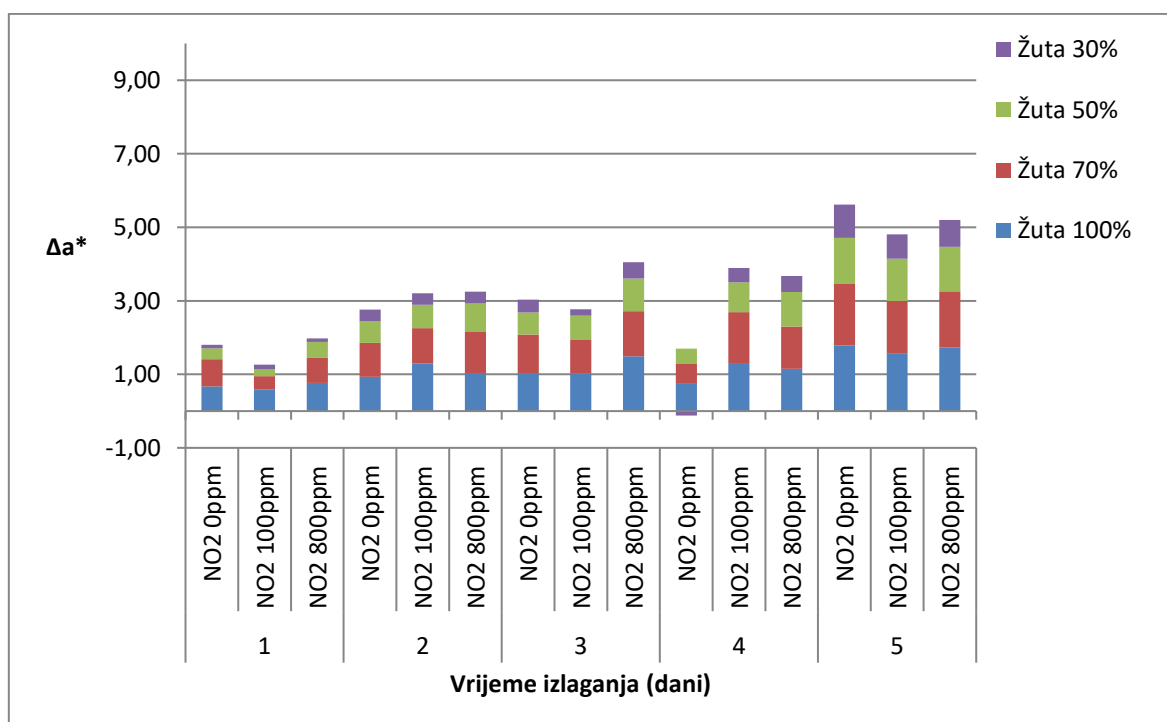
Slika 4.4.2.4. Δa^* za otiske P₁B₁ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



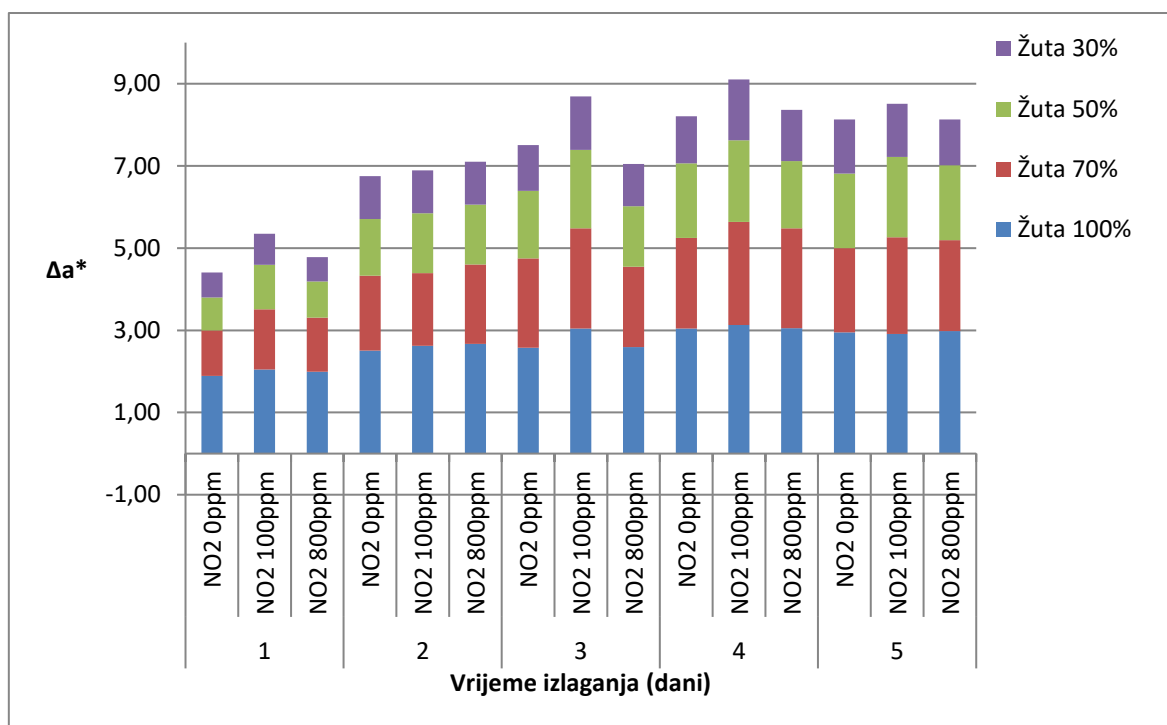
Slika 4.4.2.5. Δa^* za otiske P₁B₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



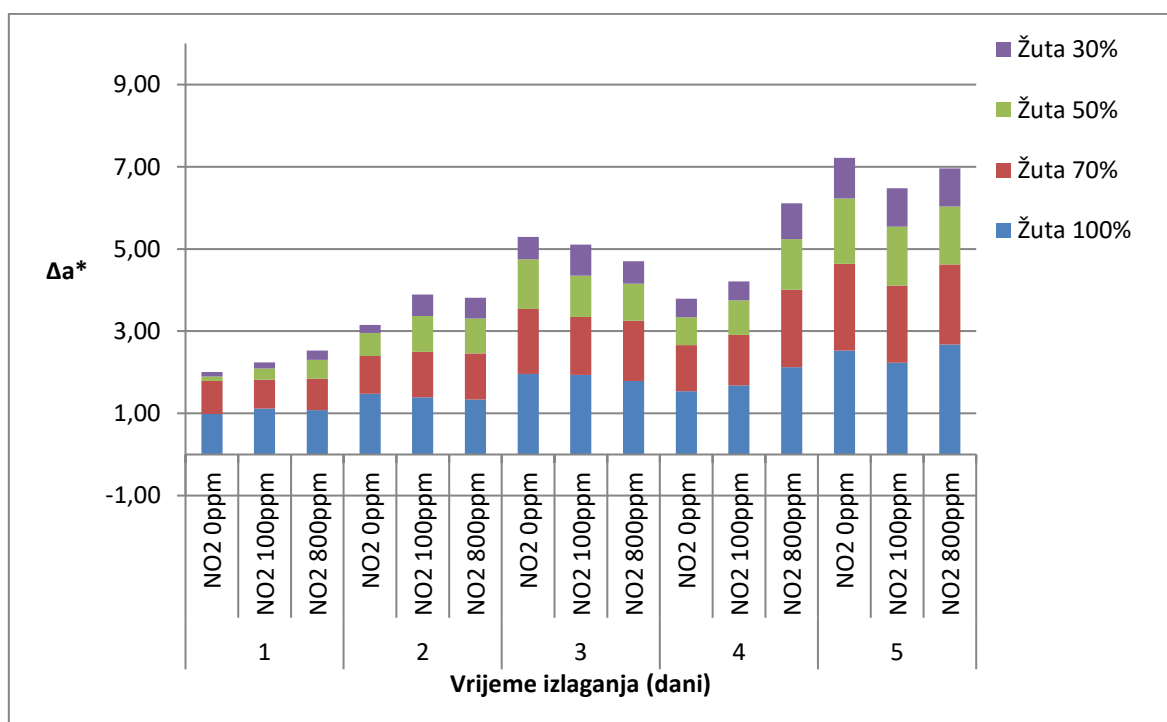
Slika 4.4.2.6. Δa^* za otiske P_1B_3 s magenta bojiлом u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO_2



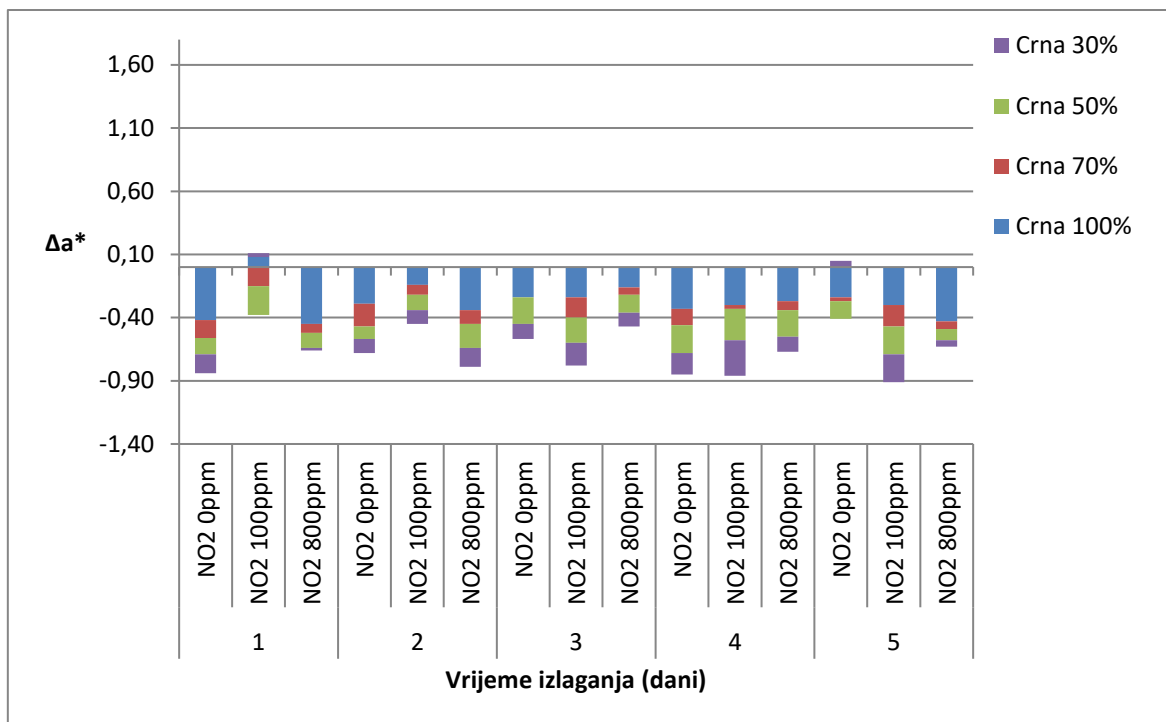
Slika 4.4.2.7. Δa^* za otiske P_1B_1 s žutim bojiлом u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO_2



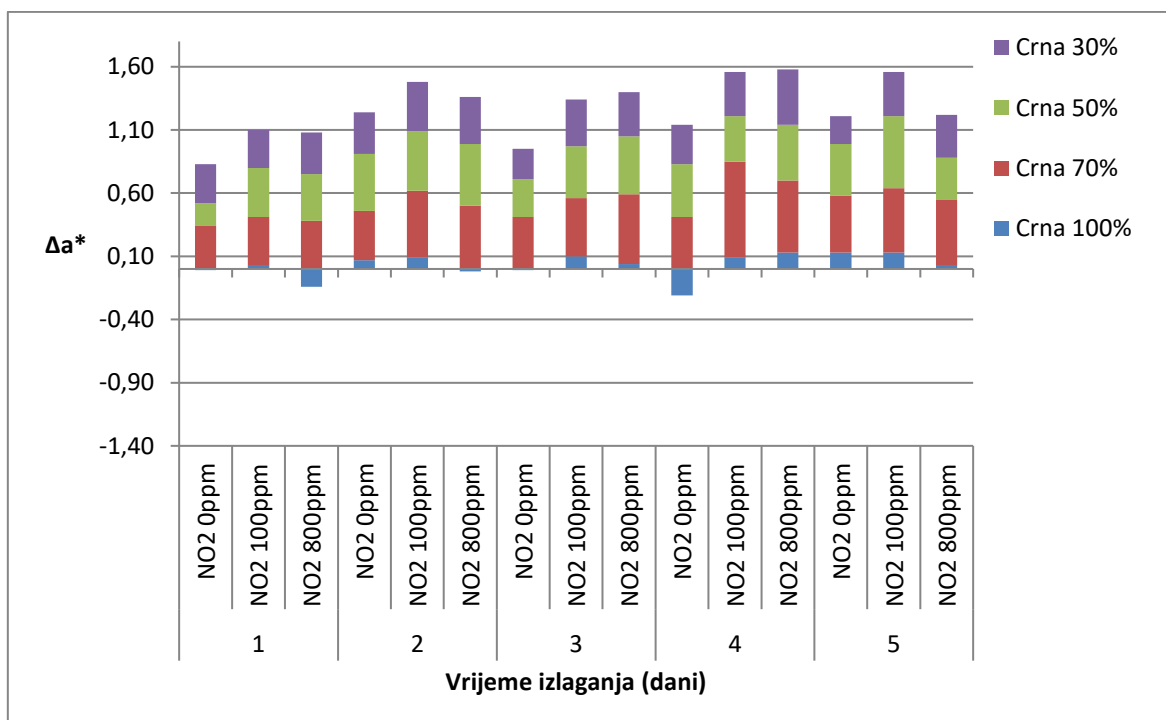
Slika 4.4.2.8. Δa^* za otiske P₁B₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



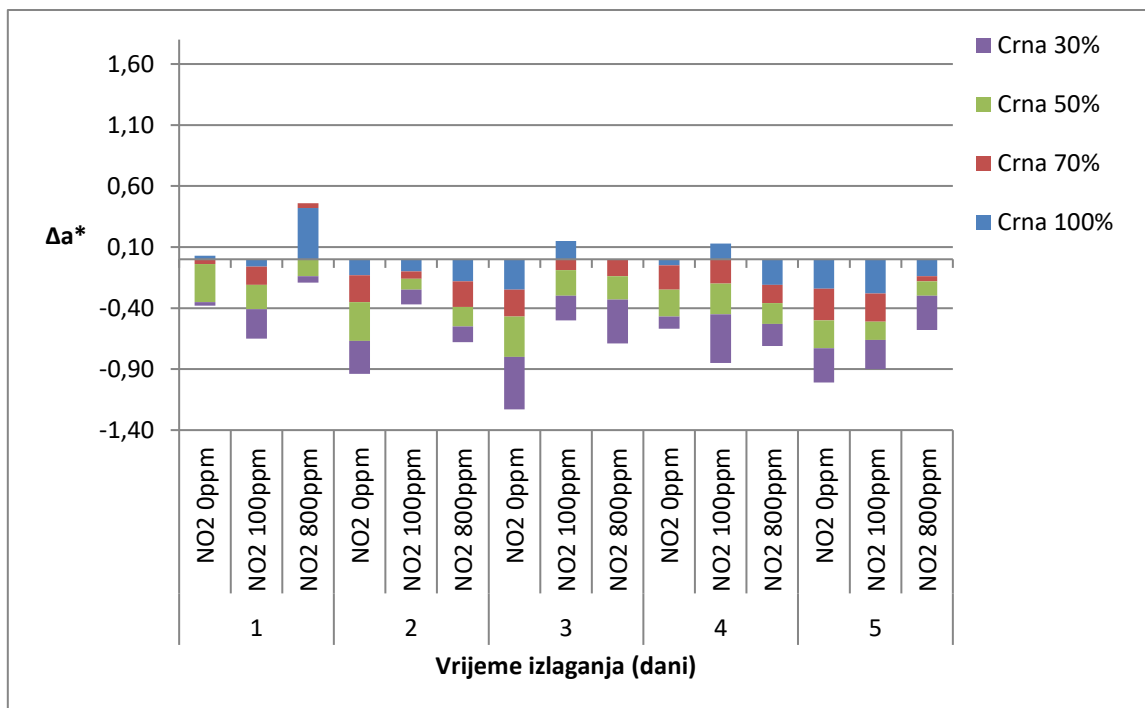
Slika 4.4.2.9. Δa^* za otiske P₁B₃ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



Slika 4.4.2.10. Δa^* za otiske P₁B₁ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂

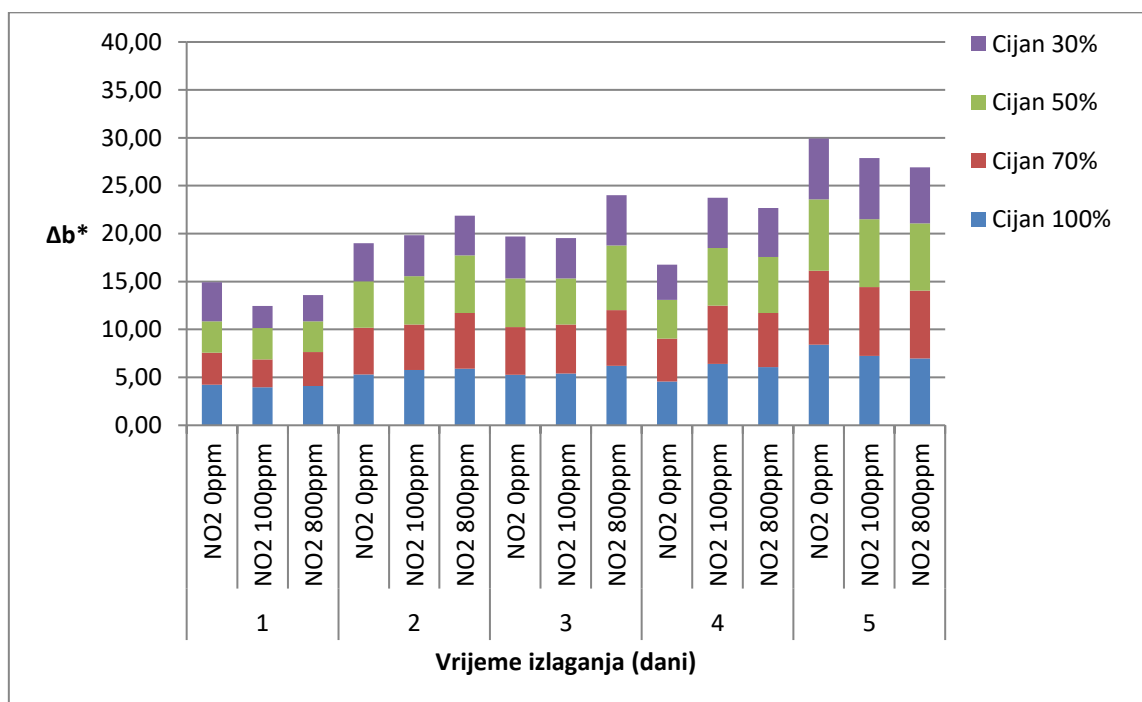


Slika 4.4.2.11. Δa^* za otiske P₁B₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂

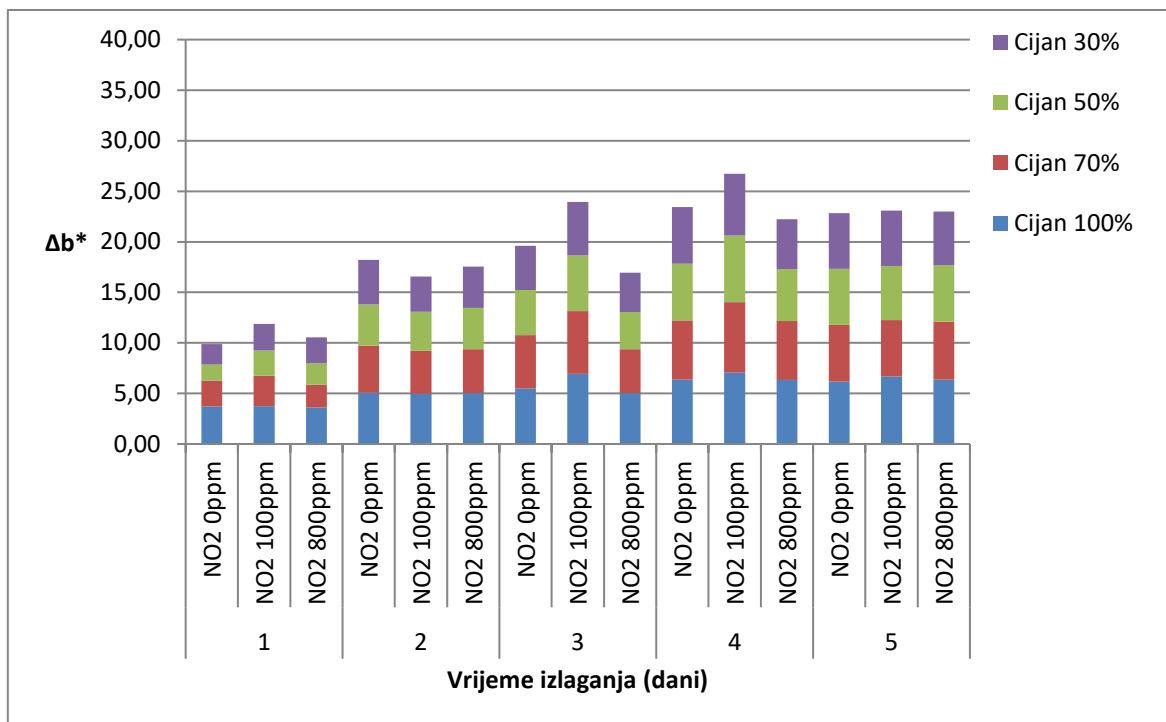


Slika 4.4.2.12. Δa^* za otiske P₁B₃ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂

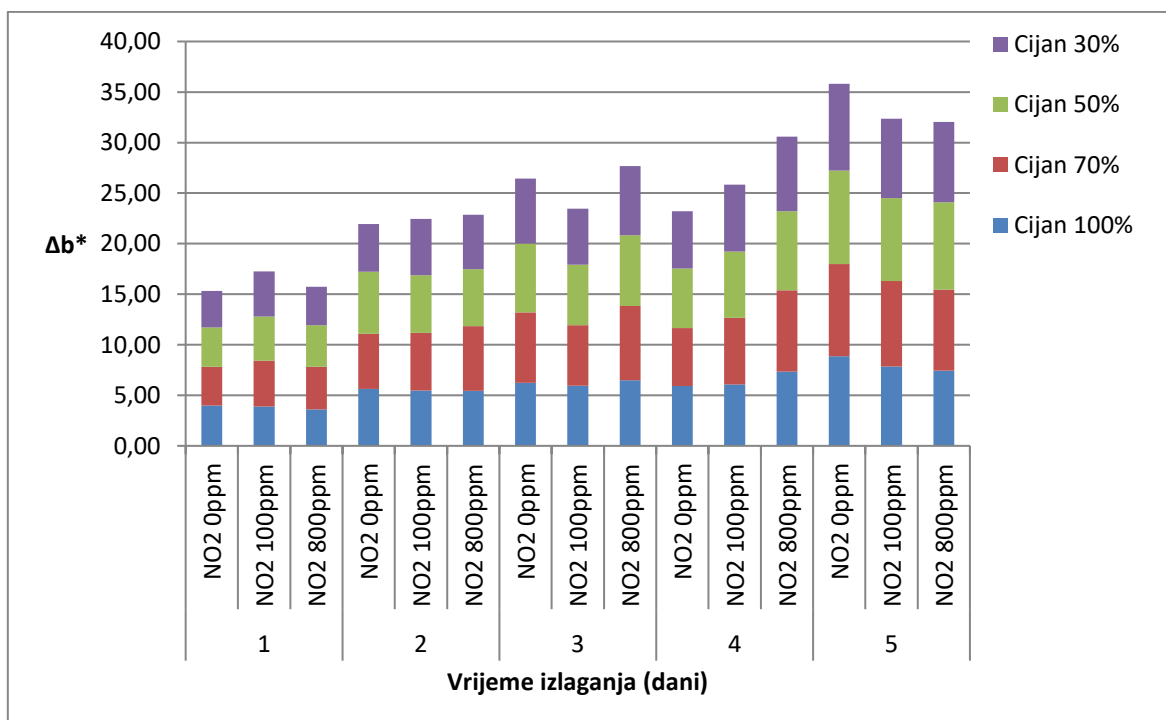
4.4.3. Rezultati ovisnosti Δb^* separacija CMYK bojila za otiske P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ u odnosu na RTV (100 %, 70 %, 50 % i 30 %) i dinamiku izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez/sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



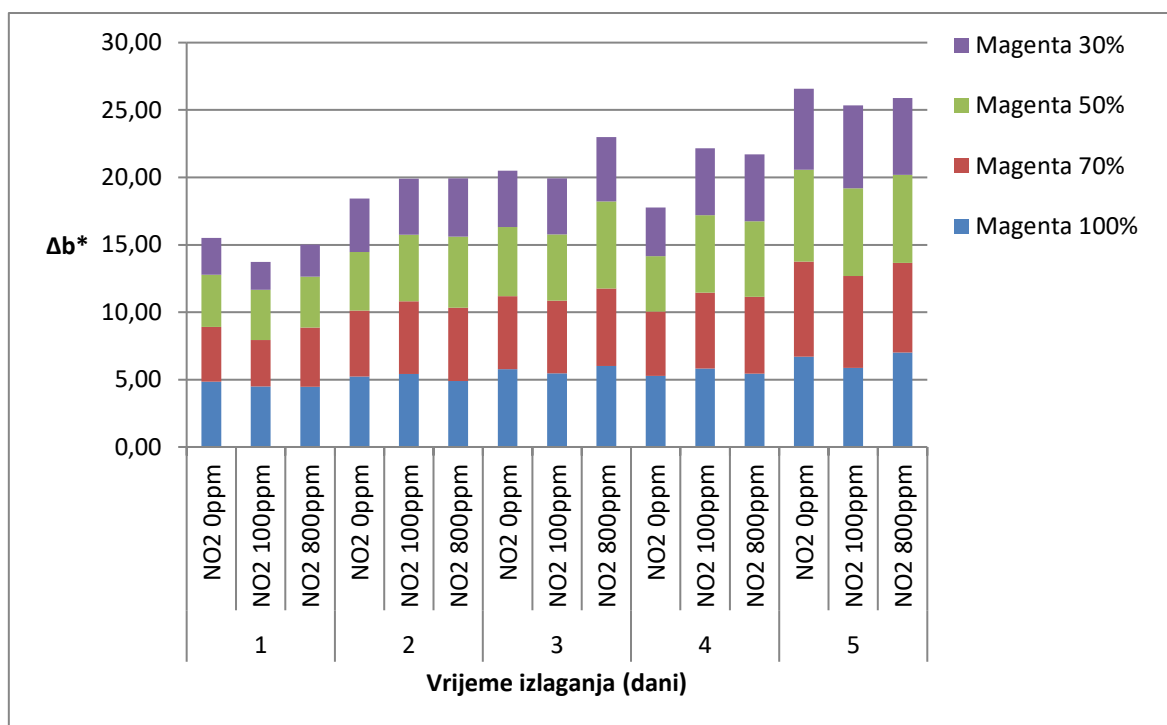
Slika 4.4.3.1. Δb^* za otiske P₁B₁ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



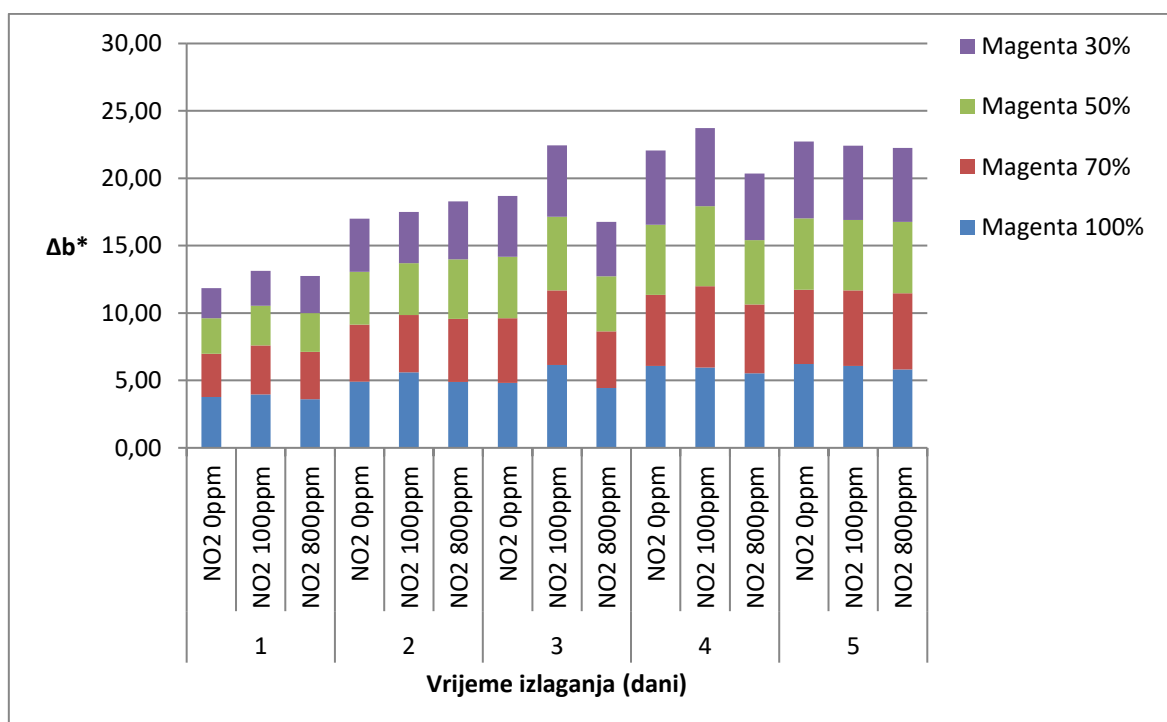
Slika 4.4.3.2. Δb^* za otiske P₁B₂ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



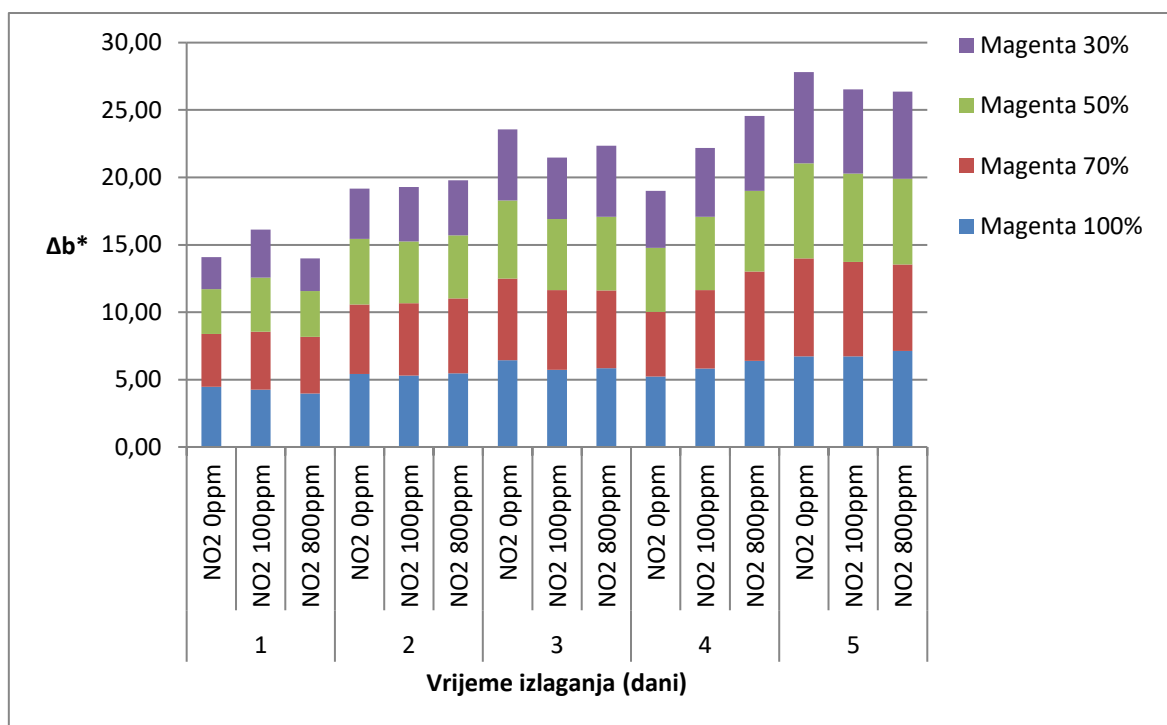
Slika 4.4.3.3. Δb^* za otiske P₁B₃ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



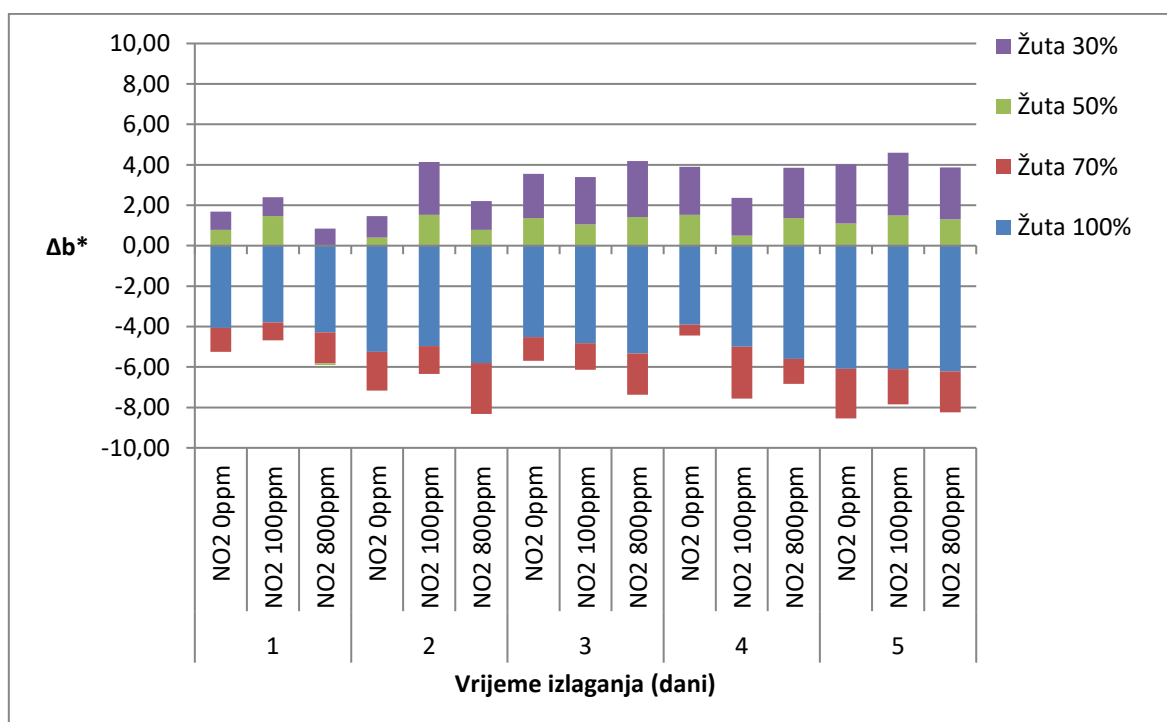
Slika 4.4.3.4. Δb^* za otiske P_1B_1 s magenta bojiлом u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO_2



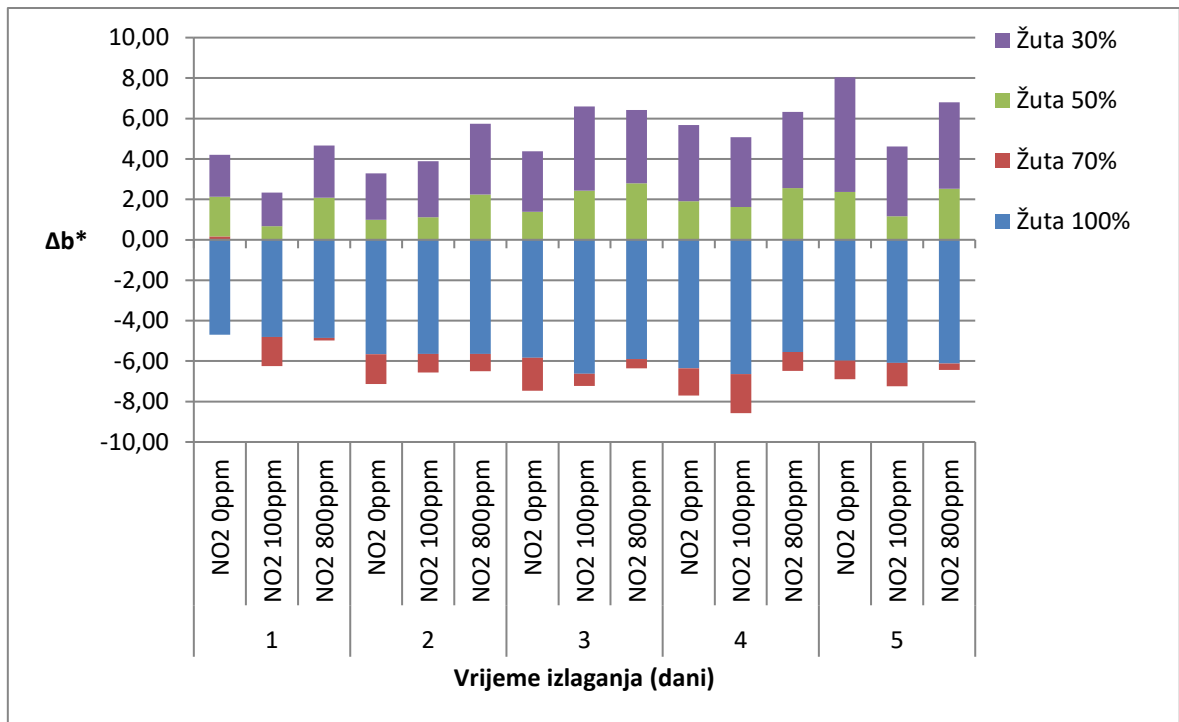
Slika 4.4.3.5. Δb^* za otiske P_1B_2 s magenta bojiлом u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO_2



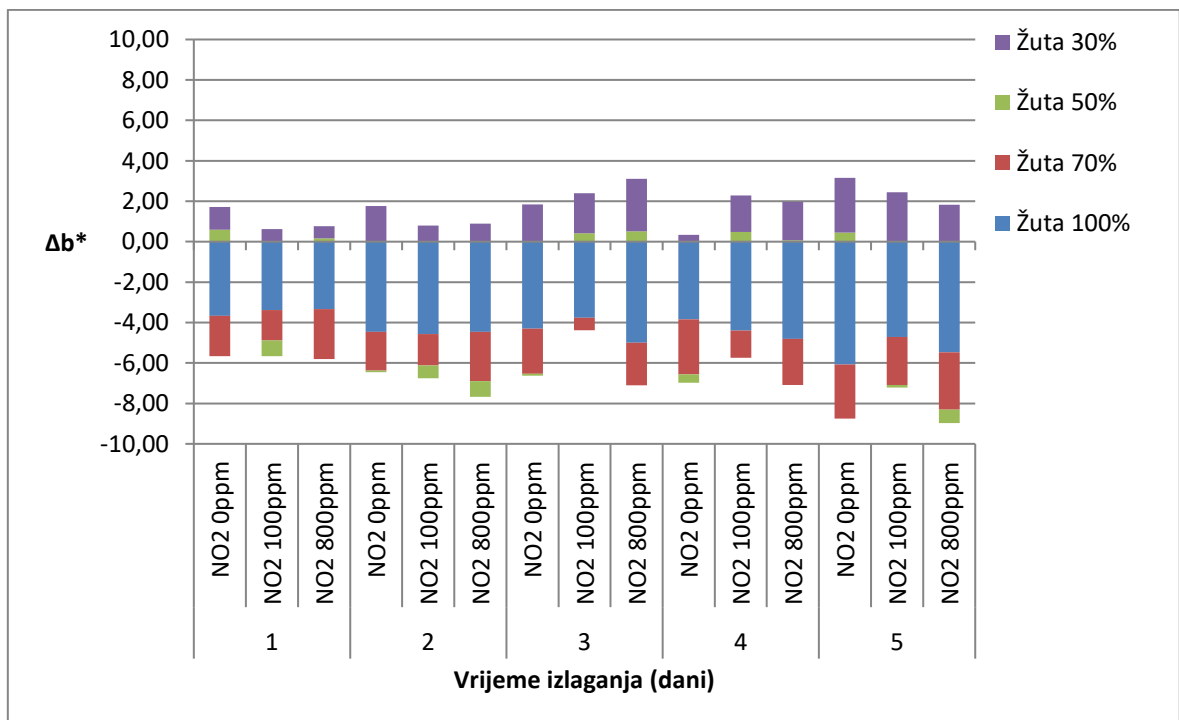
Slika 4.4.3.6. Δb^* za otiske P_1B_3 s magenta bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO_2



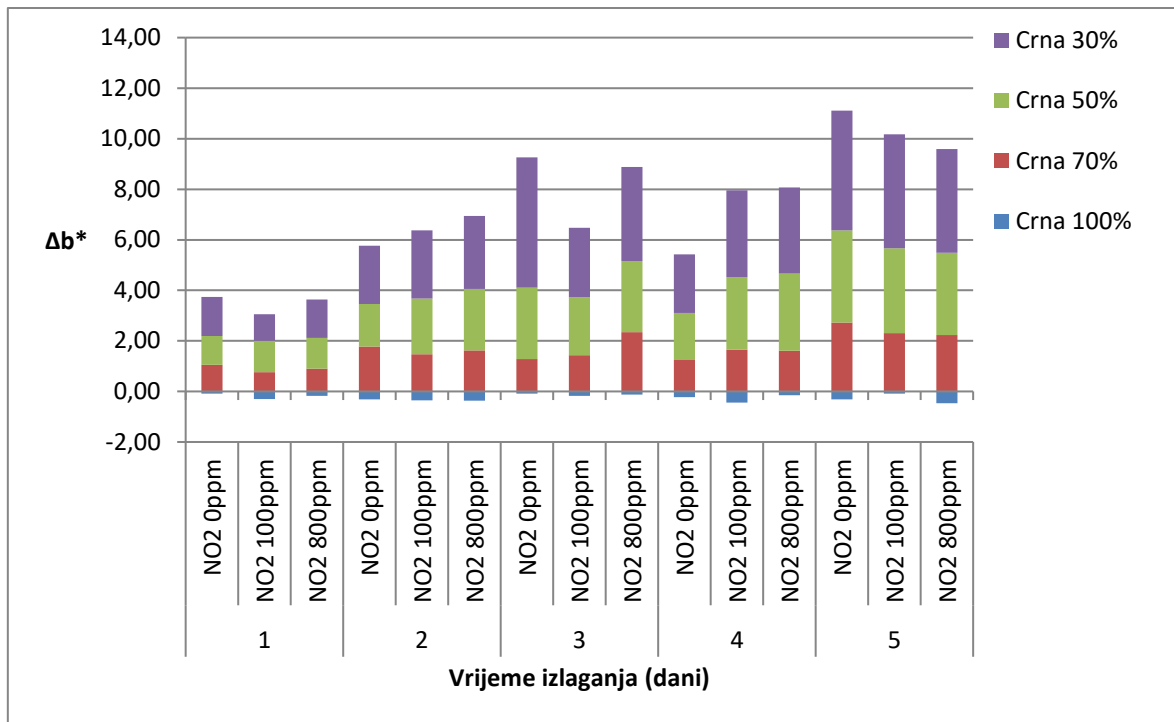
Slika 4.4.3.7. Δb^* za otiske P_1B_1 s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO_2



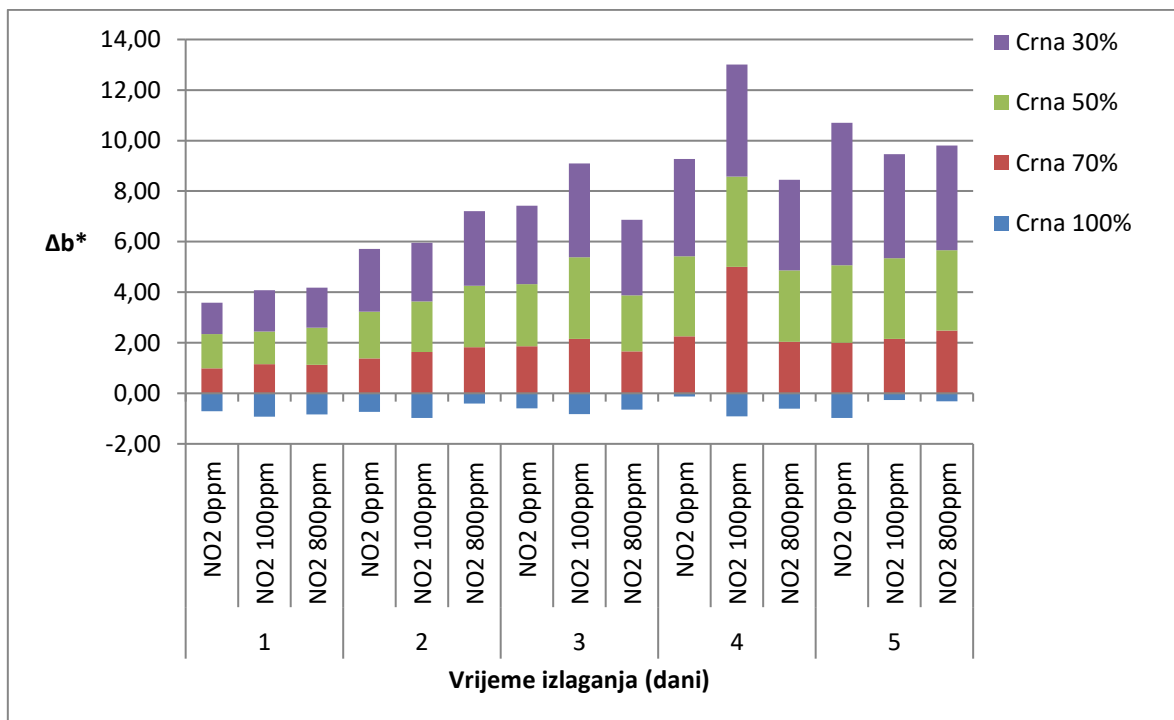
Slika 4.4.3.8. Δb^* za otiske P₁B₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



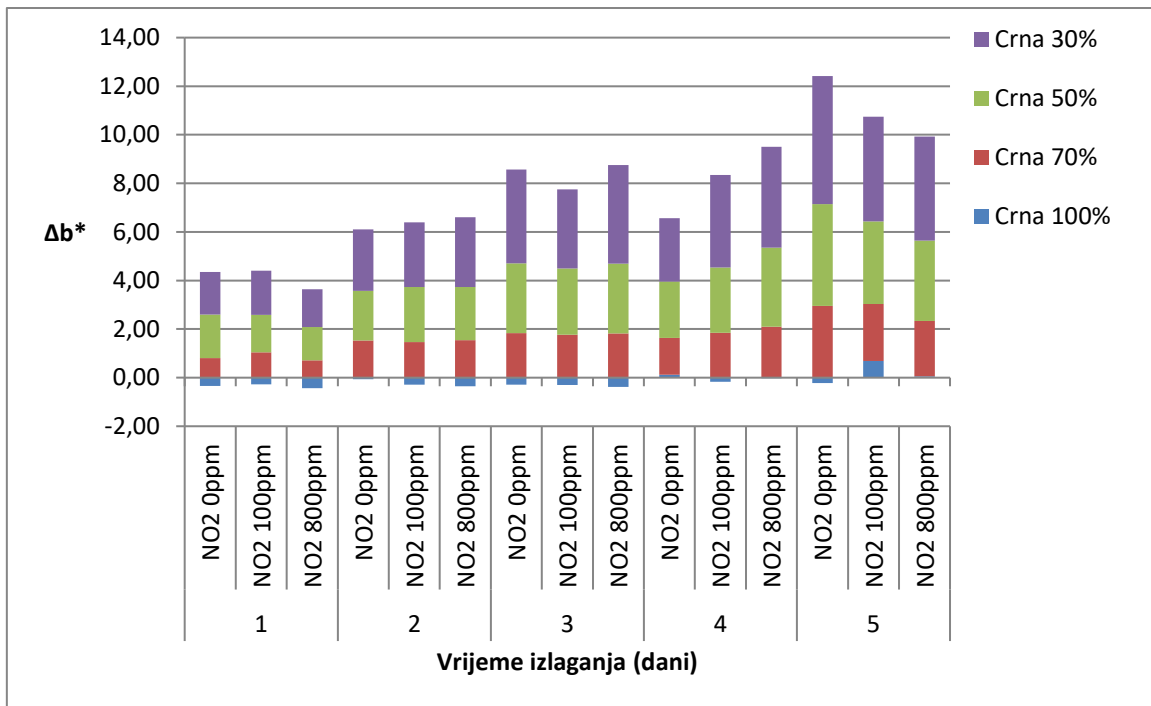
Slika 4.4.3.9. Δb^* za otiske P₁B₃ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



Slika 4.4.3.10. Δb^* za otiske P₁B₁ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂

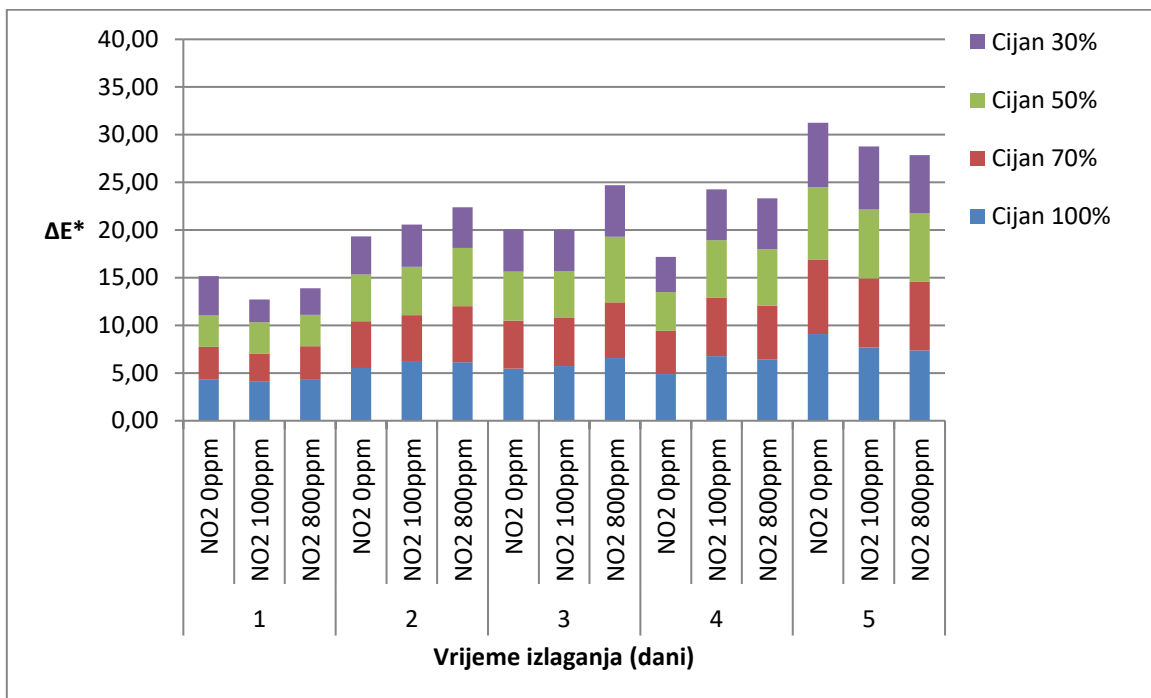


Slika 4.4.3.11. Δb^* za otiske P₁B₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂

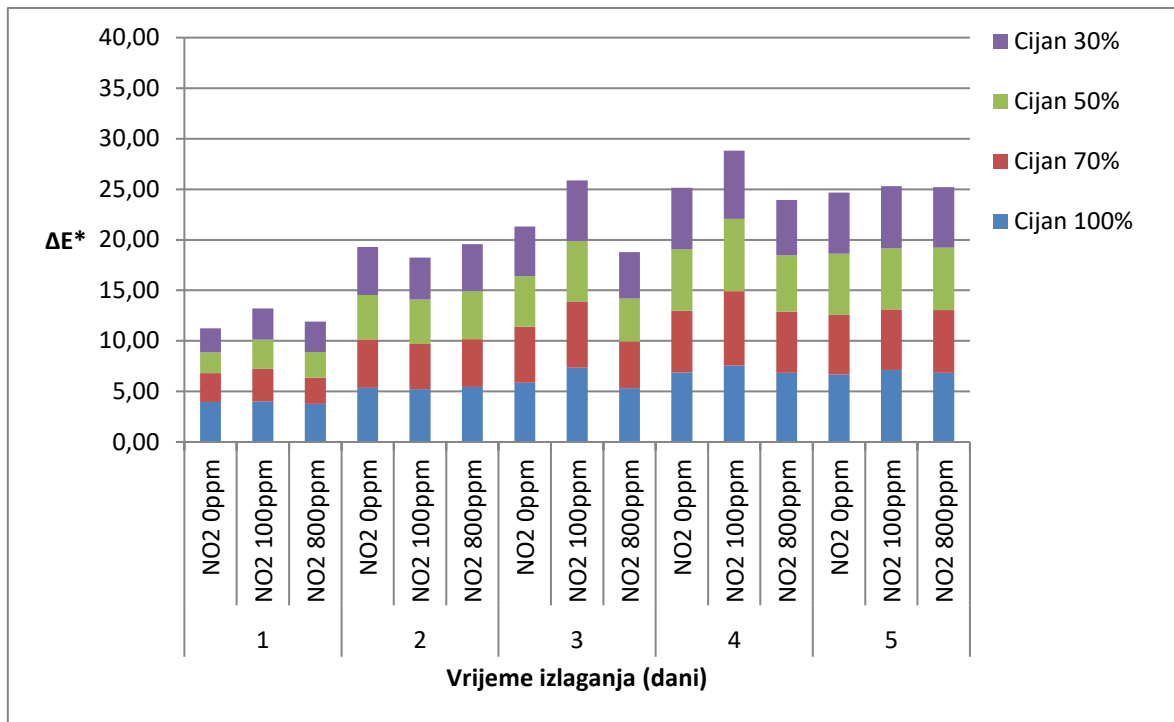


Slika 4.4.3.12. Δb^* za otiske P₁B₃ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂

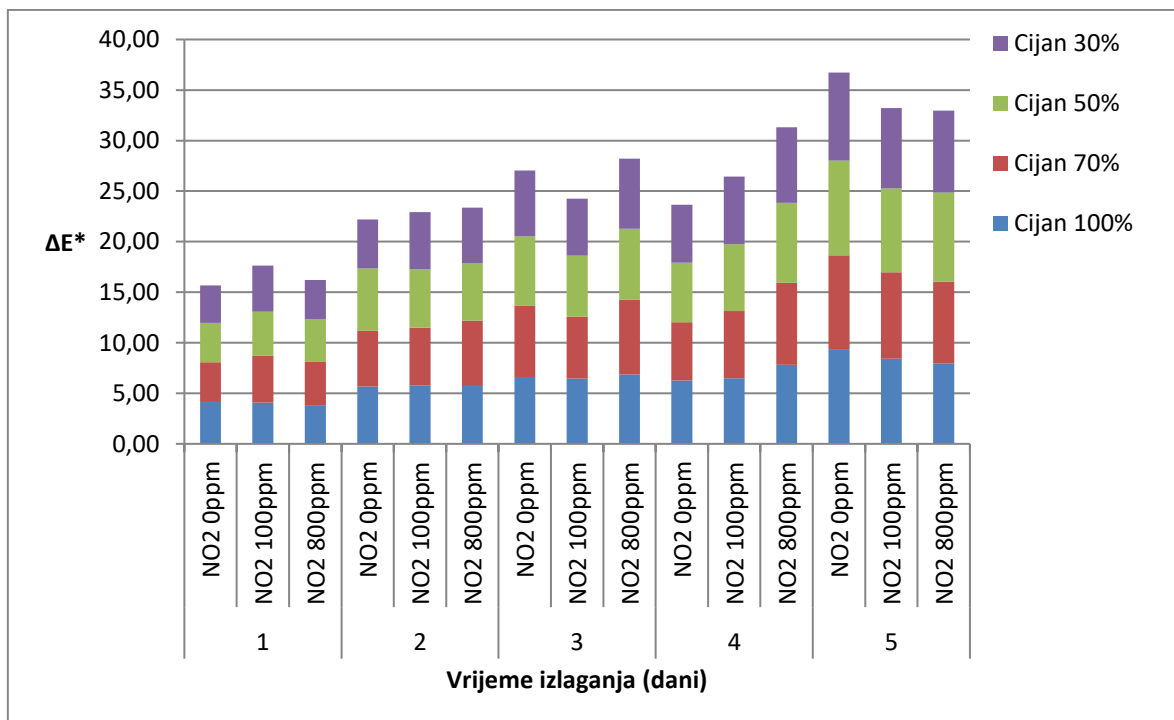
4.4.4. Rezultati ovisnosti ΔE^* separacija CMYK bojila za otiske P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ u odnosu na RTV (100 %, 70 %, 50 % i 30 %) i dinamiku izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez/sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



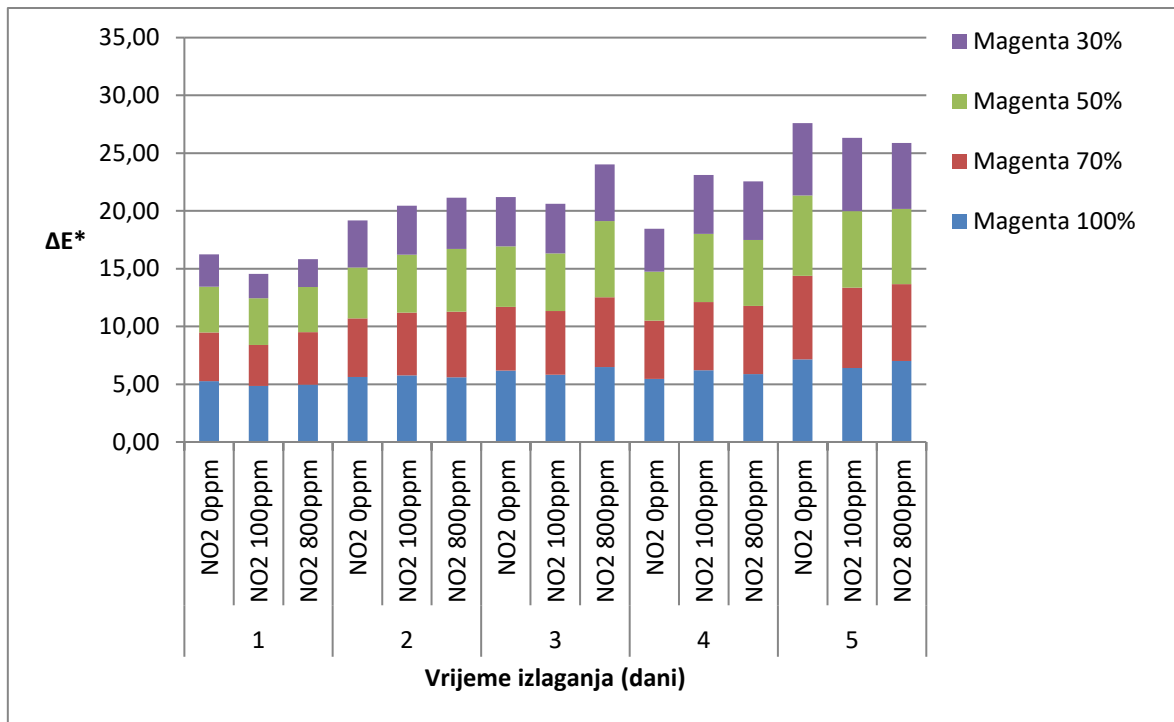
Slika 4.4.4.1. ΔE^* za otiske P₁B₁ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



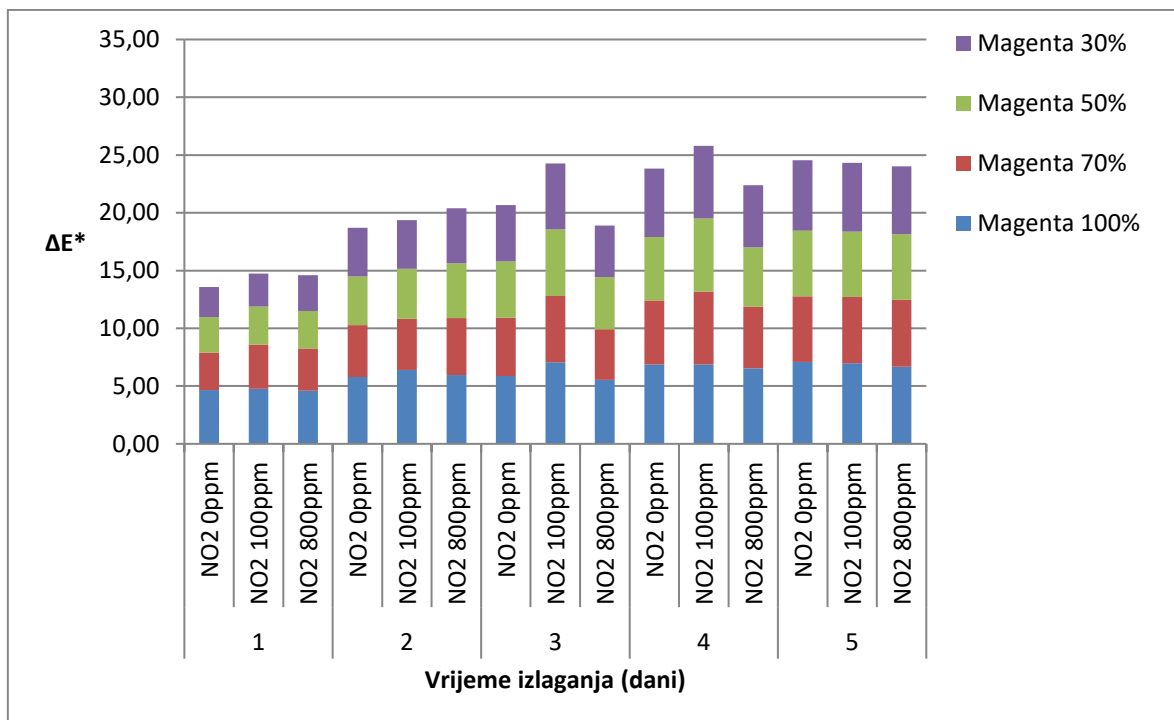
Slika 4.4.4.2. ΔE^* za otiske P₁B₂ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



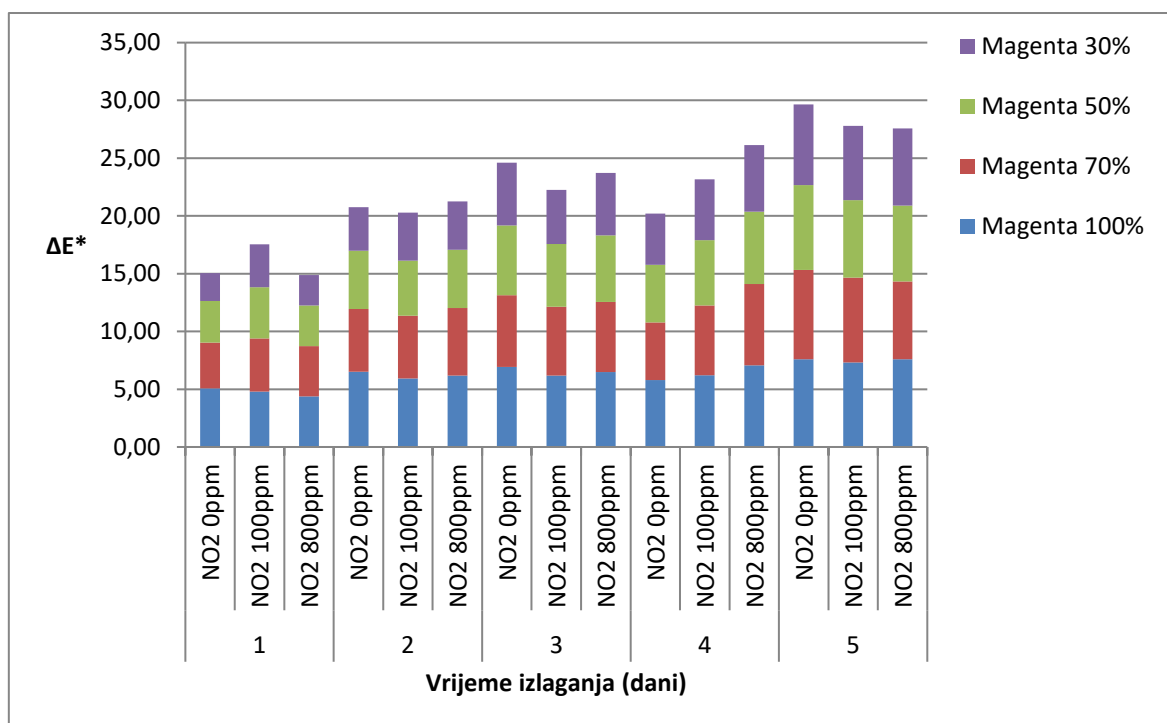
Slika 4.4.4.3. ΔE^* za otiske P₁B₃ s cijan bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



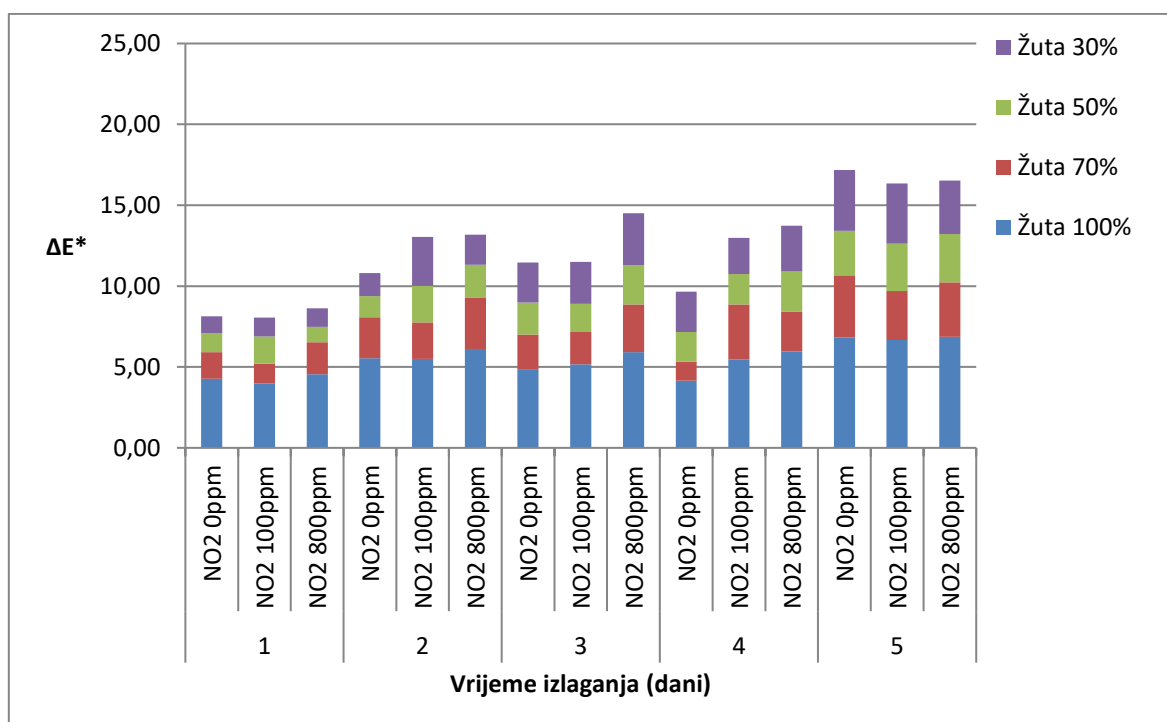
Slika 4.4.4.4. ΔE^* za otiske P₁B₁ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



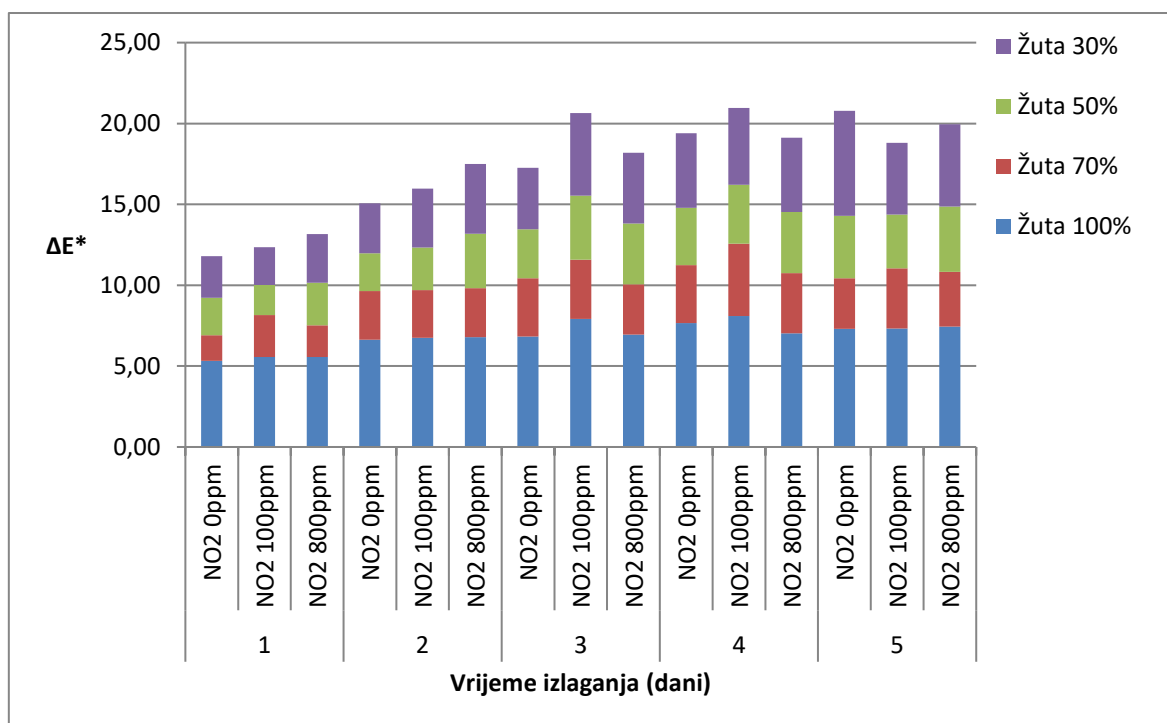
Slika 4.4.4.5. ΔE^* za otiske P₁B₂ s magenta bojom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



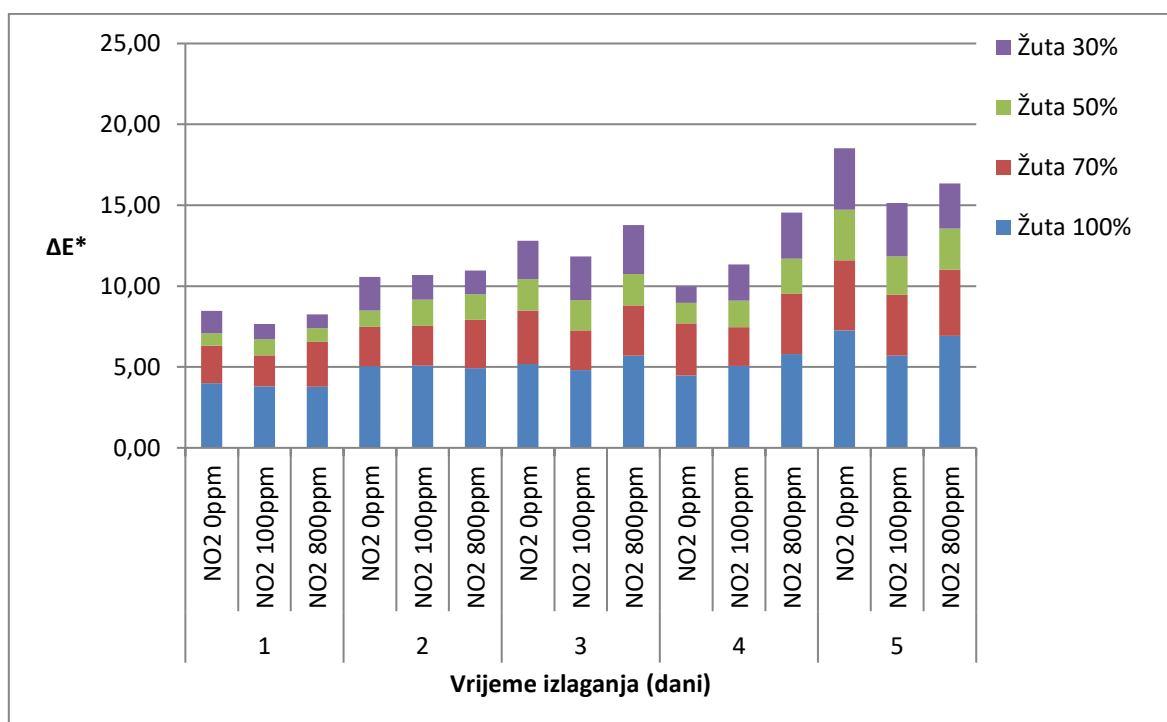
Slika 4.4.4.6. ΔE^* za otiske P_1B_3 s magenta bojiom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO_2



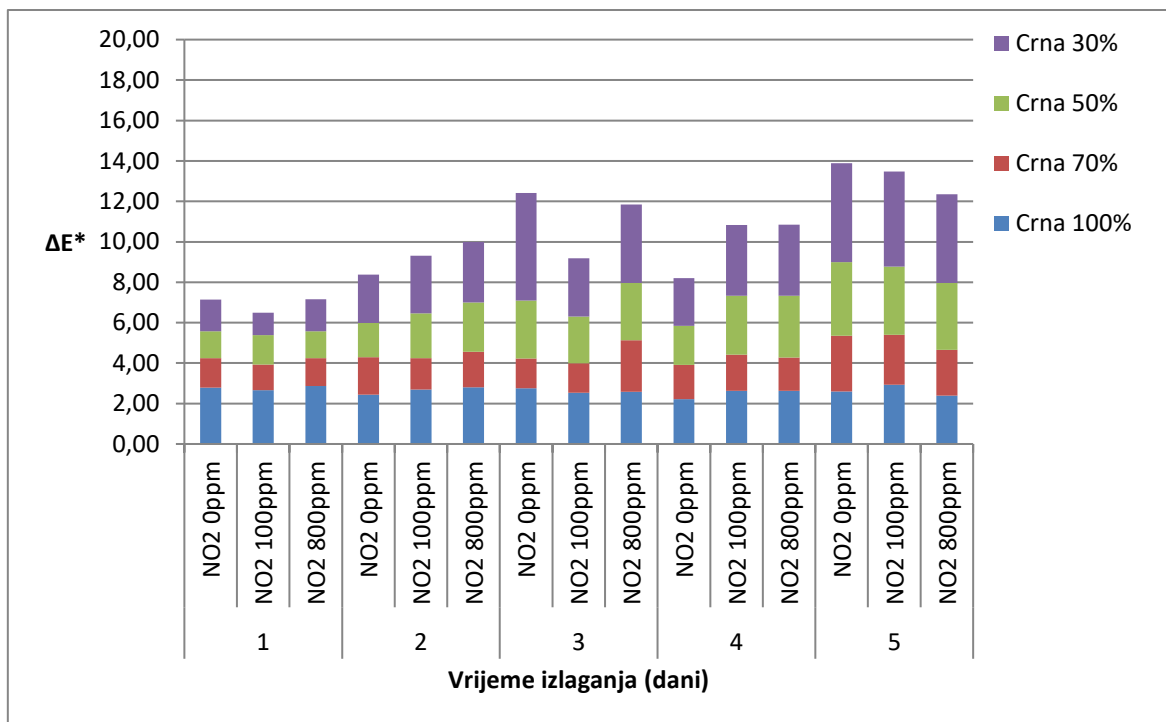
Slika 4.4.4.7. ΔE^* za otiske P_1B_1 s žutim bojiom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO_2



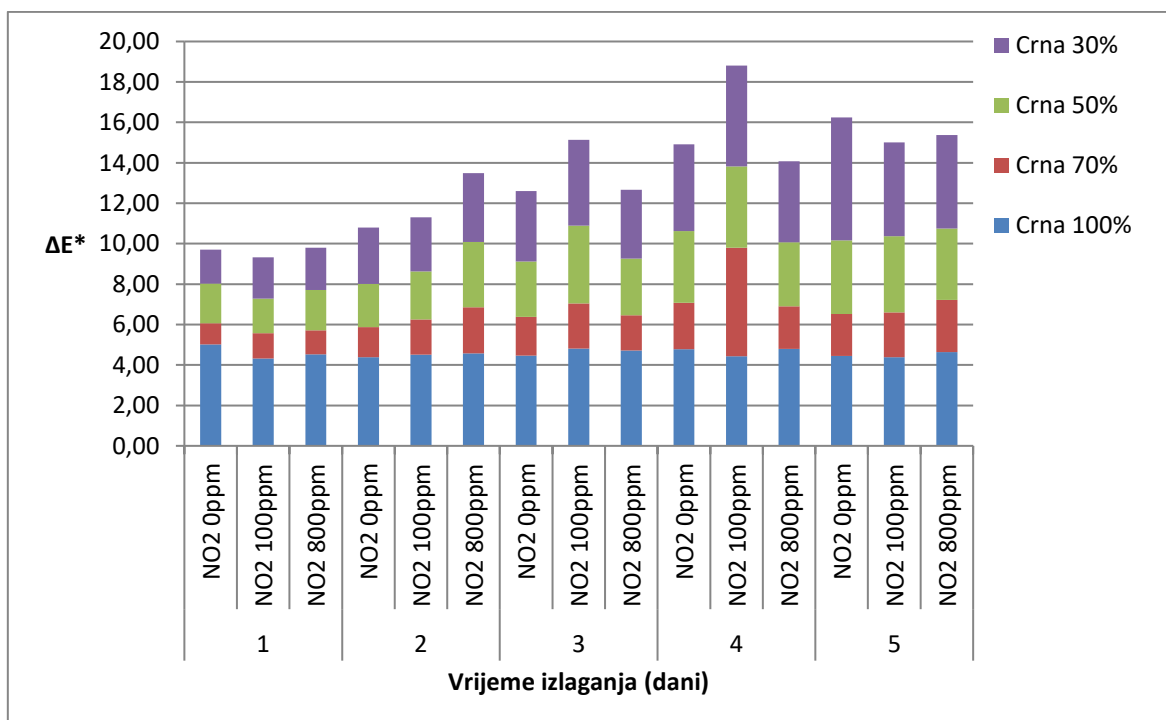
Slika 4.4.4.8. ΔE^* za otiske P₁B₂ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



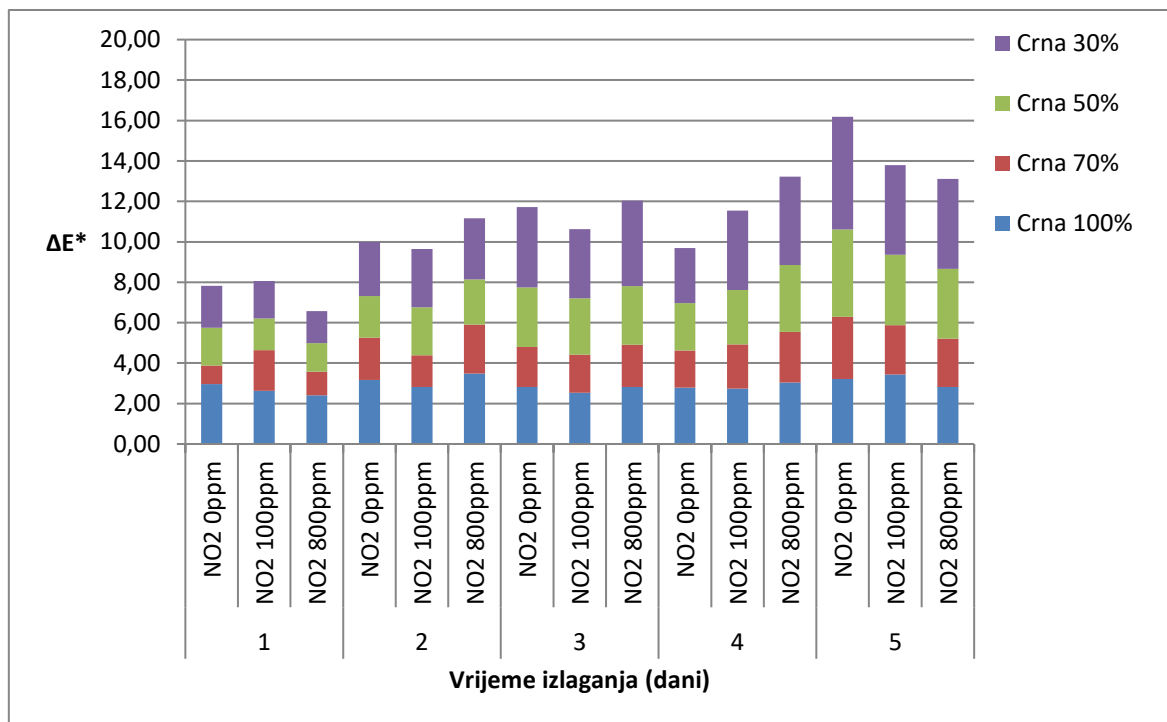
Slika 4.4.4.9. ΔE^* za otiske P₁B₃ s žutim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



Slika 4.4.4.10. ΔE^* za otiske P₁B₁ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



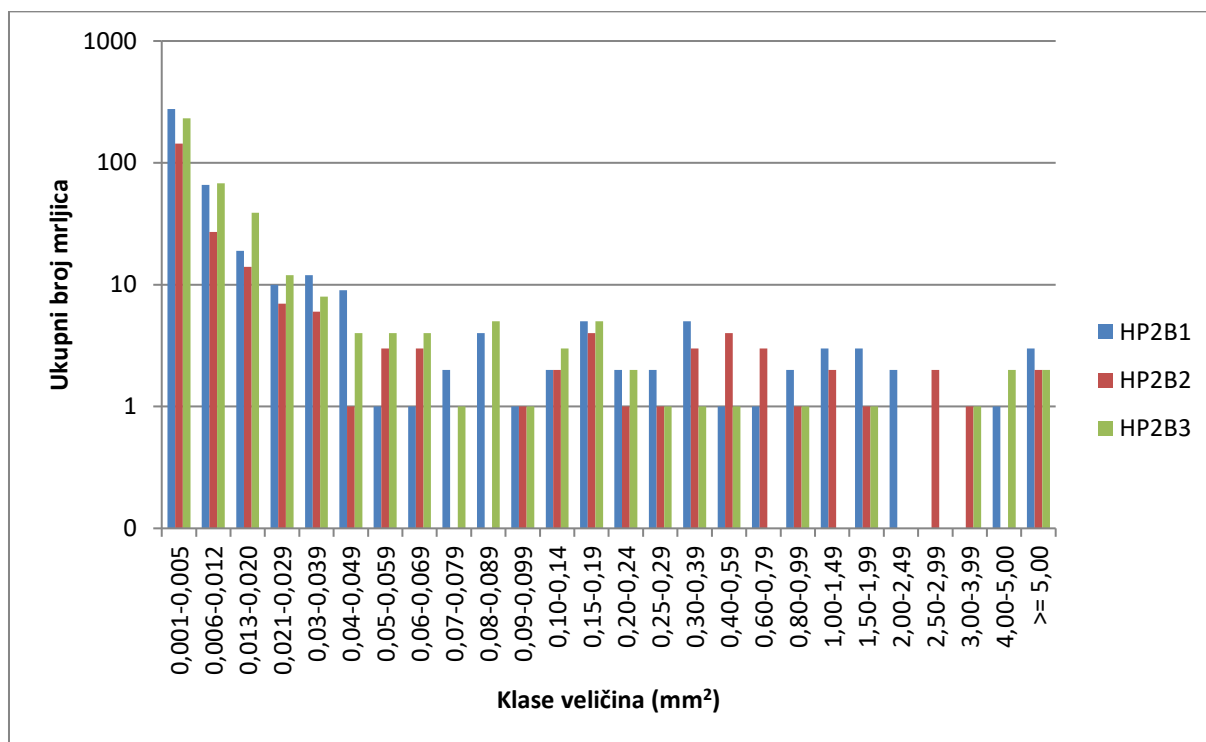
Slika 4.4.4.11. ΔE^* za otiske P₁B₂ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂



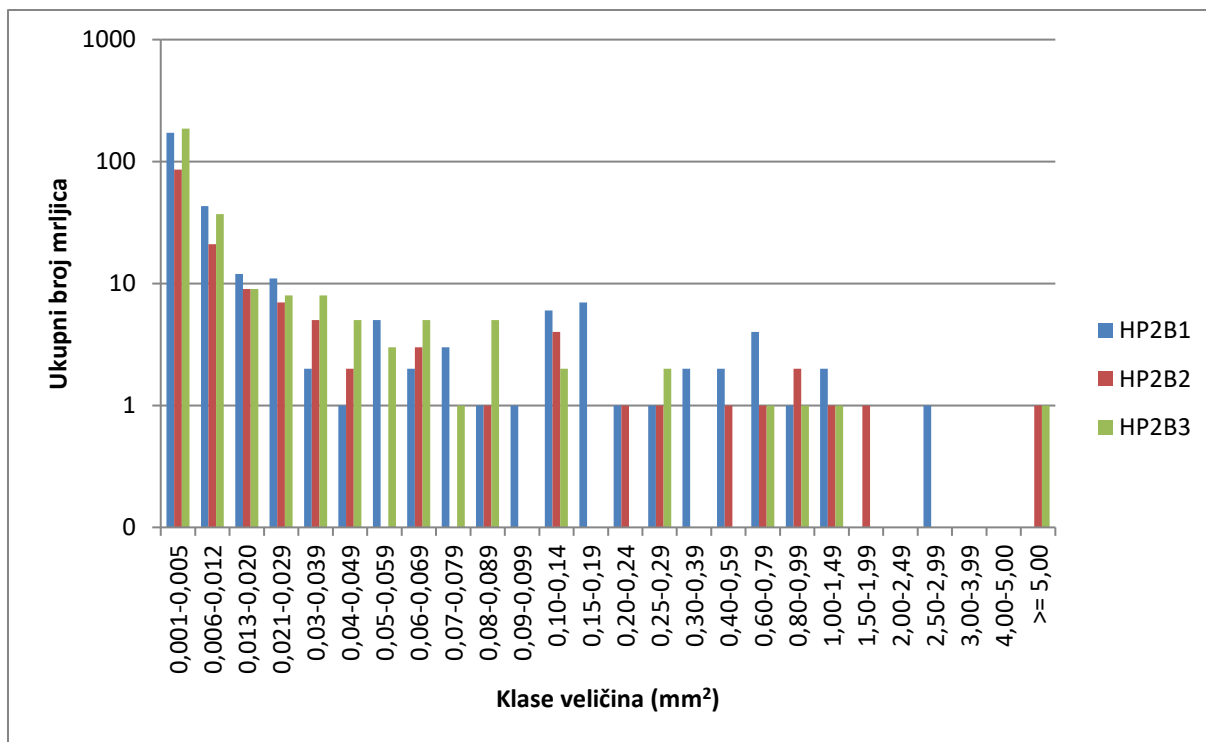
Slika 4.4.3.12. ΔE^* za otiske P₁B₃ s crnim bojilom u ovisnosti o RTV i dinamici izlaganja ubrzanom termičkom starenju u zraku bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂

4.5. Rezultati uporabe otisaka za ponovnu proizvodnju papira

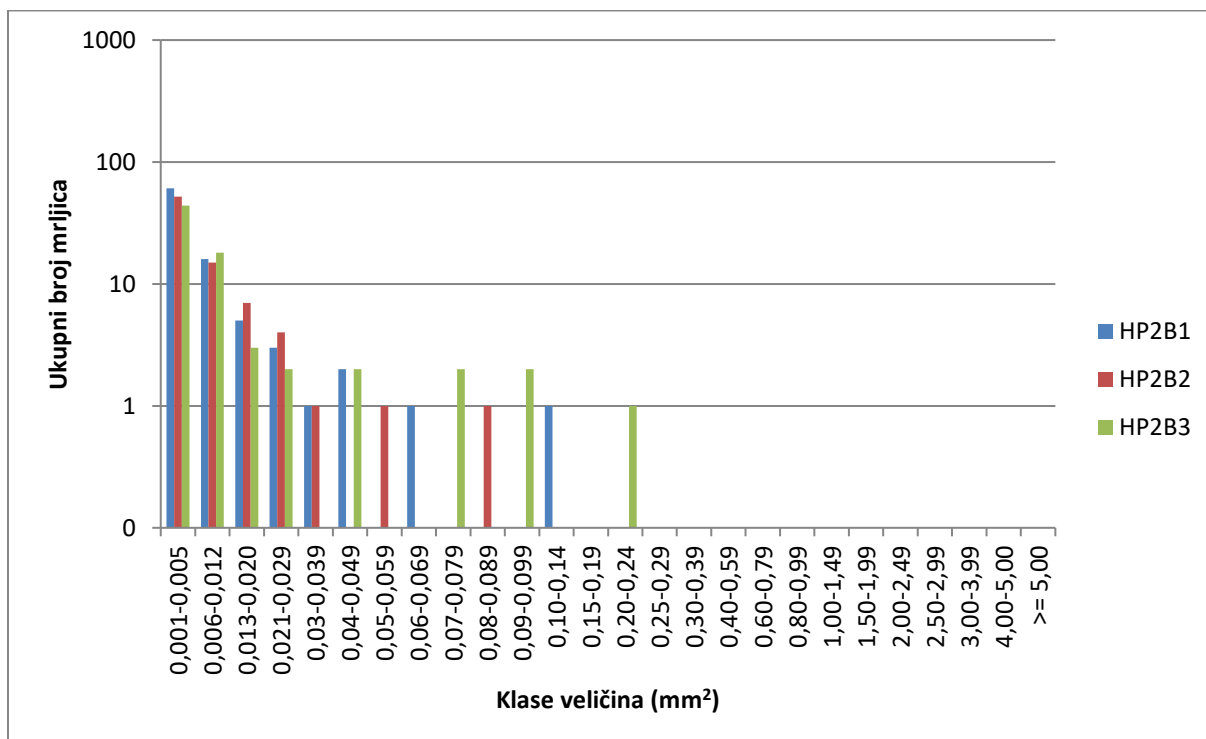
4.5.1. Rezultati uporabe otisaka s bojilima B₁, B₂ i B₃ na kartonu s algama iz Jadranskog mora metodom u tri faze



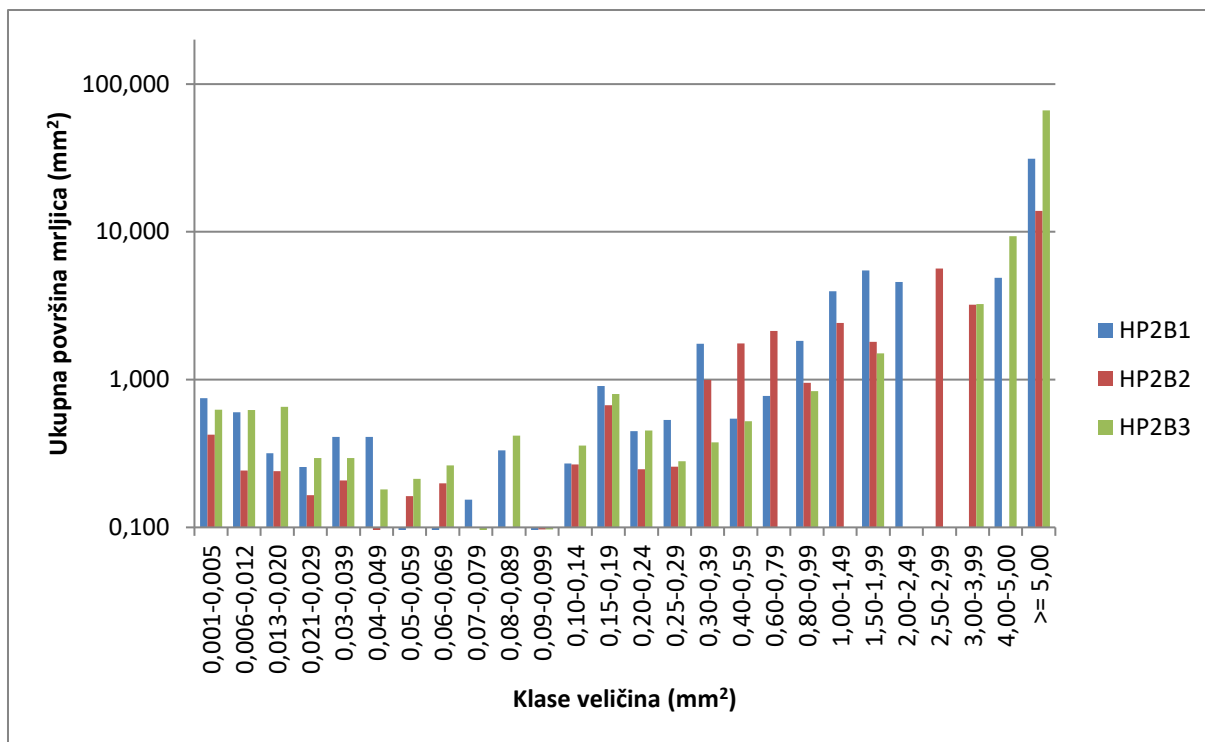
Slika 4.5.1.1. Ukupni broj mrljica na laboratorijskim listovima načinjenim od vlaknaca uporabljenih otisaka P₂B₁, P₂B₂ i P₂B₃ – 1. faza



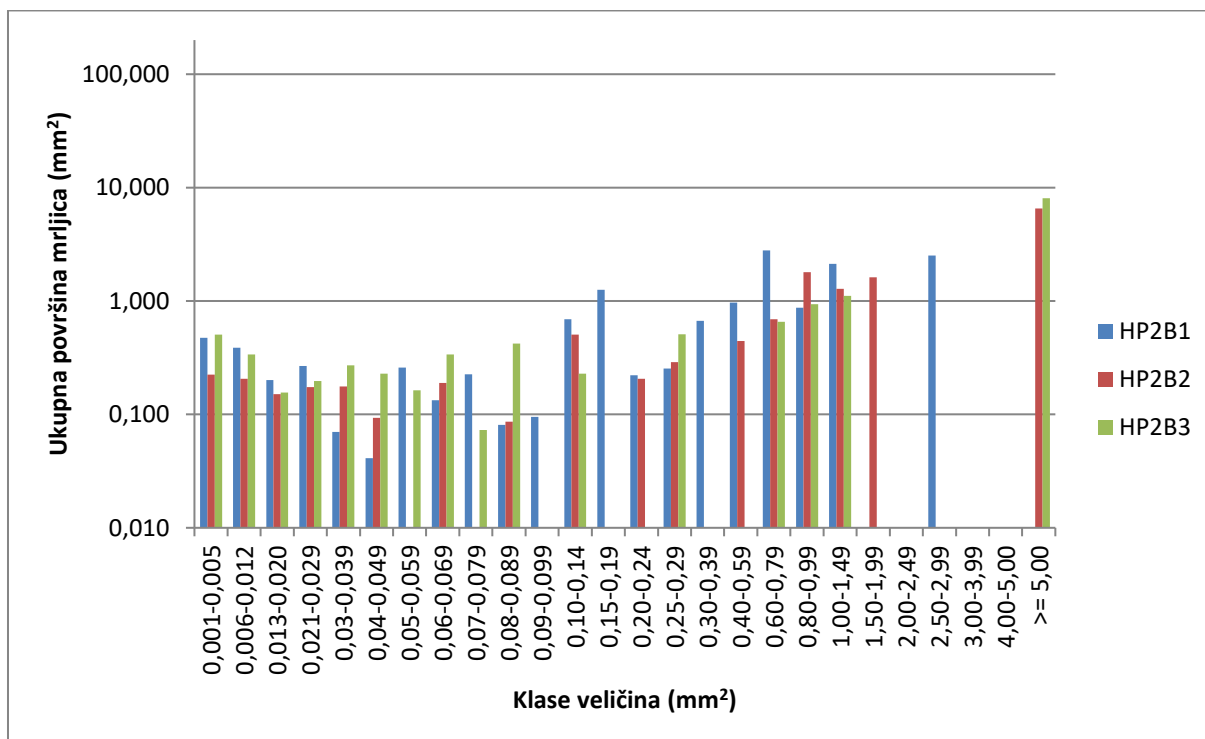
Slika 4.5.1.2. Ukupni broj mrljica na laboratorijskim listovima načinjenim od vlaknaca oporabljenih otisaka P₂B₁, P₂B₂ i P₂B₃ – 2. faza



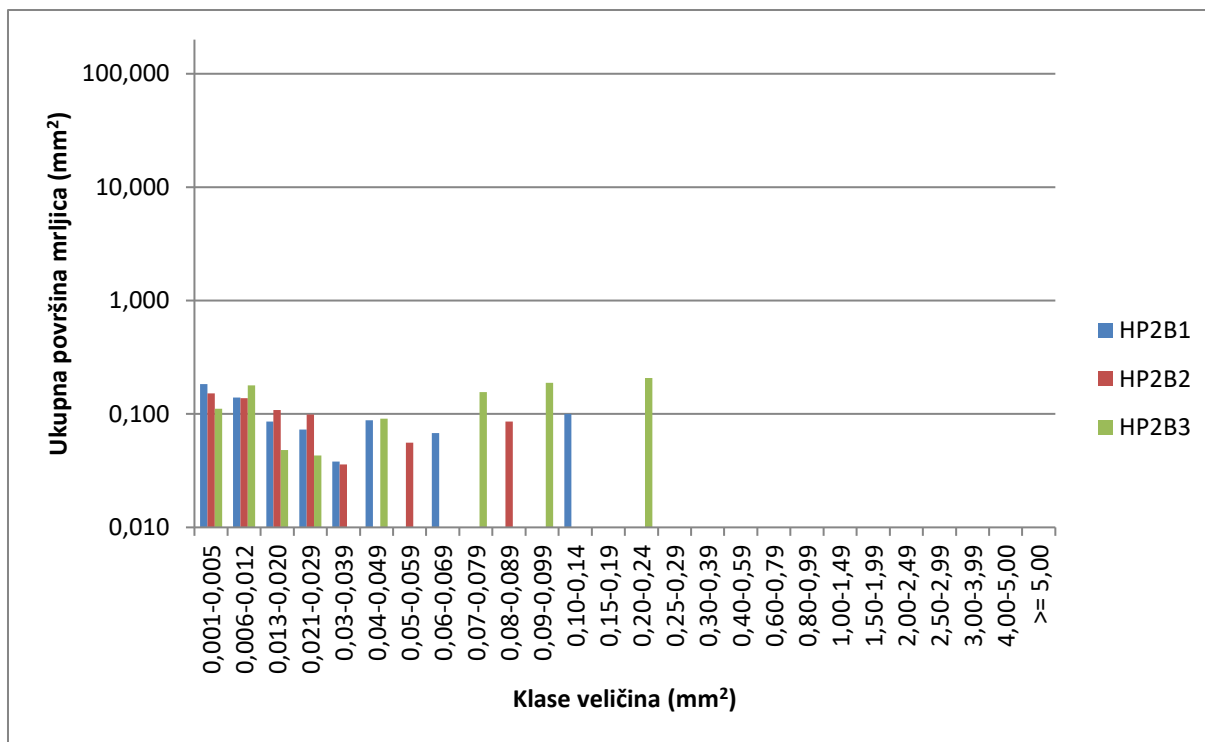
Slika 4.5.1.3. Ukupni broj mrljica na laboratorijskim listovima načinjenim od vlaknaca oporabljenih otisaka P₂B₁, P₂B₂ i P₂B₃ – 3. faza



Slika 4.5.1.4. Ukupna površina mrljica na laboratorijskim listovima načinjenim od vlaknaca operabljenih otisaka P₂B₁, P₂B₂ i P₂B₃ – 1. faza

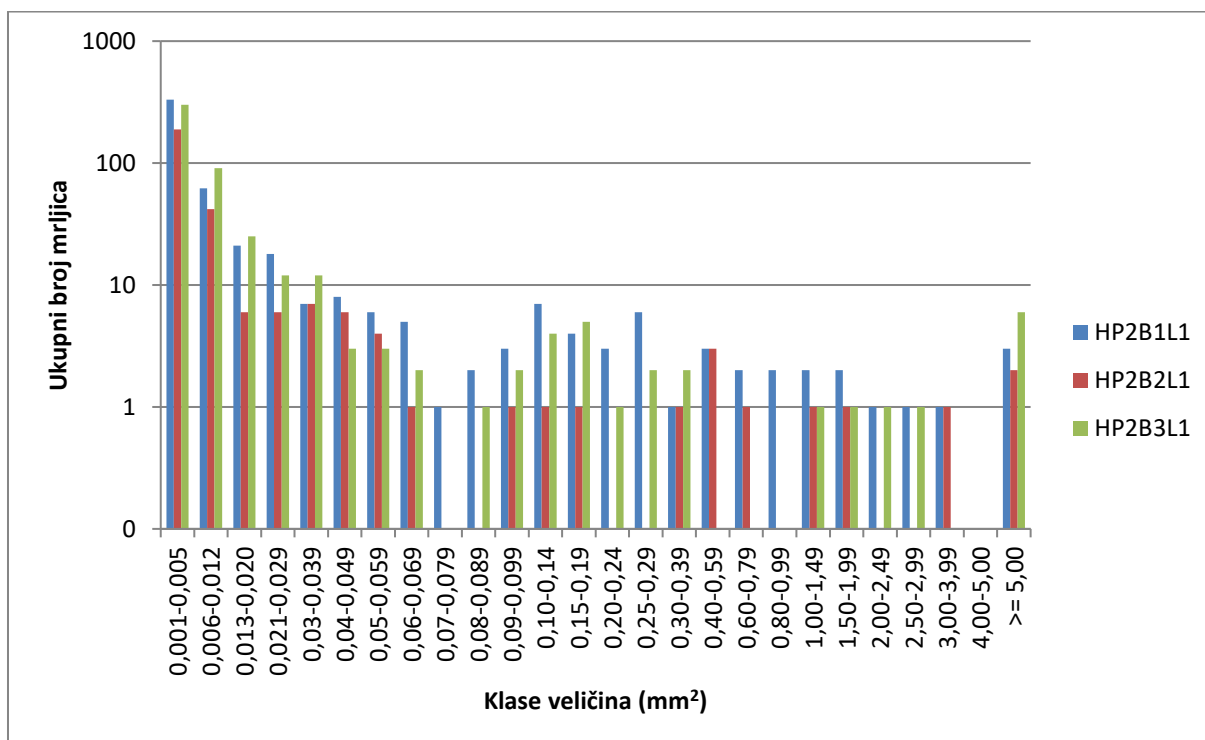


Slika 4.5.1.5. Ukupna površina mrljica na laboratorijskim listovima načinjenim od vlaknaca operabljenih otisaka P₂B₁, P₂B₂ i P₂B₃ – 2. faza

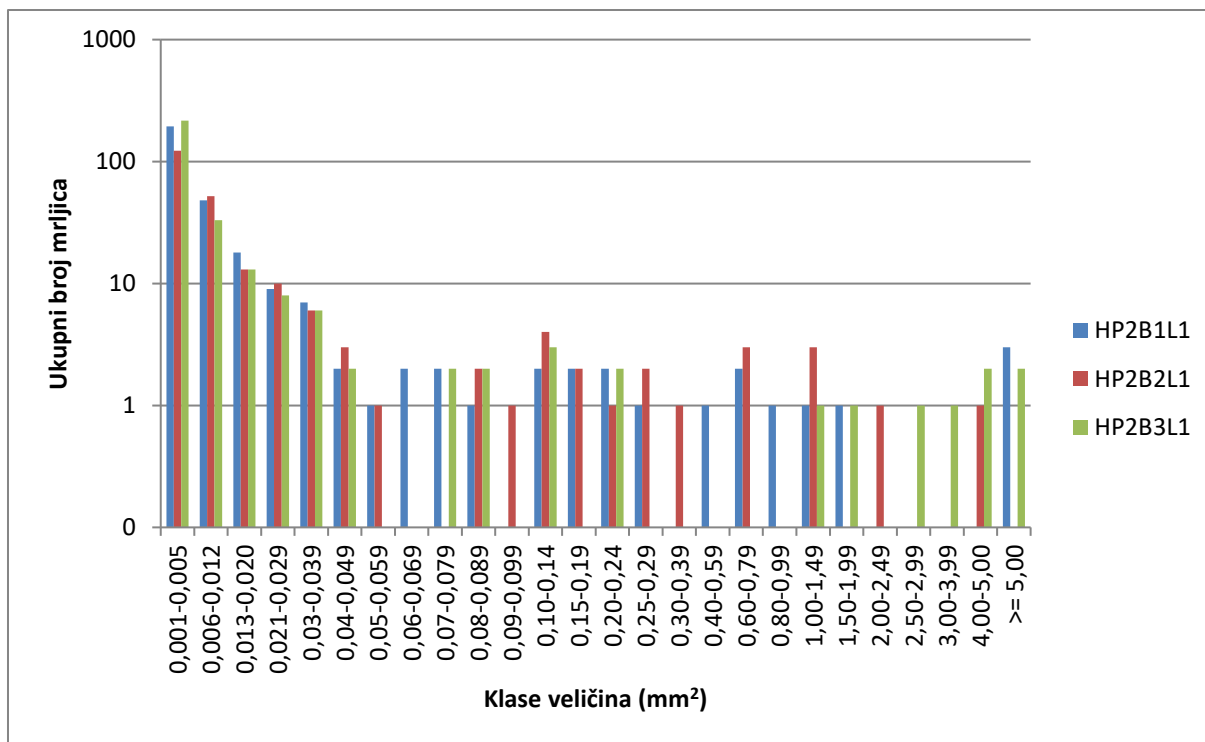


Slika 4.5.1.6. Ukupna površina mrljica na laboratorijskim listovima načinjenim od vlakanaca uporabljenih otisaka P₂B₁, P₂B₂ i P₂B₃ – 3. faza

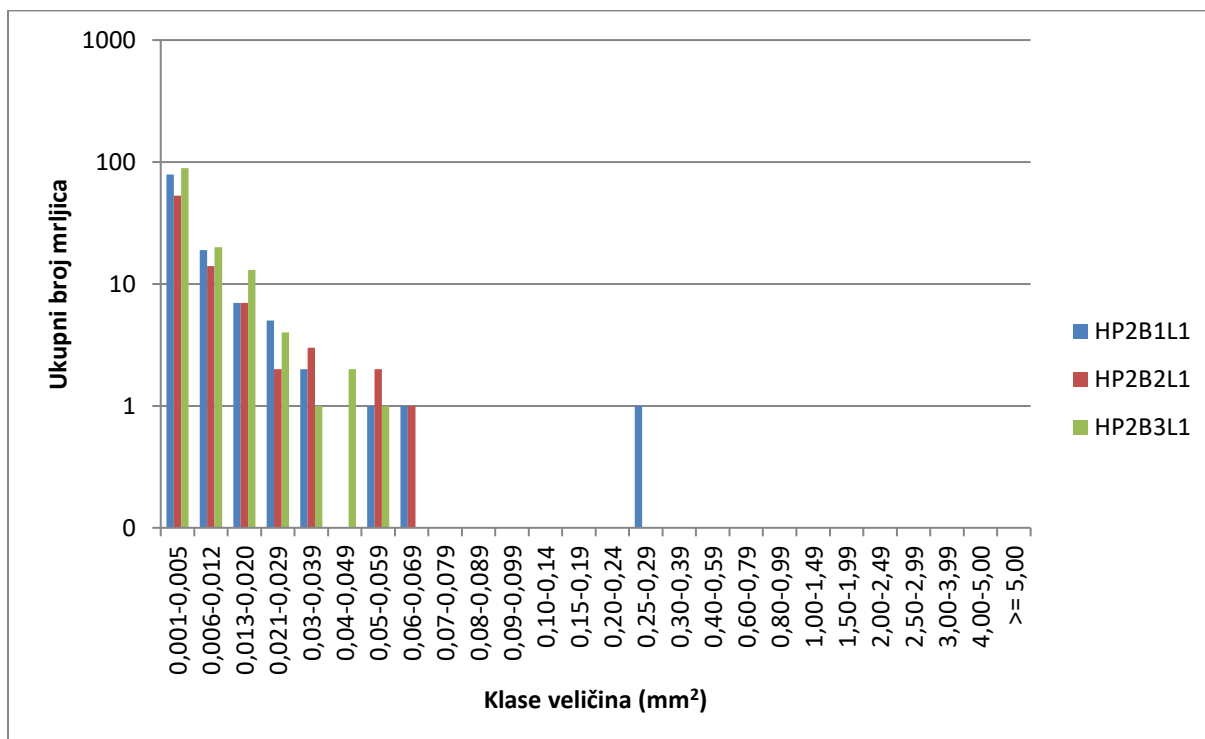
4.5.2. Rezultati uporabe otisaka s bojilima B₁, B₂ i B₃ na kartonu s algama iz Jadranskog mora lakiranih vododisperzivnim i UV sušecim lakom



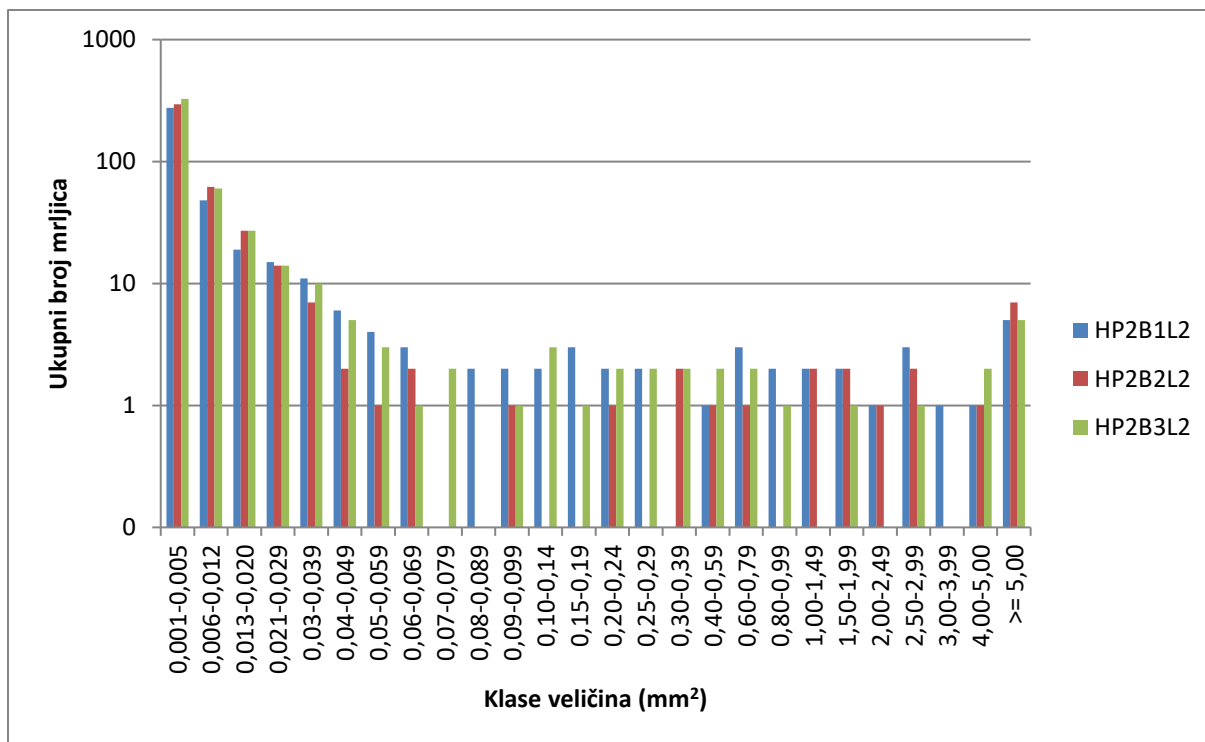
Slika 4.5.2.1. Ukupni broj mrljica na laboratorijskim listovima načinjenim od vlakanaca uporabljenih otisaka P₂B₁L₁, P₂B₂L₁ i P₂B₃L₁ – 1. faza



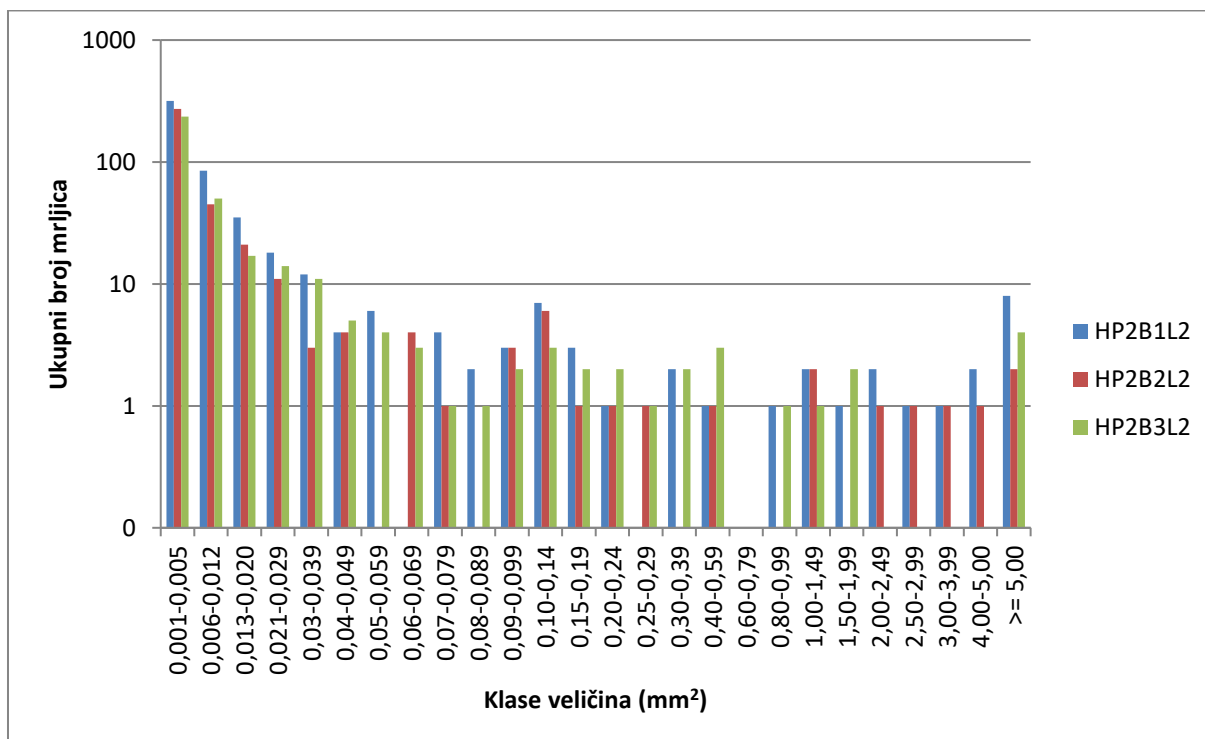
Slika 4.5.2.2. Ukupni broj mrljica na laboratorijskim listovima načinjenim od vlaknaca oporabljenih otisaka P₂B₁L₁, P₂B₂L₁ i P₂B₃L₁ – 2. faza



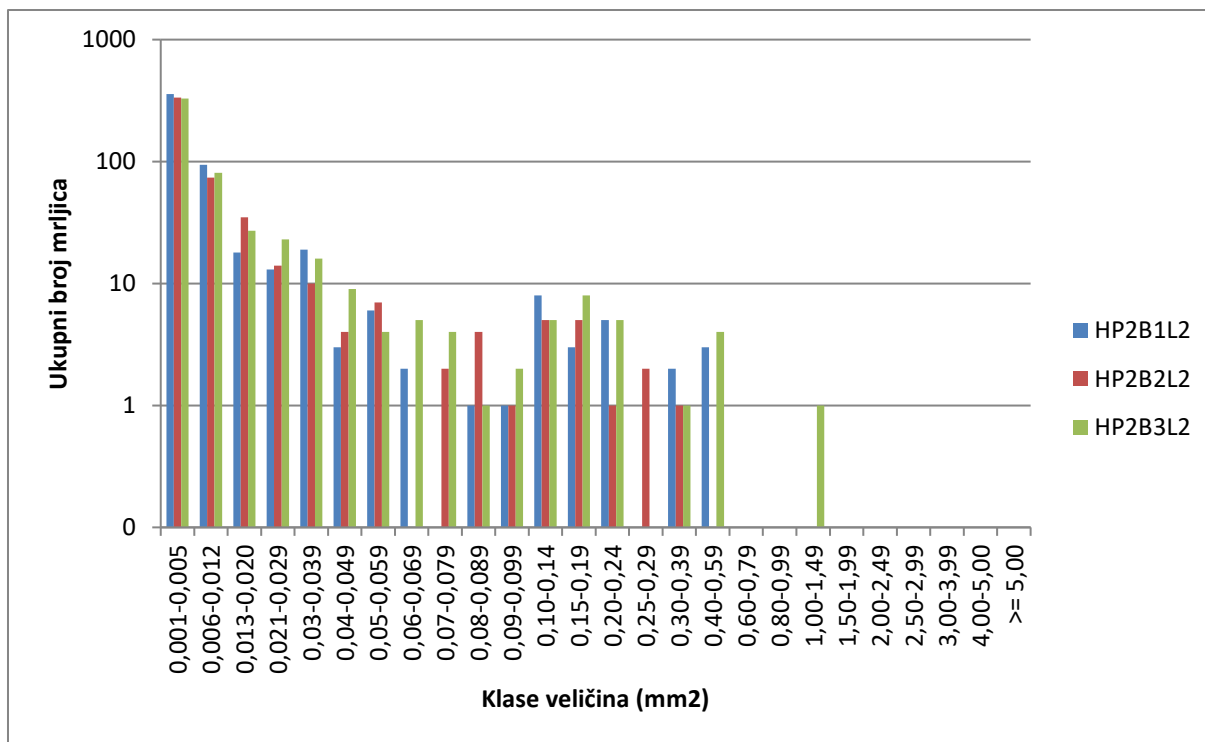
Slika 4.5.2.3. Ukupni broj mrljica na laboratorijskim listovima načinjenim od vlaknaca oporabljenih otisaka P₂B₁L₁, P₂B₂L₁ i P₂B₃L₁ – 3. faza



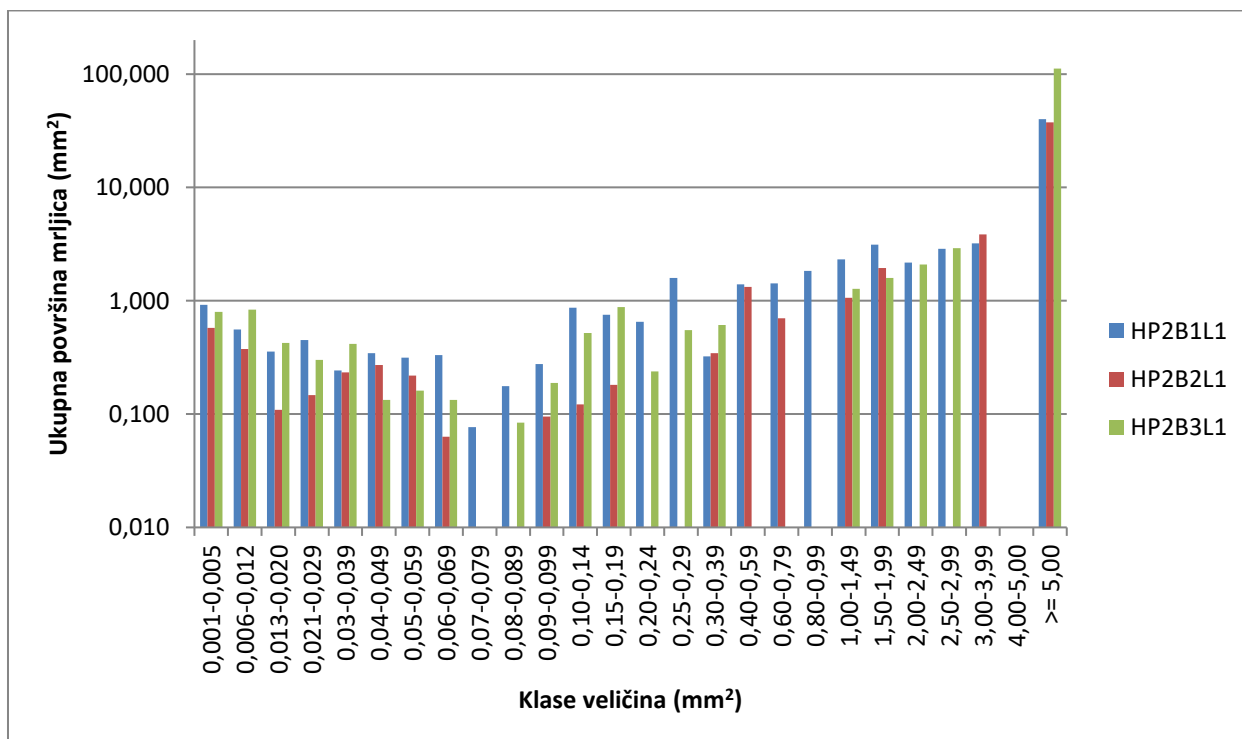
Slika 4.5.2.4. Ukupni broj mrljica na laboratorijskim listovima načinjenim od vlaknaca oporabljenih otisaka P₂B₁L₂, P₂B₂L₂ i P₂B₃L₂ – 1. faza



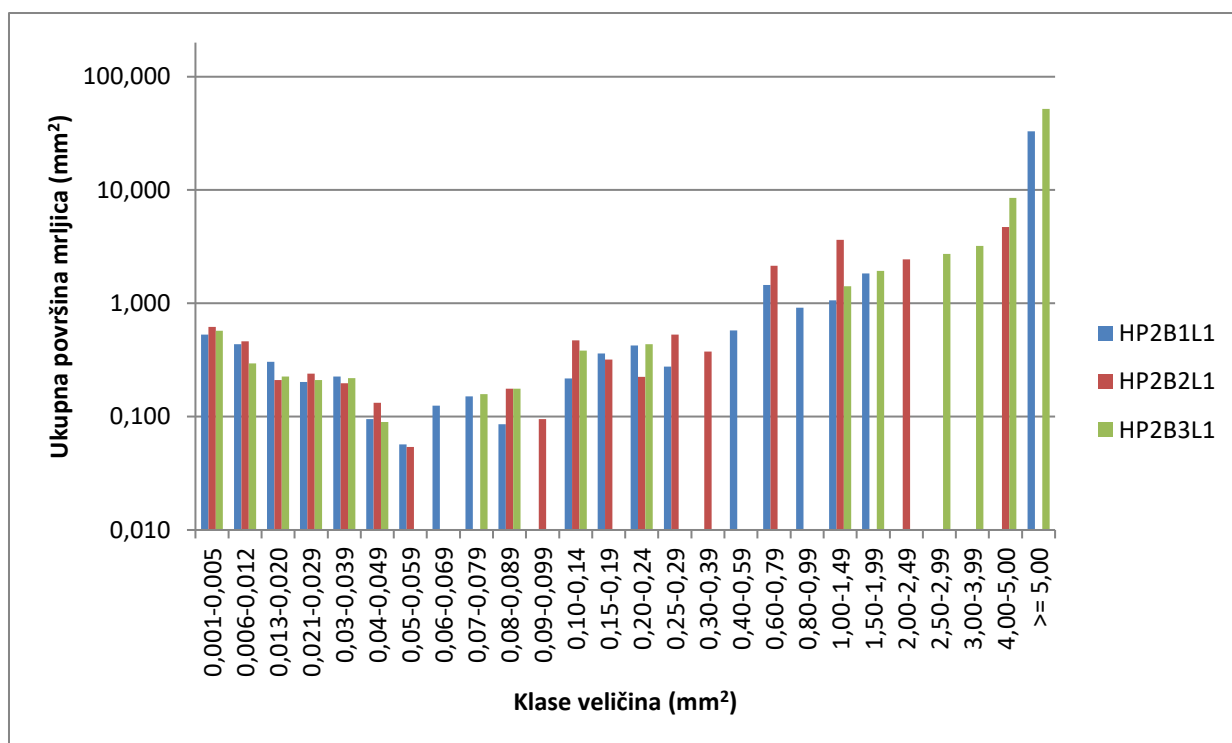
Slika 4.5.2.5. Ukupni broj mrljica na laboratorijskim listovima načinjenim od vlaknaca oporabljenih otisaka P₂B₁L₂, P₂B₂L₂ i P₂B₃L₂ – 2. faza



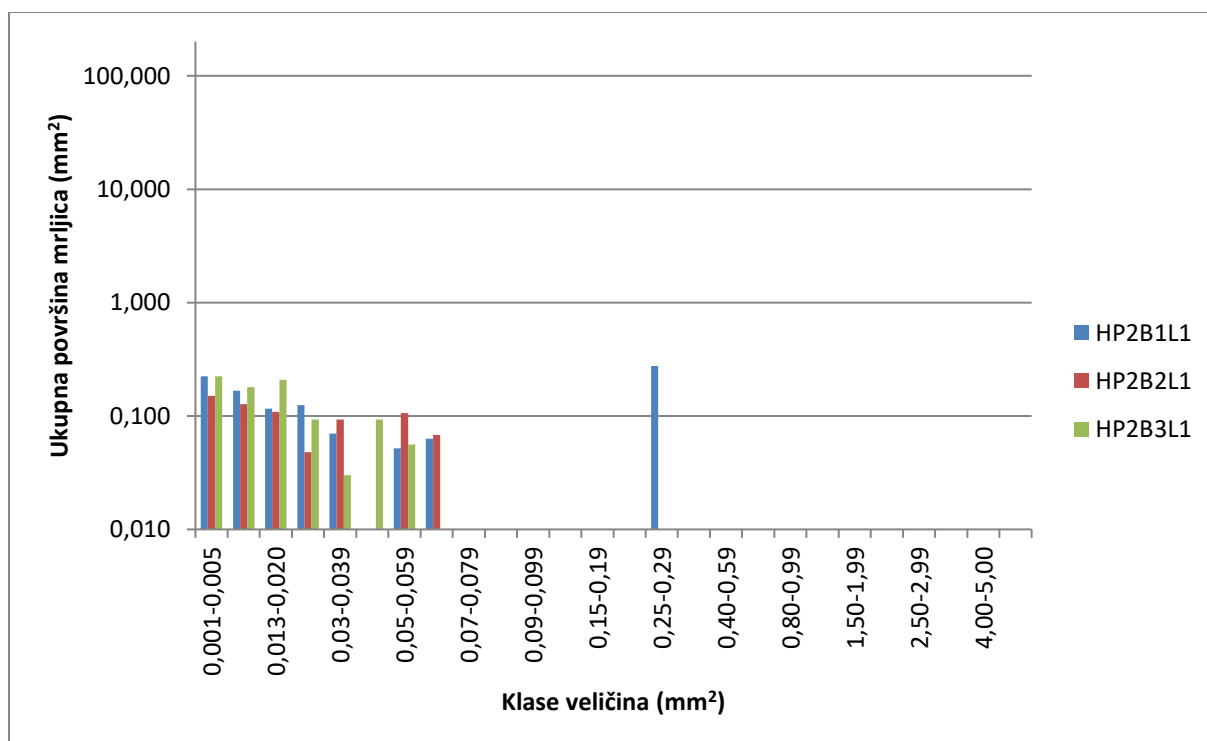
Slika 4.5.2.6. Ukupni broj mrljica na laboratorijskim listovima načinjenim od vlaknaca oporabljenih otisaka P₂B₁L₂, P₂B₂L₂ i P₂B₃L₂ – 3. faza



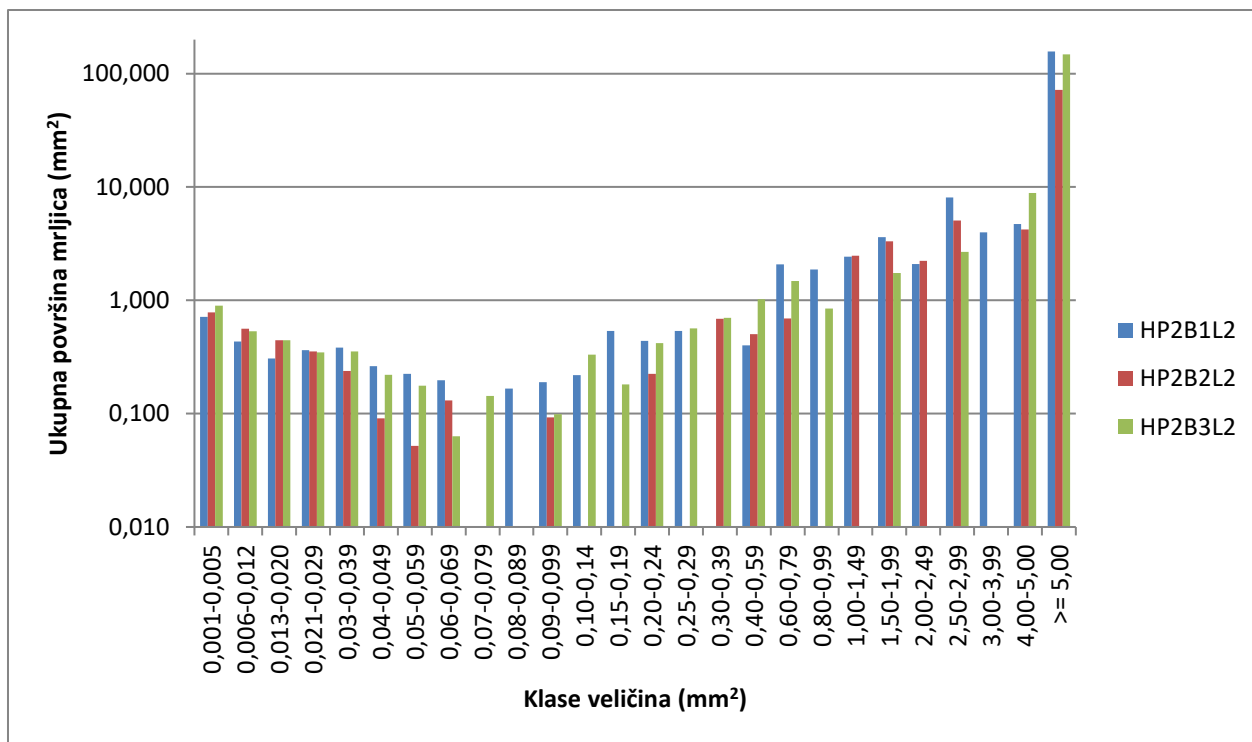
Slika 4.5.2.7. Ukupna površina mrljica na laboratorijskim listovima načinjenim od vlaknaca oporabljenih otisaka P₂B₁L₁, P₂B₂L₁ i P₂B₃L₁ – 1. faza



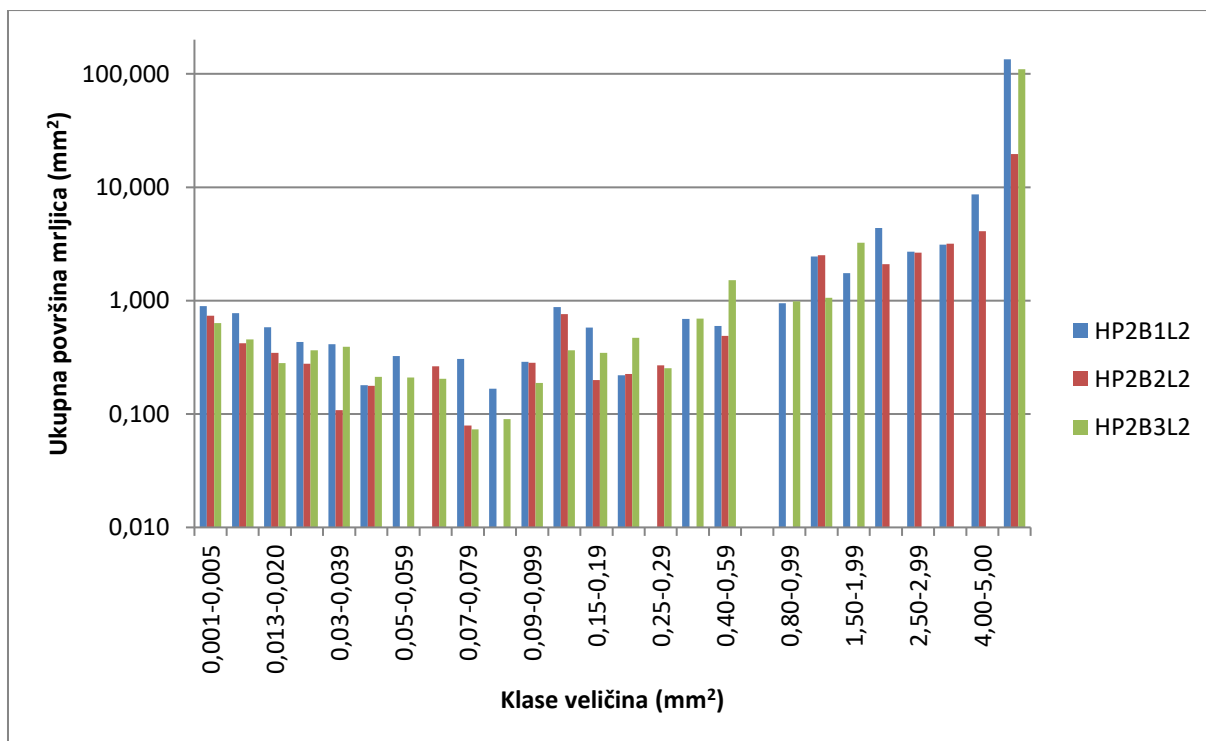
Slika 4.5.2.8. Ukupna površina mrljica na laboratorijskim listovima načinjenim od vlaknaca oporabljenih otisaka P₂B₁L₁, P₂B₂L₁ i P₂B₃L₁ – 2. faza



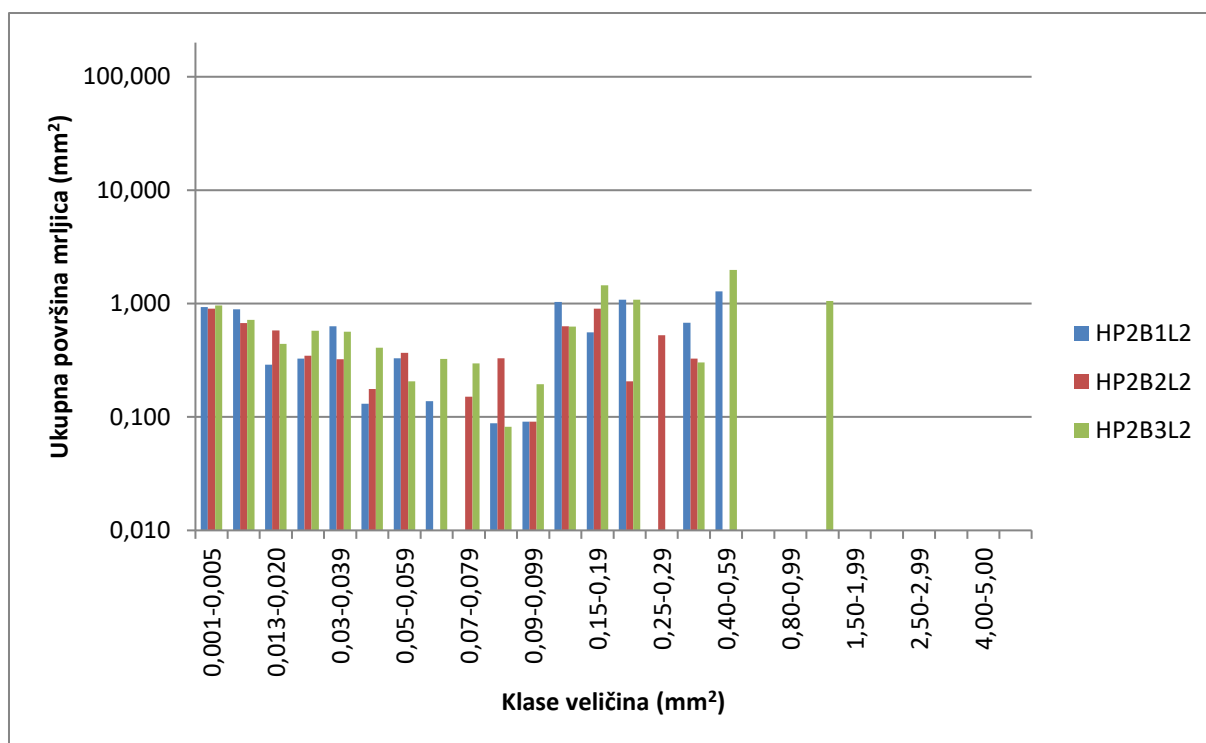
Slika 4.5.2.9. Ukupna površina mrljica na laboratorijskim listovima načinjenim od vlaknaca oporabljenih otisaka P₂B₁L₁, P₂B₂L₁ i P₂B₃L₁ – 3. faza



Slika 4.5.2.10. Ukupna površina mrljica na laboratorijskim listovima načinjenim od vlakanača oporabljenih otisaka P₂B₁L₂, P₂B₂L₂ i P₂B₃L₂ – 1. faza



Slika 4.5.2.11. Ukupna površina mrljica na laboratorijskim listovima načinjenim od vlakanača oporabljenih otisaka P₂B₁L₂, P₂B₂L₂ i P₂B₃L₂ – 2. faza



Slika 4.5.2.12. Ukupna površina mrljica na laboratorijskim listovima načinjenim od vlaknaca oporabljenih otisaka P₂B₁L₂, P₂B₂L₂ i P₂B₃L₂ – 3. faza

4.6. Rezultati više faktorske analize varijanci

Tabela 4.6.1. Analiza varijance za svojstva kvalitete tiska za cijan

Utjecaji/Kolorimetrijsko svojstvo	ΔL^*				
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<i>vrsta tiskovne podloge (P1, P2)</i>	1	28,5330	28,5328	195,9021	0,0001
<i>vrsta bojila (B1, B2, B3)</i>	2	12,9310	6,4656	44,3920	0,0001
<i>vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	3,8770	1,9386	13,3103	0,0001
<i>RTV:dani</i>	19	11,6230	0,6117	4,1999	0,0001
<i>podloga (P1, P2):boju (B1, B2, B3)</i>	2	2,2330	1,1164	7,6651	0,0001
<i>podloga (P1, P2): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	9,3760	4,6881	32,1875	0,0001
<i>boju (B1, B2, B3): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	4	4,0520	1,0131	6,9556	0,0001
	Δa^*				
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<i>vrsta tiskovne podloge (P1, P2)</i>	1	0,0020	0,0018	0,0187	0,8913
<i>vrsta bojila (B1, B2, B3)</i>	2	10,5330	5,2664	54,0107	0,0001
<i>vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	5,1210	2,5607	26,2618	0,0001
<i>RTV:dani</i>	19	18,9650	0,9982	10,2370	0,0001
<i>podloga (P1, P2):boju (B1, B2, B3)</i>	2	2,3780	1,1889	12,1926	0,0001
<i>podloga (P1, P2): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	12,6380	6,3188	64,8042	0,0001
<i>boju (B1, B2, B3): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	4	3,0920	0,7729	7,9267	0,0001
	Δb^*				
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<i>vrsta tiskovne podloge (P1, P2)</i>	1	27,2100	27,2090	80,6748	0,0001
<i>vrsta bojila (B1, B2, B3)</i>	2	13,1300	6,5630	19,4608	0,0001
<i>vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	105,4300	52,7170	156,3084	0,0001
<i>RTV:dani</i>	19	516,9700	27,2090	80,6767	0,0001
<i>podloga (P1, P2):boju (B1, B2, B3)</i>	2	1,8100	0,9050	2,6843	0,0698
<i>podloga (P1, P2): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	31,1600	15,5810	46,1993	0,0001
<i>boju (B1, B2, B3): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	4	0,9800	0,2460	0,7286	0,5729
	ΔE^*				
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<i>vrsta tiskovne podloge (P1, P2)</i>	1	19,5210	19,5207	51,4459	0,0001
<i>vrsta bojila (B1, B2, B3)</i>	2	8,1410	4,0705	10,7275	0,0001
<i>vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	5,7710	2,8855	7,6045	0,0006
<i>RTV:dani</i>	19	223,3560	11,7556	30,9812	0,0001
<i>podloga (P1, P2):boju (B1, B2, B3)</i>	2	2,6420	1,3210	3,4814	0,0319
<i>podloga (P1, P2): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	12,5170	6,2586	16,4942	0,0001
<i>boju (B1, B2, B3): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	4	2,7490	0,6873	1,8114	0,1263

Tabela 4.6.2. Analiza varijance za svojstva kvalitete tiska za magentu

Utjecaji/Kolorimetrijsko svojstvo		ΔL^*			
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<i>vrsta tiskovne podloge (P1, P2)</i>	1	18,5410	18,5414	115,6684	0,0001
<i>vrsta bojila (B1, B2, B3)</i>	2	24,6840	12,3420	76,9941	0,0001
<i>vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	3,0790	1,5395	9,6039	0,0001
<i>RTV:dani</i>	19	72,0750	3,7934	23,6647	0,0001
<i>podloga (P1, P2):boju (B1, B2, B3)</i>	2	5,5110	2,7557	17,1914	0,0001
<i>podloga (P1, P2): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	9,0420	4,5209	28,2033	0,0001
<i>boju (B1, B2, B3): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	4	7,3460	1,8365	11,4569	0,0001
Δa^*					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<i>vrsta tiskovne podloge (P1, P2)</i>	1	15,2480	15,2481	55,9646	0,0001
<i>vrsta bojila (B1, B2, B3)</i>	2	30,5040	15,2519	55,9785	0,0001
<i>vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	20,6220	10,3111	37,8444	0,0001
<i>RTV:dani</i>	19	120,6130	6,3480	23,2989	0,0001
<i>podloga (P1, P2):boju (B1, B2, B3)</i>	2	5,5220	2,7608	10,1329	0,0001
<i>podloga (P1, P2): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	9,9450	4,9725	18,2503	0,0001
<i>boju (B1, B2, B3): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	4	9,6180	2,4045	8,8251	0,0001
Δb^*					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<i>vrsta tiskovne podloge (P1, P2)</i>	1	2,6000	2,6030	7,7615	0,0056
<i>vrsta bojila (B1, B2, B3)</i>	2	16,5600	8,2790	24,6900	0,0001
<i>vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	78,6100	39,3040	117,2068	0,0001
<i>RTV:dani</i>	19	593,4800	31,2360	93,1484	0,0001
<i>podloga (P1, P2):boju (B1, B2, B3)</i>	2	3,2300	1,6170	4,8229	0,0086
<i>podloga (P1, P2): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	52,1200	26,0590	77,7092	0,0001
<i>boju (B1, B2, B3): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	4	7,0300	1,7580	5,2431	0,0004
ΔE^*					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<i>vrsta tiskovne podloge (P1, P2)</i>	1	8,2000	8,2023	21,1980	0,0001
<i>vrsta bojila (B1, B2, B3)</i>	2	18,7500	9,3729	24,2240	0,0001
<i>vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	19,2400	9,6212	24,8660	0,0001
<i>RTV:dani</i>	19	466,1500	24,5343	63,4070	0,0001
<i>podloga (P1, P2):boju (B1, B2, B3)</i>	2	11,2000	5,5976	14,4670	0,0001
<i>podloga (P1, P2): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	20,8300	10,4153	26,9180	0,0001
<i>boju (B1, B2, B3): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	4	18,8100	4,7026	12,1530	0,0001

Tabela 4.6.3. Analiza varijance za svojstva kvalitete tiska za žutu

Utjecaji/Kolorimetrijsko svojstvo		ΔL^*			
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<i>vrsta tiskovne podloge (P1, P2)</i>	1	12,9130	12,9125	109,4397	0,0001
<i>vrsta bojila (B1, B2, B3)</i>	2	0,5180	0,2590	2,1950	0,1130
<i>vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	2,2210	1,1105	9,4118	0,0001
<i>RTV:dani</i>	19	51,3270	2,7014	22,8957	0,0001
<i>podloga (P1, P2):boju (B1, B2, B3)</i>	2	1,3500	0,6752	5,7229	0,0036
<i>podloga (P1, P2): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	8,1650	4,0824	34,6006	0,0001
<i>boju (B1, B2, B3): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	4	1,7590	0,4397	3,7269	0,0056
Δa^*					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<i>vrsta tiskovne podloge (P1, P2)</i>	1	2,9590	2,9594	10,9248	0,0011
<i>vrsta bojila (B1, B2, B3)</i>	2	26,0590	13,0297	48,1006	0,0001
<i>vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	5,1380	2,5691	9,4842	0,0001
<i>RTV:dani</i>	19	126,8960	6,6788	24,6554	0,0001
<i>podloga (P1, P2):boju (B1, B2, B3)</i>	2	4,7490	2,3745	8,7657	0,0002
<i>podloga (P1, P2): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	2,2480	1,1242	4,1503	0,0166
<i>boju (B1, B2, B3): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	4	3,0180	0,7545	2,7853	0,0267
Δb^*					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<i>vrsta tiskovne podloge (P1, P2)</i>	1	3405	3404,5000	119,1194	0,0001
<i>vrsta bojila (B1, B2, B3)</i>	2	88	44,2000	1,5459	0,2147
<i>vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	163	81,7000	2,8586	0,0588
<i>RTV:dani</i>	19	33295	1752,4000	61,3131	0,0001
<i>podloga (P1, P2):boju (B1, B2, B3)</i>	2	310	155,1000	5,4262	0,0048
<i>podloga (P1, P2): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	130	65,2000	2,2804	0,1039
<i>boju (B1, B2, B3): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	4	52	13,1000	0,4583	0,7663
ΔE^*					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<i>vrsta tiskovne podloge (P1, P2)</i>	1	3025,3000	3025,3400	103,4745	0,0001
<i>vrsta bojila (B1, B2, B3)</i>	2	102,5000	51,2300	1,7521	0,1750
<i>vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	120,3000	60,1700	2,0580	0,1294
<i>RTV:dani</i>	19	30958,3000	1629,3800	55,7292	0,0001
<i>podloga (P1, P2):boju (B1, B2, B3)</i>	2	148,7000	74,3500	2,5429	0,0802
<i>podloga (P1, P2): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	155,4000	77,6900	2,6573	0,0717
<i>boju (B1, B2, B3): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	4	20,4000	5,0900	0,1740	0,9516

Tabela 4.6.4 Analiza varijance za svojstva kvalitete tiska za crnu

Utjecaji/Kolorimetrijsko svojstvo					
ΔL^*					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<i>vrsta tiskovne podloge (P1, P2)</i>	1	679,4	679,42	69,9176	0,0001
<i>vrsta bojila (B1, B2, B3)</i>	2	726,7	363,35	37,3920	0,0001
<i>vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	963,9	481,93	49,5948	0,0001
<i>RTV:dani</i>	19	100,3	5,28	0,5433	0,9417
<i>podloga (P1, P2):boju (B1, B2, B3)</i>	2	1073,0	536,49	55,2098	0,0001
<i>podloga (P1, P2): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	698,2	349,11	35,9264	0,0001
<i>boju (B1, B2, B3): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	4	1998,5	499,63	51,4157	0,0001
Δa^*					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<i>vrsta tiskovne podloge (P1, P2)</i>	1	0,0100	0,0100	0,2036	0,6521
<i>vrsta bojila (B1, B2, B3)</i>	2	0,5846	0,2922	5,9355	0,0029
<i>vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	0,1383	0,0691	1,4041	0,2470
<i>RTV:dani</i>	19	3,4212	0,1800	3,6566	0,0001
<i>podloga (P1, P2):boju (B1, B2, B3)</i>	2	0,6316	0,3157	6,4129	0,0018
<i>podloga (P1, P2): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	0,0205	0,0102	0,2083	0,8121
<i>boju (B1, B2, B3): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	4	1,0112	0,2527	5,1336	0,0005
Δb^*					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<i>vrsta tiskovne podloge (P1, P2)</i>	1	0,435	0,4354	1,8777	0,1715
<i>vrsta bojila (B1, B2, B3)</i>	2	0,383	0,1915	0,8258	0,4388
<i>vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	15,247	7,6236	32,8766	0,0001
<i>RTV:dani</i>	19	272,237	14,3283	61,7905	0,0001
<i>podloga (P1, P2):boju (B1, B2, B3)</i>	2	3,609	1,8046	7,7824	0,0001
<i>podloga (P1, P2): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	4,432	2,2158	9,5557	0,0001
<i>boju (B1, B2, B3): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	4	2,483	0,6208	2,6772	0,03
ΔE^*					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
<i>vrsta tiskovne podloge (P1, P2)</i>	1	286,2	286,21	27,282	0,0001
<i>vrsta bojila (B1, B2, B3)</i>	2	864,0	431,99	41,178	0,0001
<i>vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	719,8	359,92	34,308	0,0001
<i>RTV:dani</i>	19	172,4	9,07	0,865	0,6271
<i>podloga (P1, P2):boju (B1, B2, B3)</i>	2	620,6	310,29	29,577	0,0001
<i>podloga (P1, P2): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	2	784,6	392,30	37,395	0,0001
<i>boju (B1, B2, B3): vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)</i>	4	1449,7	362,42	34,547	0,0001

5. RASPRAVA

Eksperimentalno istraživanje obuhvaća glavne faze životnog ciklusa ofsetnog tiska namijenjenog kartonskom ambalažnom proizvodu. Prva faza predstavlja odabir grafičkih materijala s naglaskom na ekološki aspekt održivosti, obnovljivih sirovina, alternativnih prirodnih sirovina i zatvaranje kružnog toka materijala.

Tu treba naglasiti zamjensku ulogu algi iz Jadranskog mora s uobičajenom sirovinom u izradi kartona, što zapravo može uzrokovati smanjenje šumskog fonda. Jedan od efekata koji proizlazi iz toga je utjecaj na ekološku ravnotežu. Ekološka ravnoteža je usko povezana s globalnim zatopljenjem. Osim toga održivost povezana uz alge proizlazi iz činjenice, da one za svoj rast koriste proces fotosinteze, što zapravo znači uklanjanje ugljičnog dioksida iz atmosfere. Velika područja pod algama osim što uklanjaju CO₂, vrlo su dobre za uklanjanje nutrijenata iz voda i time štite ugrožavanje ravnoteže eko sustava voda.

Pri odabiru uz tehnološke zahtjeve pažnja je posvećena i u odnosu na ekološku komponentu održivosti kroz sam proces tiska. Tu se posebno misli na pozitivni utjecaj na ekološku problematiku procesa ofsetnog tisku, koja uključuje ne obnovljive izvore sirovine mineralne pigmente u papiru, korištenje toksičnih i štetnih tvari, aditive u bojilima, ljepila, biocide u otopini za vlaženje, emisije ishlapljivih organskih spojeva, isparavanja iz otopine za vlaženje, toksični otpad, korištenje energije i zbrinjavanje otpada.

Jedan segment prikazan unutar eksperimentalnog dijela odnosi se na utjecaj definiranih uvjeta okoliša na postojanost otisaka, promatran kroz prirodni proces, ali i ubrzano termalno starenje sa/bez plinovitog zagađivala atmosfere plinovitog dušikovog oksida.

Poseban doprinos je metoda regeneriranja, odnosno povrat vlakana iz otpadnog papira, iskorištenog grafičkog proizvoda metodom u tri faze bez dodatka kemikalija površinsko aktivnih tvari i procesa flotacije .

5.1. Optička svojstva kartona izloženog sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

Dvije vrste kartona P₁ (karton Kromopak) i P₂ (karton Alga Carta) koje su korištene kao tiskovna podloga izlagani su u periodu od 7, 14, 28, 56, 112 dana u toku toplog dijela godine (05. lipnja do 24 rujna) sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo.

Obično prozorsko staklo prozirno je 90 % za UVA zrake (dugovalno zračenje 400 nm-315 nm; energija zračenja 3,10 - 3,94 eV). UV zrake manjih valnih duljina prozorsko staklo zaustavlja u iznosu od 90 %. Intenzitet UV zračenja i njegov sastav ovisi o slijedećim čimbenicima: duljini puta kroz atmosferu, godišnjem dobu, dijelu dana, geografskoj širini, nadmorskoj visini, o oblačnosti i čistoći zraka. UVB zračenje ovisi o kutu sunčeva svjetla, pa je zato slabije u jutro zimi, a najjače u podne ljeti. UVA zračenje radi veće valne duljine manje je ovisno o položaju sunca.

Jedan dio zraka svjetlosti u kontaktu s kartonom zrcalno reflektira, a ostatak prodire u njegovu strukturu. Zrake svjetlosti se reflektiraju od tvari, sastojaka podloge, ali se mogu u vlaknima apsorbirati ili lomiti u drugom smjeru. Difuzno reflektirana zraka svjetlosti dolazi na površinu papira. Za valorizaciju optičkih svojstava kartona izloženih sunčevom zračenju koristi se svjetlina, bjelina i opacitet.

Na slici 4.1.1. prikazane su vrijednosti ISO svjetline kartona P₁ i P₂ izloženih sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo u istraživanom periodu. Rezultati istraživanja pokazuju da manje smanjenje svjetline je utvrđeno na podlozi P₂. Razlike između smanjenja svjetline su za podlogu P₂ manje u odnosu na P₁ kako slijedi: 82,1 % izlaganje 7 dana, 49,8 % izlaganje 14 dana, 40,1 % izlaganje 28 dana, 24,4 % izlaganje 56 dana, 22,3 % izlaganje 112 dana.

Kako je vidljivo iz tabele 5.1.1. kod uzoraka izlaganih u prvom terminu razlika u smanjenju svjetline je najveća (smanjenje svjetline P₂ je manje za 82,1 % u odnosu na P₁), a tijekom daljnjeg izlaganja ta razlika se smanjuje.

Tabela 5.1.1. Smanjenje svjetline (%) kartona P₁ i P₂ u odnosu na period izlaganja

Uzorci	Vrijeme izlaganja 7 dana	Vrijeme izlaganja 14 dana	Vrijeme izlaganja 28 dana	Vrijeme izlaganja 56 dana	Vrijeme izlaganja 112 dana
P ₁	3,46 %	6,38 %	7,12 %	12,12 %	12,56 %
P ₂	0,62 %	3,20 %	4,98 %	9,16 %	9,76 %

Za izlaganje kartona i dobivenih rezultata bitni su egzogeni i endogeni čimbenici. Proces žućenja papira je prirodni proces, koji nastaje vremenom, utjecajem sunčevog zračenja, utjecajem visoke vlage i temperature. Smanjenje svjetline vremenom doprinosi stvaranju kromofora degradacijom komponenti papira kao što su: celuloza, hemiceluloza i lignin.

Smanjenje svjetline izlaganjem kartona sunčevom zračenju može biti uzrokovano oksidacijskom razgradnjom nisko molekularnog dijela ugljikohidrata pri čemu nastaju karboksilne skupine [167, 168]. Takove promjene mogu nastati i bez utjecaja svjetla, kod izloženosti papira povišenoj temperaturi i vlazi zraka.

Endogeni čimbenici koji se očituju kroz praćenje svjetline kartona s obzirom na sirovine korištene u njihovoj proizvodnji mogu biti premazi (P_1 je troslojno premazan s gornje strane i jednostruko s donje). Taj karton ima relativno veliku početnu svjetlinu od 87%.

Brzina promjene svjetline papira ovisi posebno o komponentama vlakana i povećava se sa sadržajem lignina. Organski aditivi kao optička bjelila su kemijski nestabilna i imaju negativni utjecaj na reakcije oksidacije [169]. Reciklirani papiri manje su stabilni u usporedbi s papirima načinjenim od djevičanskih vlakana [170]. Međutim, kod kartona koji sadrži alge s vremenom nakon proizvodnje, povećava se svjetlina podloge, a uzrok je klorofil prisutan u algama [171]. Ta činjenica je bitan čimbenik kojeg treba uzeti u obzir kod valorizacije rezultata.

Kod ISO svjetline koristi se faktor spektralne refleksije R_{457} . Mjerenje na ovaj način uključuje samo plavi dio vidljivog dijela spektra, između valnih duljina 400 – 510 nm. Takovo mjerenje je zanimljivo za promatranje učinka bijeljenja, koje utječe na refleksiju valnih dužina u području plavog, više nego refleksija svjetla mjerena na drugim valnim dužinama.

Bjelina papira predstavlja stupanj difuzne refleksije svjetlosti svih valnih duljina s površine uzorka. Ona obuhvaća cijeli spektar vidljive svjetlosti i uključuje UV komponente svjetlosti.

Na slici 4.1.2. prikazana je bjelina kartona P_1 i P_2 izloženog sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo prema prije opisanoj dinamici izlaganja. Primijećeno je da karton P_2 u fazi skladištenja i pripreme za tisak povećava svoju bjelinu za 2.75, što se pripisuje već prije spomenutom utjecaju klorofila iz algi.

Razlike do kojih dolazi izlaganjem podloga P_1 i P_2 zračenju u okviru opisane dinamike prikazane su u tabeli 5.1.2. Rezultati ukazuju na uglavnom manje smanjenje bjeline kartona P_2 u promatranim terminima u odnosu na podlogu P_1 . U oba slučaja utvrđen je trend smanjenja bjeline s vremenom izlaganja.

Tabela 5.1.2. Smanjenje bjeline (CIE) kartona P₁ i P₂ u odnosu na period izlaganja

Uzorci	Vrijeme izlaganja 7 dana	Vrijeme izlaganja 14 dana	Vrijeme izlaganja 28 dana	Vrijeme izlaganja 56 dana	Vrijeme izlaganja 112 dana
P ₁	6.55	14.71	17.62	21.58	34.58
P ₂	6.60	7,17	17,61	19,78	29.49

Na slici 4.1.3. prikazan je opacitet kartona P₁ i P₂ izloženog sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo. Opacitet ili neprozirnost kartona daje informaciju o nepropusnosti svjetla kroz tu podlogu. To svojstvo je vrlo značajno u kontekstu tiska. Jedno od ograničenja u korištenju kvalitetnih papira u tisku je opacitet. Upravo zato u proizvodnji papira obično se dodaju punila, kao što su neprozirni minerali, kako bi se povećao opacitet. Međutim, većina punila smanjuju čvrstoću papira. U proizvodnji papira od algi nije potrebno dodavati punila kako bi se povećao opacitet, to pokazuju naši rezultati ali i rezultati drugih autora [172].

Rezultati istraživanja pokazuju da se opacitet podloge P₁ na uzorcima izloženim prva dva termina izlaganja vrlo malo povećava (povećanje iznosi 0,89), da bi se nakon toga vratio gotovo na početnu vrijednost. Sličan trend se zapaža i kod podloge P₂, samo što u tom slučaju povećanje je veće (3,19) i proteže se kroz termin od 28 dana izlaganja podloge uvjetima okoliša.

U skladu s teorijom Kubelka-Munk opacitet je određen vrijednostima koeficijenta raspršenja i adsorpcije [173]. Koeficijent raspršenja je ovisan o R₀, R_∞ i gramature kartona u skladu s poznatim matematičkim izrazom. To implicira povećanje opaciteta kartona povećanjem koeficijenta raspršenja za konstantnu gramaturu kartona, što potvrđuju rezultati istraživanja. Tako kod podloge P₁ dolazi do povećanja koeficijenta raspršenja za uzorak izlagan 14 dana za 0.87 kg.m⁻² u odnosu na ne izlagani uzorak, što doprinosi manjem povećanju opaciteta kako je to naprijed navedeno. Kod kartona P₂ povećanje koeficijenta raspršenja je veće. Povećanje se proteže kroz 28 dana izlaganja, a iznosi ukupno 2.22 kg.m⁻² što je u skladu s povećanjem opaciteta.

Koeficijent raspršenja igra važnu ulogu pri razumijevanju strukture papira u kontekstu fizičke sposobnosti da učinkovito odražava specifičnu površinu materijala [174]. Rezultati istraživanja obuhvaćeni ovim radom su dokazali da u okviru eksperimentalnih uvjeta za podloge P₁ i P₂ prepoznatljiv je utjecaj vrste vlaknaca, punila i premaza na opacitet kartona.

Koeficijent adsorpcije ima manji utjecaj na opacitet podloge, što je i u skladu sa stabilnošću varijable b u prije spomenutom matematičkom izrazu. Koeficijent adsorpcije

gotovo da se ne mijenja u uvjetima eksperimenta. Međutim ipak treba reći da podloga P₂ ima nešto malo manju stabilnost u odnosu na podlogu P₁.

5.2. Kromatske karakteristike kartona P₁ i P₂ u odnosu na dinamiku izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

Jedna od karakteristika opisa boje je da se boja unutar njega može prikazati u L a b modelu s tri dimenzije [175]. Boja može biti prikazana kao točka u prostoru prikazujući skalarne vrijednosti njenih triju neovisnih koordinata u odnosu na primarne osi. Stimulus koji uzrokuje doživljaj boje definiran je kao elektromagnetska energija danog intenziteta ispektralnog sustava. To se može prikazati kao suma pojedinih boja čiji su odgovarajući podražaji monokromatskog karaktera.

Na slici 4.2.1. prikazane su L* vrijednost kartona P₁ i P₂ izloženih zračenju kroz prozorsko staklo određenom dinamikom i utvrđeno je da su u eksperimentalnim uvjetima male razlike između te dvije podloge ($\Delta L^*_{P1 \text{ neizloženo} - \text{izloženo } 7 \text{ dana}} = 0,43$; $\Delta L^*_{P2 \text{ neizloženo} - \text{izloženo } 7 \text{ dana}} = 0,17$). Razlika izloženog kartona P₁ 112 dana u odnosu na neizloženi uzorak iznosi $\Delta L^*_{P1 \text{ neizloženo} - \text{izloženo } 112 \text{ dana}} = 2,65$, a za podlogu P₂ iznosi $\Delta L^*_{P2 \text{ neizloženo} - \text{izloženo } 112 \text{ dana}} = 1,75$. Izlaganje uzoraka zračenju kroz prozorsko staklo donekle povećava svjetlinu podloga, kako P₁ tako i P₂.

Nešto veće promjene zabilježene su kod kromatskih vrijednosti a* i b* (slike 4.2.2. i 4.2.3.). Rezultati istraživanja kromatske vrijednosti a* bitno se razlikuju za dvije istraživane podloge, karton P₁ i P₂. Sve vrijednosti a* za karton P₁ nalaze se u pozitivnom dijelu crveno-zelene osi a*, dakle u crvenom području i kreću se od $a^*_{\text{izlaganje } 7 \text{ dana}} = 2,62$ do $a^*_{\text{izlaganje } 112 \text{ dana}} = 1,97$.

Uzorci podloge P₂ izlagani do 28 dana nalaze se u crvenom području i tada prelaze u zeleno područje, odnosno imaju negativne a* vrijednosti ($a^*_{\text{izlaganje } 28 \text{ dana}} = -0,96$; $a^*_{\text{izlaganje } 112 \text{ dana}} = -0,10$). Što su vrijednosti a* udaljenije od 0, boje su zasićenije.

Može se utvrditi da vrijednosti b* imaju različiti trend u odnosu na a*. Tako kod uzoraka na kartonu P₁ i P₂ s povećanjem vremena izlaganja podloga, povećava se kromatska vrijednost b*. Karton P₂ koji u svom sastavu sadrži alge iz Jadranskog mora ima kroz sve vrijeme izlaganja negativne b* vrijednosti, što znači da se nalaze u plavom području b osi. Uzorak kartona P₁ samo u prvom terminu izlaganja ima negativan b* ($b^*_{\text{izlaganje } 7 \text{ dana}} = -0,13$) i

nakon toga daljnjim izlaganjem vrijednosti su pozitivne ($b^*_{\text{izlaganje 14 dana}} = 1,72$ i povećavaju se sve do $b^*_{\text{izlaganje 112 dana}} = 5,07$).

Takva promjena u porastu kromatske vrijednosti b^* izlaganjem papira može se pripisati kromoforima koji nastaju degradacijom komponenti papira.

5.3. Kromatske karakteristike otisaka izloženih sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

Ključna istraživanja u pogledu kvalitete, trajnosti i postojanosti otiska su interakcija bojilo / tiskovna podloga. Ovisno o složenoj kemijskoj strukturi mogući su različiti načini interakcije kao što slijedi: kovalentna veza, vodikova veza, elektrostatska ili ionska interakcija, Π - Π interakcija, dipol-dipol interakcija, van der Walsova sila i hidrofobna interakcija [176]. Također i energija vezivanja značajno utječe na postojanost otiska.

Prikazani rezultati istraživanja optičkih i kolorimetrijskih karakteristika kartona direktno se odnosi na kolorimetrijska obilježja otisaka u različitim kombinacijama podloga/bojilo, kao i raster tonskih vrijednost od punog tona, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV vrijednosti, te utjecaj lakiranja otisaka vododisperzivnim i UV sušećim lakom u odnosu na dinamiku izlaganja otisaka uvjetima okoliša, važni su čimbenici prije rečenog.

5.3.1. Vrijednosti ΔL^* za otiske separacija CMYK bojila B₁, B₂ i B₃, u kombinaciji s kartonima P₁ i P₂, te lakovima L₁ i L₂ u odnosu na RTV i dinamiku izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

Trodimenzionalni prostor boja temeljen je na objektivnom vrednovanju boja i najbliži je vizualnoj procjeni, pa je time riješena problematika nedovoljno realističkog prikaza boja.

Svaka boja može biti opisana s L^* , a^* i b^* vrijednostima. L – akromatska os ima vrijednosti od 0 do 100 (0 – apsolutna crna, 100 – apsolutna bijela). Postoje još dvije kromatske osi i to a (crveno – zeleno) i b (žuto – plavo).

Obzirom da je ΔL^* bitna varijabla u izrazu za izračun ukupne razlike boja, odnosno kolorimetrijske razlike dviju boja u CIE sustavu, provodi se rasprava unutar istraživanog sustava. U ovom radu ΔL^* predstavlja promjenu svjetline između ne izloženih otisaka i onih

izloženih sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo prema određenoj dinamici, kao i u kontekstu kombinacije sastav kartona / sastav bojila. Za valorizaciju rezultata bitno je naglasiti da pozitivna ΔL^* vrijednost znači da je izlagani otisak svjetliji od onog ne izlaganog.

5.3.1.1. Vrijednosti ΔL^* za otiske s cijan bojilima

Otisci na kartonu P_1 u kombinaciji s bojom B_1 izlagani 7 dana sunčevom zračenju sa smanjenjem RTV vrijednosti u nizu: 100 %, 70 %, 50 % povećava se ΔL^* vrijednost, a kod najmanje promatrane vrijednosti od 30 % RTV se smanjuje. Sve te nabrojane ΔL^* vrijednosti su pozitivne. Povećanjem vremena izlaganja otisaka izmjenjuju se negativne i pozitivne vrijednosti. Kada se otisci izlažu 14 dana utvrđene su negativne vrijednosti za ΔL^* u prije definiranim uvjetima, da bi kod izlaganja u peridu od 28 dana opet bile pozitivne. Daljnjim izlaganjem uglavnom su dobivene pozitivne ΔL^* vrijednosti izuzev kod izlaganja 56 dana za otisak sa 70 % RTV i kod izlaganja 112 dana otiska sa 100 % RTV ($\Delta L^*_{P_1B_1, 70\% RTV, 56 \text{ dana}} = -0,01$; $\Delta L^*_{P_1B_1, 100\% RTV, 112 \text{ dana}} = -0,12$).

Lakiranjem P_1B_1 otisaka sa 100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV vododispersivnim lakom, zatim izlaganih 112 dana utjecaju zračenja, kao rezultat dobivene su negativne ΔL^* vrijednosti, a ako se izlažu 28 dana ΔL^* vrijednosti su pozitivne. Negativne P_1B_1 vrijednosti utvrđene su i kod P_1B_1 otisaka, kada se lakiraju UV sušecim lakom, kada se otisci izlažu 56 ili 112 dana uz gore definirane ostale uvjete.

Kada se umjesto bojila B_1 koristi bojilo cijan B_2 uz sve iste gore opisane varijable ima određenih sličnosti, ali i razlika. Sličnosti su što otisak P_1B_1 i otisak P_1B_2 sa 100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV nakon izlaganja u trajanju od 14 dana imaju negativne ΔL^* vrijednosti. Otisak P_1B_2 osim toga negativne vrijednosti ΔL^* ima nakon 7 dana, 56 dana i najvećim dijelom nakon 28 dana izlaganja zračenju. Drugim riječima otisak P_1B_2 ima za sve RTV vrijednosti u odnosu na sve kombinacije drugih varijabli negativan ΔL^* , izuzev za otisak P_1B_2 sa 100 % RTV izložen zračenju 28 dana ($\Delta L^* = 0,00$).

Vrijednosti ΔL^* za otiske P_1B_2 lakirane lakom L_1 kreću se od -0,31 preko 0,00 do 0,29 ($\Delta L^*_{P_1B_2L_1, 100\% RTV, 28 \text{ dana}} = -0,31$; $\Delta L^*_{P_1B_2L_1, 70\% RTV, 56 \text{ dana}} = 0,00$; $\Delta L^*_{P_1B_2L_1, 30\% RTV, 14 \text{ dana}} = 0,29$), dakle, najvećoj ΔL^* vrijednosti pripada otisak s najmanjom RTV vrijednosti. Otisci $P_1B_2L_1$ 100 % RTV, $P_1B_2L_1$ 70 % RTV, $P_1B_2L_1$ 50 % RTV i $P_1B_2L_1$ 30 % RTV imaju negativan ΔL^* kada se podvrgnu izlaganju 112 dana.

Otisak P_1B_3 razlikuje se od P_1B_1 i P_1B_2 u tome, da za sve RTV vrijednosti za isti termin izlaganja, sve ΔL^* vrijednosti su negativne. Općenita karakteristika je da ova serija u kojoj se promatra P_1B_1 , P_1B_2 i P_1B_3 ne lakirani i lakirani otisci s lakom L_1 i L_2 , najmanje ΔL^* negativnih vrijednosti imaju otisci s B_3 bojilom (12 uzoraka), slijede otisci s B_1 bojilom (27 uzoraka), dok bojilo B_2 ima 43 slučaja.

Slijedi analiza za otiske na kartonu P_2 , koji u svom sastavu ima alge iz Jadranskog mora. Karakteristika za otiske P_2B_1 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV je da svi imaju pozitivne ΔL^* za izlaganje od 7 i 14 dana i svi imaju negativne ΔL^* za izlaganje 112 dana. Slično se ponašaju i uzorci $P_2B_1L_1$, samo što oni imaju pozitivni ΔL^* i kod izlaganja otisaka zračenju od 56 dana. Svi otisci $P_2B_1L_2$ iz ove serije imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, koje se kreću od 0,08 ($\Delta L^*_{P_2B_1L_2, 50\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}}$) do 1,87 ($\Delta L^*_{P_2B_1L_2, 70\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}}$).

Otisci P_2B_2 ponašaju se slično u odnosu na ΔL^* vrijednosti kao prije opisani otisci $P_2B_1L_2$. Svi otisci P_2B_2 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani od 7 do 112 dana imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, osim otiska P_2B_2 sa 70 % RTV izlaganog 112 dana ($\Delta L^*_{P_2B_2, 70\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 0,00$) i otiska P_2B_2 sa 70 % RTV izlaganog 28 dana ($\Delta L^*_{P_2B_2, 70\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,08$).

Otisci P_2B_2 lakirani s L_1 lakom i RTV vrijednostima 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani 28 dana imaju pozitivne ΔL^* ($\Delta L^*_{P_2B_2L_1, 100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,32$); ($\Delta L^*_{P_2B_2L_1, 70\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,37$); ($\Delta L^*_{P_2B_2L_1, 50\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,38$); ($\Delta L^*_{P_2B_2L_1, 30\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,43$). Kada se prije prikazani uzorci izlažu ne 28 dana nego 112 dan, svi imaju negativne ΔL^* vrijednosti ($\Delta L^*_{P_2B_2L_1, 100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,77$); ($\Delta L^*_{P_2B_2L_1, 70\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,35$); ($\Delta L^*_{P_2B_2L_1, 50\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,27$); ($\Delta L^*_{P_2B_2L_1, 30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,09$).

Svi otisci $P_2B_2L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani od 7 do 112 dana imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, osim otiska $P_2B_2L_2$ sa 70 % RTV izlaganih 28 dana ($\Delta L^*_{P_2B_2L_2, 70\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,13$) i otiska $P_2B_2L_2$ sa 70 % RTV izlaganih 112 dana ($\Delta L^*_{P_2B_2L_2, 70\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,02$).

Otisci P_2B_3 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani 14, 28 i 56 dana imaju pozitivne ΔL^* , dok izlaganjem otisaka 112 dana pozitivnu vrijednost postiže samo otisak sa 70 % RTV.

Lakirani otisci $P_2B_3L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo 7, 14, 28, 56 i 112 dana imaju pozitivne vrijednosti ΔL^* , izuzev otiska $P_2B_3L_1$ 30 % RTV izlaganog 112 dana ($\Delta L^*_{P_2B_2L_2}$, 170 % RTV, 112 dana = -0,06). Otisci $P_2B_3L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorko staklo 7, 14, 28, 56 i 112 dana imaju pozitivne vrijednosti ΔL^* vrijednosti. U tabeli 5.3.1.1.1. prikazane su ΔL^* vrijednosti otisaka: P_1B_1 , P_1B_2 , P_1B_3 , P_2B_1 , P_2B_2 , P_2B_3 , 100 % RTV, izlaganih zračenju 7 i 112 dana

Tabela 5.3.1.1.1. ΔL^* vrijednosti za kombinacije cijan bojila B_1 , B_2 i B_3 s kartonima P_1 i P_2 za 100 % RTV

Vrijeme izlaganja	$\Delta L^*_{P_1B_1}$	$\Delta L^*_{P_1B_2}$	$\Delta L^*_{P_1B_3}$	$\Delta L^*_{P_2B_1}$	$\Delta L^*_{P_2B_2}$	$\Delta L^*_{P_2B_3}$
7 dana	0,30	-0,04	-0,25	0,17	1,07	0,25
112 dan	0,12	-0,04	-0,38	-0,59	0,35	-0,45

Sedmodnevnim izlaganjem otisaka cijana P_1B_1 , P_1B_2 , P_1B_3 , ΔL^* je pozitivan za P_1B_1 100% RTV ($\Delta L^*_{P_1B_1} = 0,30$), dok je negativan za P_1B_2 i P_1B_3 ($\Delta L^*_{P_1B_2} = -0,04$, $\Delta L^*_{P_1B_3} = -0,25$.) Otisak P_1B_2 ima manju ΔL^* negativnu vrijednost u odnosu na P_1B_3 .

Tabela 5.3.1.1.2. ΔL^* vrijednosti za kombinaciju otisaka 100 % RTV s cijan bojilima B_1 , B_2 i B_3 na kartonima P_1 i P_2 , lakiranih vododisperzivnim lakom L_1

Vrijeme izlaganja	$\Delta L^*_{P_1B_1L_1}$	$\Delta L^*_{P_1B_2L_1}$	$\Delta L^*_{P_1B_3L_1}$	$\Delta L^*_{P_2B_1L_1}$	$\Delta L^*_{P_2B_2L_1}$	$\Delta L^*_{P_2B_3L_1}$
7 dana	0,23	-0,12	0,27	0,54	-0,73	1,49
112 dan	-0,10	-0,46	0,15	-0,12	-0,77	0,53

Otisci cijana P_1B_1 , P_1B_2 , P_1B_3 100 % RTV, lakirani vododisperzivnim lakom L_1 imaju isti trend za otiske na podlozi P_1 u odnosu na podlogu P_2 kod sedmodnevnog izlaganja, a to isto vrijedi i za izlaganje od 112 dana. Otisci $P_1B_1L_1$ i $P_1B_3L_1$ imaju pozitivan ΔL^* ($\Delta L^*_{P_1B_1L_1} = 0,23$, $\Delta L^*_{P_1B_3L_1} = 0,27$), kao i otisci $P_2B_1L_1$ i $P_2B_3L_1$ ($\Delta L^*_{P_2B_1L_1} = 0,54$, $\Delta L^*_{P_2B_3L_1} = 1,49$) za sedmodnevno izlaganje. Otisci $P_1B_2L_1$ i $P_1B_2L_1$ imaju negativan ΔL^* ($\Delta L^*_{P_1B_2L_1} = -0,10$, $\Delta L^*_{P_1B_2L_3} = -0,46$), kao i otisci $P_2B_2L_1$ i $P_2B_2L_1$ ($\Delta L^*_{P_2B_2L_1} = -0,12$, $\Delta L^*_{P_2B_2L_1} = -0,77$) za izlaganje od 112 dana.

Tabela 5.3.1.1.3. ΔL^* vrijednosti za kombinaciju otisaka 100 % RTV s cijan bojilima B₁, B₂ i B₃ na kartonima P₁ i P₂, lakiranih UV sušecim lakom L₂

Vrijeme izlaganja	$\Delta L^*_{P_1B_1L_2}$	$\Delta L^*_{P_1B_2L_2}$	$\Delta L^*_{P_1B_3L_2}$	$\Delta L^*_{P_2B_1L_2}$	$\Delta L^*_{P_2B_2L_2}$	$\Delta L^*_{P_2B_3L_2}$
7 dana	-0,08	-0,02	0,26	0,09	0,43	1,49
112 dan	-0,31	-0,24	-0,09	0,31	-0,79	1,91

Otisci cijana P₁B₁, P₁B₂, P₁B₃ 100 % RTV, lakirani UV sušecim lakom L₂, izlagani 7 dana imaju negativne ΔL^* za otiske P₁B₁L₂ i P₁B₂L₂ ($\Delta L^*_{P_1B_1L_2} = -0,08$, i $\Delta L^*_{P_1B_2L_2} = -0,02$), dok je $\Delta L^*_{P_1B_3L_2}$ pozitivan ($\Delta L^*_{P_1B_3L_2} = 0,26$). Pozitivan ΔL^* imaju svi otisci na P₂ kartonu: $\Delta L^*_{P_2B_1L_2} = 0,09$, $\Delta L^*_{P_2B_2L_2} = 0,43$, $\Delta L^*_{P_2B_3L_2} = 1,54$ tijekom sedmodnevnog izlaganja, $\Delta L^*_{P_2B_1L_2} = 0,31$, $\Delta L^*_{P_2B_2L_2} = 0,79$, $\Delta L^*_{P_2B_3L_2} = 1,91$ za izlaganje od 112 dana.

5.3.1.2. Vrijednosti ΔL^* za otiske s magenta bojilima

Otisci s magentom P₁B₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, izuzev otisaka P₁B₁ 30% RTV izlaganih 112 dana ($\Delta L^*_{P_1B_1, 30\% RTV, 112\text{ dana}} = -0,35$).

Otisci s magentom P₁B₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28 i 56 dana, imaju negativne ΔL^* vrijednosti, izuzev otisaka P₁B₂ 100% RTV izlaganih 56 dana i otiska P₁B₂ 70 % RTV izlaganih 56 dana, koji imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti ($\Delta L^*_{P_1B_2, 100\% RTV, 56\text{ dana}} = 0,19$) i $\Delta L^*_{P_1B_2, 70\% RTV, 56\text{ dana}} = 0,38$).

Otisci s magentom P₁B₃ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlaganih zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti.

Lakirani magenta otisci s vododisperznim lakom P₁B₁L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, izuzev otiska sa 70% RTV, izlagani zračenju 7 dana, za kojeg je utvrđena negativna ΔL^* vrijednost ($\Delta L^*_{P_1B_1L_1, 70\% RTV, 7\text{ dana}} = -0,05$). Osim toga uzorak P₁B₁L₁ sa 100 %, izlagan 7 dana nema promjene ΔL^* vrijednosti.

Lakirani magenta otisci P₁B₂L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^*

vrijednosti, s izuzetkom $P_1B_2L_1$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana, 14 i 28 dana ($\Delta L^*_{P_1B_2L_2, 100\% RTV, 7\text{dana}} = -0,29$; $\Delta L^*_{P_1B_2L_2, 100\% RTV, 14\text{dana}} = -0,11$; $\Delta L^*_{P_1B_2L_2, 100\% RTV, 28\text{dana}} = -0,15$).

Lakirani magenta otisci $P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti.

Lakirani magenta otisci s UV sušećim lakom $P_1B_1L_2$ u okviru istraživanih varijabli: postotka RTV vrijednosti i vremena izlaganja otisaka imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti u granicama 0,02 – 2,03. Izuzetci su ΔL^* vrijednosti za otiske kako slijedi: $\Delta L^*_{P_1B_1L_2, 70\% RTV, 7\text{dana}} = -0,41$; $\Delta L^*_{P_1B_1L_2, 70\% RTV, 14\text{dana}} = -0,14$; $\Delta L^*_{P_1B_1L_2, 70\% RTV, 28\text{dana}} = -0,40$; $\Delta L^*_{P_1B_1L_2, 70\% RTV, 56\text{dana}} = -0,69$; dakle sve redom otisci sa 70 % RTV, izuzev otiska najdulje izlaganog zračenju u okviru eksperimentalnih uvjeta.

Lakirani magenta otisci $P_1B_2L_2$ 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, s izuzetkom $P_1B_2L_2$ sa 70 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta L^*_{P_1B_2L_2, 70\% RTV, 28\text{dana}} = -0,23$) i $P_1B_2L_2$ sa 50 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta L^*_{P_1B_2L_2, 50\% RTV, 28\text{dana}} = -0,03$).

Lakirani magenta otisci $P_1B_3L_2$ 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti.

Otisci s magentom P_2B_1 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, izuzev otiska P_2B_1 sa 100 % RTV, izlaganog 7 dana ($P_2B_1 100\% RTV, 7\text{dana} = -0,12$).

Otisci s magentom P_2B_2 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, kao i otisci P_2B_3 .

Otisci s magentom $P_2B_1L_1$, $P_2B_2L_1$ i $P_2B_2L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti.

Otisci s magentom lakirani s UV sušećim lakom $P_2B_1L_2$, $P_2B_2L_2$ i $P_2B_2L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* izuzev otisaka $P_2B_2L_2$ sa 100 % RTV, izlagan 14 dana

($P_2B_2L_2$ 100 % RTV_{14 dana} = -0,01) i otisaka $P_2B_2L_2$ sa 70 % RTV izlagan 28 dana ($P_2B_2L_2$ 70 % RTV_{28 dana} = -0,38).

Tabela 5.3.1.2.1. ΔL^* vrijednosti za kombinacije magenta bojila B_1 , B_2 i B_3 s kartonima P_1 i P_2

Vrijeme izlaganja	$\Delta L^* P_1B_1$	$\Delta L^* P_1B_2$	$\Delta L^* P_1B_3$	$\Delta L^* P_2B_1$	$\Delta L^* P_2B_2$	$\Delta L^* P_2B_3$
7 dana	0,19	-0,15	0,02	-0,12	0,12	0,24
112 dan	1,98	1,82	2,17	1,30	1,24	1,45

Za otiske na kartonima P_1 i P_2 , s bojilima B_1 , B_2 i B_3 , s 100 % RTV, izlagane 7 i 112 dana utvrđuju se pozitivne ΔL^* vrijednosti za sve uzorke, izuzev P_2B_1 , P_1B_2 100 % RTV izlagane 7 dana.

5.3.1.3. Vrijednosti ΔL^* za otiske s žutim bojilima

Otisci sa žutim bojom P_1B_1 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti koje se kreću u rasponu od 0,19 do 2,46. Izuzetak u ovoj seriji uzoraka je otisak P_1B_1 50 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta L^*_{P_1B_1, 50\% RTV, 14 dana} = -0,13$).

Otisci sa žutim bojom P_1B_2 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti koje se kreću u rasponu od 0,56 do 2,58. Otisak sa 70 % RTV izlagan 7 dana i otisci sa 30 % RTV, izlagani 7, 14 i 28 dana imaju negativne ΔL^* vrijednosti ($\Delta L^*_{P_1B_2, 70\% RTV, 7 dana} = -0,13$, $\Delta L^*_{P_1B_2, 30\% RTV, 7 dana} = 0,07$; $\Delta L^*_{P_1B_2, 30\% RTV, 14 dana} = -0,34$; $\Delta L^*_{P_1B_2, 30\% RTV, 28 dana} = -0,12$).

Otisci sa žutim bojom P_1B_3 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti. Najmanju ΔL^* vrijednost ima u toj seriji otisak P_1B_3 sa 100 % RTV, izlagan 14 dana ($\Delta L^*_{P_1B_3, 100\% RTV, 14 dana} = 0,10$), a najveću otisak P_1B_3 sa 70 % RTV, izlagan 112 dana ($\Delta L^*_{P_1B_3, 70\% RTV, 112 dana} = 2,30$).

Otisci P_1B_1 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, lakirani L_1 lakom, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti koje se kreću u rasponu od 0,07 do 1,90.

Najmanju ΔL^* vrijednost ima otisak $P_1B_1L_1$ iz te serije sa 30 % RTV, izlagan 7 dana ($\Delta L^*_{P_1B_1L_1, 30\% RTV, 7\text{dana}} = 0,01$), a najveću otisak $P_1B_1L_1$ sa 70 % RTV, izlagan 112 dana ($\Delta L^*_{P_1B_1L_1, 70\% RTV, 112\text{dana}} = 1,94$).

Otisci sa žutim bojom $P_1B_2L_1$, sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, izuzev otiska $P_1B_2L_1$ sa 30 % RTV, izlaganje 7 dana ($\Delta L^*_{P_1B_2L_1, 30\% RTV, 7\text{dana}} = -0,07$).

Otisci sa žutim bojom $P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, izuzev otiska $P_1B_3L_1$, RTV 70%, izlaganje 7 dana ($\Delta L^*_{P_1B_3L_1, 70\% RTV, 7\text{dana}} = -0,08$; $\Delta L^*_{P_1B_3L_1, 70\% RTV, 14\text{dana}} = -0,38$; $\Delta L^*_{P_1B_3L_1, 70\% RTV, 28\text{dana}} = -0,09$; $\Delta L^*_{P_1B_3L_1, 70\% RTV, 56\text{dana}} = -0,27$)

Otisci $P_1B_1L_2$, sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, izuzev otiska $P_1B_1L_2$ sa 30 % RTV, izlaganje 7 dana ($\Delta L^*_{P_1B_1L_2, 30\% RTV, 7\text{dana}} = -0,15$) i $P_1B_1L_2$ sa 30 % RTV, izlaganje 14 dana ($\Delta L^*_{P_1B_1L_2, 30\% RTV, 14\text{dana}} = -0,27$).

Otisci sa žutim bojom $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorko staklo 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, izuzev otiska $P_1B_2L_2$ 70 % RTV, izlaganje 7 dana ($\Delta L^*_{P_1B_2L_2, 70\% RTV, 7\text{dana}} = -0,01$).

Otisci $P_1B_3L_2$, sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, izuzev otiska $P_1B_3L_2$ 70 % RTV, izlaganih 7 dana ($\Delta L^*_{P_1B_3L_2, 70\% RTV, 7\text{dana}} = -0,01$; otiska $P_1B_3L_2$, RTV 30 %, izlaganih 28 dana ($\Delta L^*_{P_1B_3L_2, 30\% RTV, 28\text{dana}} = -0,10$); otiska $P_1B_3L_2$, RTV 30 %, izlaganih 28 dana ($\Delta L^*_{P_1B_3L_2, 30\% RTV, 28\text{dana}} = -0,09$); otiska $P_1B_3L_2$, RTV 30 %, izlaganih 122 dana ($\Delta L^*_{P_1B_3L_2, 30\% RTV, 122\text{dana}} = -0,09$).

Svi otisci na karton P_2 , koji u sastavu ima morske alge, bez obzira na vrstu bojila, RTV vrijednost i vrijeme izlaganja, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti.

Tabela 5.3.1.3.1. ΔL^* vrijednosti za kombinacije žutih bojila B₁, B₂ i B₃ s kartonima P₁ i P₂

Vrijeme izlaganja	$\Delta L^* P_1B_1$	$\Delta L^* P_1B_2$	$\Delta L^* P_1B_3$	$\Delta L^* P_2B_1$	$\Delta L^* P_2B_2$	$\Delta L^* P_2B_3$
7 dana	0,52	0,07	0,22	0,31	1,06	1,07
112 dan	2,46	2,51	2,12	1,00	1,45	1,23

Najmanju ΔL^* vrijednost ima otisak P₁B₂ 100 % RTV izlagan 7 dana i najveći ΔL^* kada se izlaže zračenju 112 dana. Najmanju ΔL^* vrijednost na kartonu s algama ima otisak P₂B₁ 100 % RTV izlagan 7 dana, kao i onaj izlagan 112 dana. Najveći ΔL^* ima otisak P₂B₃ 100 % RTV izlagan 7 dana i otisak P₂B₂ 100 % RTV izlagan 112 dana.

5.3.1.4. Vrijednosti ΔL^* za otiske s crnim bojilima

Otisci sa crnim bojilom P₁B₁ sa 100 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorčko staklo: 7, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne ΔL^* vrijednosti, dok otisak izlagan 14 dana ima pozitivnu ΔL^* vrijednost ($\Delta L^*_{P_1B_1, 100\% RTV, 14 \text{ dana}} = 0,68$). Otisci sa crnim bojilom P₁B₁ sa 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorčko staklo: 7, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, izuzev otiska P₁B₁ sa 50 % RTV izlaganog 14 dana i otiska sa 30 % RTV izlaganog 14 dana ($\Delta L^*_{P_1B_1, 50\% RTV, 14 \text{ dana}} = -0,32$; $\Delta L^*_{P_1B_1, 30\% RTV, 14 \text{ dana}} = -0,32$) i otiska P₁B₁ sa 30 % RTV izlaganog 112 dana ($\Delta L^*_{P_1B_1, 30\% RTV, 112 \text{ dana}} = -0,25$).

Otisci sa crnim bojilom P₁B₂ sa 100 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorčko staklo 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti koje se kreću u rasponu od 1,82 do 2,84. Otisci sa 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani 7, 14, 28, 56 i 112 dana imaju negativne ΔL^* vrijednosti koje se kreću od -0,06 do -1,00. ($\Delta L^*_{P_1B_2, 70\% RTV, 112 \text{ dana}} = -0,06$; $\Delta L^*_{P_1B_2, 50\% RTV, 28 \text{ dana}} = -1,00$).

Otisci sa crnim bojilom P₁B₃ sa 100 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorčko staklo: 7, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne ΔL^* vrijednosti, dok otisak izlagan 14 dana ima pozitivnu ΔL^* vrijednost ($\Delta L^*_{P_1B_1, 100\% RTV, 14 \text{ dana}} = 0,68$). Otisci sa crnim bojilom P₁B₃ sa 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorčko staklo: 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne ΔL^* vrijednosti, kao i otisci sa 30 % RTV izlagani 14, 28, 56 i 112 dana. Izuzetak su otisci P₁B₃ sa 100 % RTV izlagani 112 dana i otisci sa 30 % RTV izlagani 7 dana, koji imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti ($\Delta L^*_{P_1B_3, 100\% RTV, 112 \text{ dana}} = 0,19$; $\Delta L^*_{P_1B_3, 30\% RTV, 7 \text{ dana}} = 0,04$).

Otisci sa crnim bojiom P₁B₁L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, izuzev P₁B₁L₁ sa 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani 112 dana (ΔL^* P₁B₁L₁, 70 % RTV, 112dana = -0,33), (ΔL^* P₁B₁L₁, 50 % RTV, 112dana = -0,52) i (ΔL^* P₁B₁L₁, 30 % RTV, 112dana = -0,16).

Otisci sa crnim bojiom P₁B₂L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo 14, 28, i 112 dana, imaju uglavnom pozitivne ΔL^* vrijednosti. Izuzetak su: otisak sa 100 % RTV, izlaganje 14 dana (ΔL^* P₁B₂L₁, 100 % RTV, 14dana = -0,43), i otisaksa 100 % RTV, izlagan 28 dana (ΔL^* P₁B₂L₁, 100 % RTV, 28dana = -0,56).

Otisci sa crnim bojiom P₁B₃L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju uglavnom pozitivne ΔL^* vrijednosti u području od 0,01 do 0,76. Izuzetak su otisci: 50 % RTV izlagan 28 dana (ΔL^* P₁B₃L₁, 100 % RTV, 28dana = -0,06), 50 % RTV izlagan 112 dana (ΔL^* P₁B₃L₁, 50 % RTV, 112dana = -0,37) i 30 % RTV izlagan 112 dana (ΔL^* P₁B₃L₁, 30 % RTV, 112dana = -0,02),

Otisci P₁B₁L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju uglavnom pozitivne ΔL^* vrijednosti. Izuzetak su otisci: P₁B₁L₂ sa 100 % RTV, izlaganje 7 dana (ΔL^* P₁B₁L₂, 100 % RTV, 7dana = 0,53), P₁B₁L₂ sa 30 % RTV, izlagan 7 dana (ΔL^* P₁B₁L₂, 30 % RTV, 7dana = -0,40), P₁B₁L₂ sa 100 % RTV, izlagan 14 dana (ΔL^* P₁B₁L₂, 100 % RTV, 14dana = 0,20), P₁B₁L₂ sa 30 % RTV, izlagan 14 dana (ΔL^* P₁B₁L₂, 30 % RTV, 14dana = -0,10) i P₁B₁L₂ sa 100 % RTV, izlagan 112 dana (ΔL^* P₁B₁L₂, 100 % RTV, 112dana = 0,25).

Otisci P₁B₂L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo 7, 28 i 56 dana, imaju uglavnom pozitivne ΔL^* vrijednosti, izuzetak su: otisak 50 % RTV izlagan 7 dana (ΔL^* P₁B₂L₂, 50 % RTV, 7dana = -0,04) i otisak 30 % RTV izlagan 28 dana (ΔL^* P₁B₂L₂, 30 % RTV, 28dana = -0,19). Otisci P₁B₂L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju 112 dana gotovo svi imaju negativnu ΔL^* vrijednost, izuzetak je otisak sa 100 % RTV izlagan 112 dana (ΔL^* P₁B₂L₂, 100 % RTV, 112dana = 0,07).

Otisci P₁B₃L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo 7, 14 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, dok otisci izlagani 28, 56 i 112 dana imaju negativne ΔL^* vrijednosti.

U nastavku je diskusija rezultata za otiske na kartonu P₂, koji u svom sastavu ima alge iz Jadranskog mora. Otisci sa crnim bojilom P₂B₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, izuzev otiska P₂B₁ sa 100 % RTV, izlaganog 56 dana, otiska P₂B₁ sa 100 % RTV, izlaganog 56 dana i otiska P₂B₁ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta L^*_{P_{2B1}, 100\% RTV, 56\text{ dana}} = -0,51$; $\Delta L^*_{P_{2B1}, 30\% RTV, 112\text{ dana}} = -0,07$), koji imaju negativnu ΔL^* vrijednost.

Otisci sa crnim bojilom P₂B₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, izuzev otiska P₂B₂ sa 100 % RTV, izlaganog 7 dana, otiska P₂B₂ sa 100 % RTV, izlaganog 28 dana ($\Delta L^*_{P_{2B2}, 100\% RTV, 7\text{ dana}} = -0,12$; $\Delta L^*_{P_{2B2}, 100\% RTV, 28\text{ dana}} = -0,03$), koji imaju negativnu ΔL^* vrijednost.

Otisci sa crnim bojilom P₂B₃ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti u granicama 0,03 - 1,14. Izuzetak je otisak P₂B₃ sa 30 % RTV, izlagan 56 dana, ($\Delta L^*_{P_{2B3}, 30\% RTV, 56\text{ dana}} = -0,07$).

Otisci sa crnim bojilom P₂B₁L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednost, izuzev otisaka P₂B₁L₁ sa 100 % RTV, izlagani 7 dana i otisak P₂B₁L₁ sa 70 % RTV, izlagani 28 dana ($\Delta L^*_{P_{2B1L1}, 100\% RTV, 7\text{ dana}} = -0,77$), ($\Delta L^*_{P_{2B1L1}, 70\% RTV, 28\text{ dana}} = -0,05$).

Otisci sa crnim bojilom P₂B₂L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 112 dana, imaju negativne ΔL^* vrijednosti, koje se kreću od -0,04 do -0,61. Otisci P₂B₂L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo 28 dana, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti, koje se kreću od 0,11 do 0,91. Ostali otisci iz te serije imaju i pozitivne i negativne ΔL , s prevladavajućim udjelom pozitivnih.

Otisci sa crnim bojilom P₂B₃L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 112 dana, imaju uglavnom negativne ΔL^* vrijednosti, a izuzetak čine otisci 70 % RTV izlagani 7 dana ($\Delta L^*_{P_{2B3L1}, 70\% RTV, 7\text{ dana}} = -0,40$) i otisak 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta L^*_{P_{2B3L1}, 100\% RTV, 112\text{ dana}} = -0,69$).

Otisci sa crnim bojom P₂B₁L₂ nemaju određenog trenda, nego se izmjenjuju ΔL^* pozitivne i negativne vrijednosti. Pozitivne ΔL^* vrijednosti kreću se u granicama 0,20 - 1,08, a negativne u granicama od -0,03 do -0,72.

Otisci sa crnim bojom P₂B₂L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani 7, 28 i 56 dana imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti izuzev otiska sa 70 % RTV izlaganog 7 dana ($\Delta L^*_{P_2B_2L_2, 70\% RTV, 7\text{dana}} = -0,08$) i otiska ($\Delta L^*_{P_2B_2L_2, 70\% RTV, 56\text{dana}} = -0,76$). Otisci sa 100 % RTV izlagani 112 dana imaju negativne ΔL^* vrijednosti.

Otisci P₂B₃L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani 7, 14, 28, 56 i 112 dana imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti.

Tabela 5.3.1.4.1. ΔL^* vrijednosti za kombinacije crnih bojila B₁, B₂ i B₃ s kartonima P₁ i P₂

Vrijeme izlaganja	$\Delta L^*_{P_1B_1}$	$\Delta L^*_{P_1B_2}$	$\Delta L^*_{P_1B_3}$	$\Delta L^*_{P_2B_1}$	$\Delta L^*_{P_2B_2}$	$\Delta L^*_{P_2B_3}$
7 dana	-0,28	1,82	-0,39	0,31	-0,12	0,07
112 dan	-0,43	2,84	0,19	-0,72	0,14	0,36

Najmanju negativnu ΔL^* vrijednost ima otisak P₂B₁ 100 % RTV izlagan 112 dana, a najveću pozitivnu vrijednost ΔL^* postiže za otisak P₁B₂ sa 100 % RTV izlagan 112 dana.

5.3.2. Vrijednosti Δa^* za otiske separacija CMYK bojila B₁, B₂ i B₃, u kombinaciji s kartonima P₁ i P₂, te lakovima L₁ i L₂ u odnosu na RTV i dinamiku izlaganja zračenju kroz prozorsko staklo

Kako je već prije spomenuto CIE je definirala trodimenzionalni prostor baziran na CIEXYZ prostoru boja, Munsellovom sustavu boja, teoriji suprotnih parova boja. Pozitivna a os usmjerena je u pravcu crvenog stimulusa, a negativna os usmjerena je u pravcu zelenog stimulusa. Centar kromatskih osi je akromatičan, a pomicanjem od centra raste kromatičnost boja u CIELAB prostoru.

5.3.2.1. Vrijednosti Δa^* za otiske s cijan bojilima

Otisci s cijan bojom P₁B₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^* vrijednosti,

izuzev otisaka: P_1B_1 sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($P_1B_1 \Delta a^* 70 \% \text{ RTV, } 7 \text{ dana} = 0,37$), P_1B_1 sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($P_1B_1 \Delta a^* 70 \% \text{ RTV, } 7 \text{ dana} = 0,37$), P_1B_1 sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($P_1B_1 \Delta a^* 50 \% \text{ RTV, } 7 \text{ dana} = 0,45$), P_1B_1 sa 50 % RTV izlagan 28 dana ($P_1B_1 \Delta a^* 50 \% \text{ RTV, } 28 \text{ dana} = 0,06$) i P_1B_1 sa 30 % RTV izlagan 56 dana ($P_1B_1 \Delta a^* 30 \% \text{ RTV, } 56 \text{ dana} = 0,01$). Utvrđen je najveći pozitivni Δa^* za ovu seriju uzoraka, a to je $P_1B_1 \Delta a^* 50 \% \text{ RTV, } 7 \text{ dana} = 0,45$. Najveći negativni Δa^* pripada otisku $P_1B_1 \Delta a^* 100 \% \text{ RTV, } 112 \text{ dana} = -1,00$.

Otisci s cijan bojilom P_1B_2 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28 dana, imaju pozitivne Δa^* vrijednosti, izuzev otisaka: P_1B_2 sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($P_1B_2 \Delta a^* 50 \% \text{ RTV, } 7 \text{ dana} = -0,07$), P_1B_2 sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($P_1B_2 \Delta a^* 30 \% \text{ RTV, } 7 \text{ dana} = -0,07$), P_1B_2 sa 50 % RTV izlagan 14 dana ($P_1B_2 \Delta a^* 50 \% \text{ RTV, } 14 \text{ dana} = 0,14$) i P_1B_2 sa 100 % RTV izlaganog 28 dana ($P_1B_2 \Delta a^* 100 \% \text{ RTV, } 28 \text{ dana} = -0,01$). Utvrđeno je da povećanjem vremena izlaganja (56 i 112 dana) uzoraka P_1B_2 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, oni poprimaju negativne Δa^* vrijednosti. Izuzetak je P_1B_2 sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($P_1B_2 \Delta a^* 30 \% \text{ RTV, } 56 \text{ dana} = 0,22$).

Otisci s cijan bojilom P_1B_3 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 56 dana, imaju pozitivne Δa^* vrijednosti, izuzev otisaka: P_1B_3 sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($P_1B_3 \Delta a^* 100 \% \text{ RTV, } 7 \text{ dana} = -0,15$) i P_1B_3 sa 100 % RTV izlagan 56 dana ($P_1B_3 \Delta a^* 100 \% \text{ RTV, } 56 \text{ dana} = -0,13$). Otisci s cijan bojilom P_1B_3 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju: 28 i 112 dana, imaju pozitivni Δa^* , izuzeci su P_1B_3 sa 70 % RTV izlagan 112 dana ($P_1B_3 \Delta a^* 70 \% \text{ RTV, } 112 \text{ dana} = 0,15$) i P_1B_3 sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($P_1B_3 \Delta a^* 30 \% \text{ RTV, } 112 \text{ dana} = 0,14$).

Utvrđeno je da od 60 kombinacija bojilo/karton/lak za svaku seriju otisaka, u seriji P_1B_1 , $P_1B_1L_1$ i $P_1B_1L_2$ ima ukupno 17 otisaka s negativnim Δa^* , u seriji P_1B_2 , $P_1B_2L_1$ i $P_1B_2L_2$ ukupno 11 otisaka, dok u seriji P_1B_3 , $P_1B_3L_1$ i $P_1B_3L_2$ se nalazi ukupno 8 otisaka s negativnim Δa^* .

Otisci s cijan bojilom lakirani $P_1B_1L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^* vrijednosti, izuzev $P_1B_1L_1$ sa 100 % RTV, izlaganih 7 dana ($\Delta a^*_{P_1B_1L_1, 100 \% \text{ RTV, } 7 \text{ dana}} = 0,14$). Najmanji Δa^* ima otisak $P_1B_1L_1$ sa 50 % RTV, izlaganih 7 dana ($\Delta a^*_{P_1B_1L_1, 50 \% \text{ RTV, } 7 \text{ dana}} = -0,03$), a najveći $P_1B_1L_1$ sa 70 % RTV, izlaganih 112 dana ($\Delta a^*_{P_1B_1L_1, 70 \% \text{ RTV, } 112 \text{ dana}} = -1,34$).

Otisci s cijan bojom lakirani P₁B₂L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, dana, imaju pozitivnu Δa* vrijednost. Izuzetak su: P₁B₂L₁ sa 50 % RTV, izlagan 7 dana (Δa*_{P1B2L1, 50 % RTV, 7dana} = -0,11), P₁B₂L₁ sa 30 % RTV, izlagan 7 dana (Δa*_{P1B2L1, 30 % RTV, 7dana} = -0,24), P₁B₂L₁ sa 70 % RTV, izlagan 28 dana (Δa*_{P1B2L1, 70 % RTV, 28dana} = -0,08), P₁B₂L₁ sa 70 % RTV, izlagan 28 dana (Δa*_{P1B2L1, 70 % RTV, 28dana} = -0,08), P₁B₂L₁ sa 50 % RTV, izlagan 28 dana (Δa*_{P1B2L1, 50 % RTV, 28dana} = -0,26). Otisci s cijan bojom lakirani P₁B₂L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 56 i 112 dana, imaju negativnu Δa* vrijednost.

Otisci s cijan bojom lakirani P₁B₃L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δa* vrijednost. Otisak s cijan bojom lakirani P₁B₃L₁ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ima također negativnu Δa* (Δa*_{P1B3L1, 100 % RTV, 7dana} = -0,15). Otisak P₁B₃L₁ sa 70 % RTV izlagan 7 dana nema promjene Δa* vrijednosti. Uzorak P₁B₃L₁ 50 % RTV izlagan 7 dana i uzorak P₁B₃L₁ 30 % RTV izlagan 7 dana imaju pozitivne Δa* vrijednosti (Δa*_{P1B3L1, 50 % RTV, 7dana} = 0,08, Δa*_{P1B3L1, 30 % RTV, 7dana} = 0,17).

Slijedi analiza otisaka na kartonu P₂, koji u sastavu ima morske alge. Otisci s cijan bojom lakirani P₂B₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa* vrijednosti, izuzev otisaka: P₂B₁ sa 70 % RTV izlagan 7 dana (P₂B₁ Δa*_{70 % RTV, 7dana} = 0,24), P₂B₁ sa 30 % RTV izlagan 7 dana (P₂B₁ Δa*_{30 % RTV, 7dana} = 0,04). Najmanji Δa* za ovu seriju otisaka je P₂B₁ Δa*_{50 % RTV, 7dana} = -0,01, a najveći P₂B₁ Δa*_{30 % RTV, 112dana} = -1,09.

Otisci s cijan bojom lakirani P₂B₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa* vrijednosti. Najmanji Δa* za ovu seriju otisaka je P₂B₂ Δa*_{30 % RTV, 7dana} = -0,18, a najveći P₂B₂ Δa*_{70 % RTV, 112dana} = -1,12.

Otisci s cijan bojom lakirani P₂B₃ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 56 i 112 dana, imaju negativne Δa* vrijednosti. Cijan otisci P₂B₃ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju 7, 14 i 28 dana imaju uglavnom negativni Δa*. Pozitivni Δa* utvrđuje se za otiske 100 % RTV, kada su izlagani 7, 14 i 28 dana: P₂B₃ Δa*_{100 % RTV, 7dana} = 0,08, P₂B₃ Δa*_{100 % RTV, 14dana} = 1,20, i P₂B₃ Δa*_{100 % RTV, 28dana} = 0,22.

Otisci s cijan bojom lakirani P₂B₁L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, dana, imaju pozitivnu Δa* vrijednost. Izuzetak su: P₁B₂L₁ s 50 % RTV, izlagan 7 dana (Δa*_{P₁B₂L₁, 50 % RTV, 7dana} = -0,11), P₁B₂L₁ s 30 % RTV, izlagan 7 dana (Δa*_{P₁B₂L₁, 50 % RTV, 7dana} = -0,24), P₁B₂L₁ sa 70 % RTV.

Otisci s cijan bojom lakirani s UV sušecim lakom, P₂B₁L₂ sa 100 % RTV i 70 % RTV izlagani 7,14 i 28 dana, imaju pozitivnu Δa* vrijednost P₂B₁L₂ s 100 % RTV, dok otisci s 50 % RTV i 30 % RTV imaju negativni Δa*. Otisci P₂B₁L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani 56 i 112 dana imaju negativni Δa*.

Otisci s cijan bojom lakirani P₂B₂L₂ sa 100 % RTV izlagani 7, 14, 28, 56 i 112 dana imaju pozitivnu Δa* vrijednost, dok otisci s 30 % RTV izlagani kroz isti period imaju negativnu Δa* vrijednost. Utvrđeno je da otisci sa 70 % RTV izlagani 7,14 i 28, dana imaju pozitivnu Δa* vrijednost, a izlagani nakon tog perioda Δa* je negativan. Otisak s cijan bojom lakirani P₂B₂L₂ s 50 % RTV izlagan 7 dana ima pozitivan Δa*, dok daljnjim izlaganjem otisaka utvrđene su negativne Δa* vrijednosti.

Otisci s cijan bojom lakirani P₂B₃L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 100 dana, imaju pozitivnu Δa* vrijednost, izuzev otisaka 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju 112 dana.

Tabela 5.3.2.1.1. Δa* vrijednosti za otiske 100 % RTV s kombinacijom cijan bojila B₁, B₂ i B₃ s kartonima P₁ i P₂

Vrijeme izlaganja	Δa* P ₁ B ₁	Δa* P ₁ B ₂	Δa* P ₁ B ₃	Δa* P ₂ B ₁	Δa* P ₂ B ₂	Δa* P ₂ B ₃
7 dana	-0,06	0,07	-0,15	-0,01	-0,24	0,08
112 dan	-1,00	-0,80	-0,60	-0,84	-0,76	-0,70

Otisci P₁B₁, P₁B₃, P₂B₁ i P₂B₂ imaju negativan Δa*, dok otisci P₁B₂ i P₂B₃ imaju pozitivnu Δa* vrijednost za otiske 100 % RTV izložene sedmodnevnom zračenju. Otisci svih promatranih kombinacija bojila/karton izlagane 112 dana imaju negativne Δa*. Utvrđuje se da kod tih uzoraka Δa* se smanjuje u nizu kako slijedi: P₁B₁ > P₁B₂ > P₁B₃, što isto vrijedi i za otiske na kartonu koji u sastavu sadrži alge, dakle P₂B₁ > P₂B₂ > P₂B₃.

Tabela 5.3.2.1.2. Δa^* vrijednosti za kombinaciju otisaka 100 % RTV s cijan bojilima B₁, B₂ i B₃ na kartonima P₁ i P₂, lakiranih vododisperzivnim lakom L₁

Vrijeme izlaganja	$\Delta a^*P_1B_1L_1$	$\Delta a^*P_1B_2L_1$	$\Delta a^*P_2B_3L_1$	$\Delta a^*P_2B_1L_1$	$\Delta a^*P_2B_2L_1$	$\Delta a^*P_2B_3L_1$
7 dana	0,14	0,13	-0,01	0,32	-0,73	1,49
112 dan	-0,10	-0,46	0,15	-0,12	-0,77	0,53

Kromatska vrijednost Δa^* se smanjuje u nizu za otiske $P_1B_1L_1 > P_1B_2L_1 > P_2B_3L_1$ izlagane 7 dana. U usporedbi s gore prikazanim ne lakiranim otiscima, lakirani imaju veću Δa^* vrijednost. Povećavanjem vremena izlaganja otisaka sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo smanjuje se Δa^* vrijednost.

Tabela 5.3.2.1.3. Δa^* vrijednosti za kombinaciju otisaka 100 % RTV s cijan bojilima B₁, B₂ i B₃ na kartonima P₁ i P₂, lakiranih UV sušecim lakom L₂

Vrijeme izlaganja	$\Delta a^*P_1B_1L_2$	$\Delta a^*P_1B_2L_2$	$\Delta a^*P_1B_3L_2$	$\Delta a^*P_2B_1L_2$	$\Delta a^*P_2B_2L_2$	$\Delta a^*P_2B_3L_2$
7 dana	0,18	0,34	0,27	0,09	1,29	1,20
112 dan	-0,71	-0,44	-0,25	-0,70	0,87	0,63

U ovoj seriji otisaka prevladava pozitivan Δa^* . Negativne Δa^* vrijednosti utvrđene su kod otisaka $P_1B_1L_2$ (Δa^* 100 % RTV, 112 dana = -0,71), $P_1B_2L_2$ (Δa^* 100 % RTV, 112 dana = -0,44), $P_1B_3L_2$ (Δa^* 100 % RTV, 112 dana = -0,25) i $P_2B_1L_2$ (Δa^* 100 % RTV, izlagano 112 dana = -0,70).

5.3.2.2. Vrijednosti Δa^* za otiske s magenta bojilima

Otisci s magenta bojom P₁B₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* pripada otisku P₁B₁ 70 % RTV izlagan 112 dana (Δa^* 70 % RTV, 112 dana = -3,65).

Otisci s magenta bojom P₁B₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^* vrijednosti, izuzev otisaka: P₁B₂ sa 50 % RTV izlagan 14 dana (Δa^* 50 % RTV, 14 dana = -0,09), P₁B₂ sa 30 % RTV izlagan 14 dana (Δa^* 30 % RTV, 14 dana = -0,03). Najveći negativni Δa^* pripada otisku P₁B₂ 100 % RTV izlagan 112 dana (Δa^* 100 % RTV, 112 dana = -3,79).

Otisci s magenta bojom P₁B₃ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^*

vrijednosti. Najveći negativni Δa^* pripada otisku P_1B_3 70 % RTV izlagan 112 dana (Δa^* 70 % RTV, izlagan 112 dana = -3,43).

Otisci s magenta bojom lakirani $P_1B_1L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* pripada otisku $P_1B_1L_1$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana (Δa^* 100 % RTV, 112 dana = -2,43).

Otisci s magenta bojom lakirani $P_1B_2L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^* vrijednosti osim $P_1B_2L_1$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana (Δa^* 100 % RTV, 7 dana = 0,32), $P_1B_2L_1$ sa 70 % RTV izlagan 7 dana (Δa^* 70 % RTV, 7 dana = 0,16), $P_1B_2L_1$ sa 100 % RTV izlagan 14 dana (Δa^* 100 % RTV, 14 dana = 0,35). Najveći negativni Δa^* pripada otisku $P_1B_2L_1$ sa 50 % RTV izlagan 112 dana (Δa^* 50 % RTV, 112 dana = -2,14).

Otisci s magenta bojom lakirani $P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δa^* vrijednost. Najveći negativni Δa^* pripada otisku $P_1B_3L_1$ sa 70 % RTV izlagan 112 dana (Δa^* 70 % RTV, 112 dana = -2,48).

Otisci s magenta bojom lakirani UV lakom $P_1B_1L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^* vrijednost osim $P_1B_1L_2$ sa 70 % RTV izlagan 7 dana (Δa^* 70 % RTV, 7 dana = 0,97), $P_1B_1L_2$ sa 70 % RTV izlagan 14 dana (Δa^* 70 % RTV, 14 dana = 0,51), $P_1B_1L_2$ sa 70 % RTV izlagan 28 dana (Δa^* 70 % RTV, 28 dana = 0,74), $P_1B_1L_2$ sa 70 % RTV izlagan 56 dana (Δa^* 70 % RTV, 56 dana = 1,12) i $P_1B_1L_2$ sa 50 % RTV izlagan 56 dana (Δa^* 50 % RTV, 56 dana = 0,32). Najveći negativni Δa^* pripada otisku $P_1B_1L_2$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana (Δa^* 100 % RTV, 112 dana = -2,60).

Otisci s magenta bojom lakirani UV lakom $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^* vrijednosti osim $P_1B_2L_2$ sa 50 % RTV izlagan 14 dana (Δa^* 50 % RTV, 14 dana = 0,12), $P_1B_2L_2$ sa 70 % RTV izlagan 28 dana (Δa^* 70 % RTV, 28 dana = 0,02), $P_1B_2L_2$ sa 50 % RTV izlagan 28 dana (Δa^* 50 % RTV, 28 dana = 0,04). Najveći negativni Δa^* pripada otisku $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana (Δa^* 100 % RTV, 112 dana = -1,32).

Otisci s magenta bojilom lakirani UV lakom P₁B₃L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* pripada otisku P₁B₃L₂ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -2,31$) i otisku P₁B₃L₂ sa 70 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -2,31$).

Utvrđeno je da od 60 kombinacija bojilo/karton/lak za svaku seriju otisaka, u seriji P₁B₁, P₁B₁L₁ i P₁B₁L₂ ima ukupno 5 otisaka s pozitivnim Δa^* , u seriji P₁B₂, P₁B₂L₁ i P₁B₂L₂ ukupno 8 otisaka, dok su u seriji P₁B₃, P₁B₃L₁ i P₁B₃L₂ svi otisci s negativnim Δa^* .

Slijedi analiza otisaka na kartonu P₂, koji u sastavu ima morske alge. Otisci s magenta bojilom P₂B₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^* vrijednosti, izuzev otisaka: P₂B₁ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,79$), P₂B₁ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,62$), P₂B₁ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,12$), P₂B₁ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,75$), P₂B₁ sa 70 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,03$). Najmanji Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₁ sa 30 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,23$), a najveći P₂B₁ sa 50 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -2,66$).

Otisci s magenta bojilom P₂B₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^* vrijednosti izuzev otisaka: P₂B₂ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,39$), P₂B₂ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,08$), P₂B₂ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,22$). Najmanji Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₂ sa 50 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,02$), a najveći P₂B₂ sa 70 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -1,59$).

Otisci s magenta bojilom P₂B₃ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^* vrijednosti izuzev otisaka: P₂B₃ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,08$). Najmanji negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₃ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,09$) i P₂B₃ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,09$), a najveći negativni Δa^* P₂B₃ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -1,97$).

Otisci s magenta bojom lakirani P₂B₁L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δa^* vrijednost. Izuzetak su otisci: P₂B₁L₁ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,58$), P₂B₁L₁ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, \text{ izlagan } 7 \text{ dana}} = 0,20$), P₂B₁L₁ sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,37$) i P₂B₁L₁ sa 30 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,06$). Najmanji negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₁L₁ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,11$), a najveći negativni Δa^* P₂B₁L₁ sa 50 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -2,55$).

Otisci s magenta bojom lakirani P₂B₂L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δa^* vrijednost. Izuzetak su otisci: sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,39$), sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,71$), sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,44$), sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,29$) i sa 100 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = 0,11$). Najmanji negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je sa 50 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,03$), a najveći negativni Δa^* sa 70 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -1,10$).

Otisci s magenta bojom lakirani P₂B₃L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δa^* vrijednost. Izuzetak su otisci: P₂B₃L₁ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,56$), P₂B₃L₁ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,03$), P₂B₃L₁ sa 70 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,01$). Najmanji negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₃L₁ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,12$), a najveći negativni Δa^* P₂B₃L₁ sa 50 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -2,58$).

Otisci s magenta bojom lakirani s UV sušecim lakom, P₂B₁L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δa^* vrijednost. Izuzetak su otisci: P₂B₁L₂ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, \text{ izlagan } 7 \text{ dana}} = 0,32$), P₂B₁L₂ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,27$), P₂B₁L₂ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,23$), P₂B₁L₂ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,05$), P₂B₁L₂ sa 70 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,10$), P₂B₁L₂ sa 30 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,33$) i P₂B₁L₂ sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 1,57$). Najmanji negativni Δa^*

za ovu seriju otisaka je P₂B₁L₂ sa 30 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,03$), a najveći negativni Δa^* P₂B₁L₂ sa 50 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -2,09$).

Otisci s magenta bojom lakirani s UV sušecim lakom, P₂B₂L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δa^* vrijednost. Izuzetak su otisci: P₂B₂L₂ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,51$), P₂B₂L₂ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,18$), P₂B₂L₂ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,39$), P₂B₂L₂ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 1,45$), P₂B₂L₂ sa 70 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,30$), P₂B₂L₂ sa 50 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,86$), P₂B₂L₂ sa 30 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,58$), P₂B₂L₂ sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,02$), P₂B₂L₂ sa 50 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,29$), P₂B₂L₂ sa 30 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,34$), P₂B₂L₂ sa 100 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = 1,02$), P₂B₂L₂ sa 70 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = 0,96$), P₂B₂L₂ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 1,11$), P₂B₂L₂ sa 50 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 0,46$), i P₂B₂L₂ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 0,05$). Najmanji negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₂L₂ sa 50 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = -0,01$), a najveći negativni Δa^* P₂B₂L₂ sa 70 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -1,01$).

Otisci s magenta bojom lakirani s UV sušecim lakom, P₂B₃L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δa^* vrijednost. Izuzetak su otisci P₂B₃L₂ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,19$). Najmanji negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₃L₂ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,27$), a najveći negativni Δa^* P₂B₃L₂ sa 70 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -3,28$). Utvrđeno je da od 60 kombinacija bojilo/karton/lak za svaku seriju otisaka, u seriji P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ ima ukupno 16 otisaka s pozitivnim Δa^* , u seriji P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ ukupno 24 otisaka, dok je u seriji P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ 5 otisaka s pozitivnim Δa^*

Tabela 5.3.2.2.1. Δa^* vrijednosti za otiske 100 % RTV s kombinacijom magenta bojila B₁, B₂ i B₃ na tiskovnim podlogama P₁ i P₂

Vrijeme izlaganja	$\Delta a^*_{P_1 B_1}$	$\Delta a^*_{P_1 B_2}$	$\Delta a^*_{P_1 B_3}$	$\Delta a^*_{P_2 B_1}$	$\Delta a^*_{P_2 B_2}$	$\Delta a^*_{P_2 B_3}$
7 dana	-0,35	-1,53	-0,36	0,79	0,39	-0,09
112 dan	-2,46	-3,79	-2,43	-2,01	-1,25	-1,70

Otisci P_1B_1 , P_1B_2 , P_1B_3 i P_2B_3 imaju negativan Δa^* , dok otisci P_2B_1 i P_2B_2 imaju pozitivnu Δa^* vrijednost za otiske 100 % RTV izložene sedmodnevnom zračenju. Otisci svih promatranih kombinacija bojilo/karton izlagani 112 dana imaju negativne Δa^* .

Tabela 5.3.2.2.2. Δa^* vrijednosti za kombinacija otisaka 100 % RTV s magenta bojilima B_1 , B_2 i B_3 na tiskovnim podlogama P_1 i P_2 , lakiranih vododisperzivnim lakom L_1 ,

Vrijeme izlaganja	$\Delta a^*P_1B_1L_1$	$\Delta a^*P_1B_2L_1$	$\Delta a^*P_1B_3L_1$	$\Delta a^*P_2B_1L_1$	$\Delta a^*P_2B_2L_1$	$\Delta a^*P_2B_3L_1$
7 dana	-0,39	0,32	-0,30	0,58	0,39	0,56
112 dan	-2,43	-1,04	-2,40	-1,88	-0,85	-1,77

Otisci $P_1B_1L_1$, $P_1B_3L_1$, imaju negativan Δa^* , dok otisci $P_1B_2L_1$, $P_2B_1L_1$, $P_2B_2L_1$ i $P_2B_3L_1$ imaju pozitivnu Δa^* vrijednost za otiske 100 % RTV izložene sedmodnevnom zračenju. Otisci svih promatranih kombinacija bojilo/karton izlagane 112 dana imaju negativne Δa^* .

5.3.2.3. Vrijednosti Δa^* za otiske s žutim bojilima

Otisci s žutim bojilom P_1B_1 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju 13 negativnih Δa^* vrijednosti i 7 pozitivnih Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* pripada otisku P_1B_1 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -2,69$).

Otisci s žutim bojilom P_1B_2 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana imaju 5 negativnih Δa^* vrijednosti i 15 pozitivnih Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* pripada otisku P_1B_2 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -3,00$).

Otisci s žutim bojilom P_1B_3 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δa^* vrijednosti osim otisaka P_1B_3 50 % RTV izlaganih 7 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,04$), P_1B_3 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,10$), P_1B_3 100 % RTV izlaganih 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,86$). Najveći negativni Δa^* pripada otisku P_1B_3 100 % RTV izlaganog 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,86$).

Otisci s žutim bojilom lakirani $P_1B_1L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju 13 negativnih

Δa^* vrijednosti i 7 pozitivnih Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* pripada otisku $P_1B_1L_1$ sa 100 % RTV izlaganog 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -2,13$).

Otisci s žutim bojom lakirani $P_1B_2L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju 11 negativnih Δa^* vrijednosti i 9 pozitivnih Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* pripada otisku $P_1B_2L_1$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -3,39$).

Otisci s žutim bojom lakirani $P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju 9 negativnih Δa^* vrijednosti i 11 pozitivnih Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* pripada otisku $P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -2,39$).

Otisci s žutim bojom lakirani UV lakom $P_1B_1L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju 12 negativnih Δa^* vrijednosti i 8 pozitivnih Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* pripada otisku $P_1B_1L_2$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -2,41$).

Otisci s žutim bojom lakirani UV lakom $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju 15 negativnih Δa^* vrijednosti i 5 pozitivnih Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* pripada otisku $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -3,59$).

Otisci s žutim bojom lakirani UV lakom $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju 2 negativne Δa^* vrijednosti i 18 pozitivnih Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* pripada otisku $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,69$).

Utvrđeno je da od 60 kombinacija bojilo/karton/lak za svaku seriju otisaka, u seriji P_1B_1 , $P_1B_1L_1$ i $P_1B_1L_2$ ima ukupno 38 otisaka s negativnim Δa^* , 22 otiska s pozitivnim Δa^* vrijednostima, u seriji P_1B_2 , $P_1B_2L_1$ i $P_1B_2L_2$ ima ukupno 31 otisaka s negativnim Δa^* 29 otiska s pozitivnim Δa^* vrijednostima, dok u seriji P_1B_3 , $P_1B_3L_1$ i $P_1B_3L_2$ ima ukupno 14 otisaka s negativnim Δa^* 46 otiska s pozitivnim Δa^* vrijednostima,

Slijedi analiza otisaka na kartonu P_2 , koji u sastavu ima morske alge. Otisci s žutim bojom P_2B_1 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju 11 negativnih Δa^* vrijednosti i 9 pozitivnih

Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P_2B_1 sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,87$).

Otisci s žutim bojilom P_2B_2 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^* vrijednosti izuzev otisaka: P_2B_2 sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 1,84$), i P_2B_2 sa 70 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 1,06$). Najveći negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P_2B_2 sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -1,84$).

Otisci s žutim bojilom P_2B_3 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana imaju samo pozitivne Δa^* vrijednosti.

Otisci s žutim bojilom lakirani $P_2B_1L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δa^* vrijednost. Izuzetak su otisci: $P_2B_1L_1$ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,06$), $P_2B_1L_1$ sa 50 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = 0,09$), $P_2B_1L_1$ sa 30 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = 0,05$), $P_2B_1L_1$ sa 50 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 0,60$), i $P_2B_1L_1$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 0,59$). Najveći negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je $P_2B_1L_1$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -1,34$).

Otisci s žutim bojilom lakirani $P_2B_2L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δa^* vrijednost. Izuzetak su otisci: $P_2B_2L_1$ sa 50 % RTV izlagani 112 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 0,05$) i $P_2B_2L_1$ sa 30 % RTV izlagani 112 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 0,41$). Najveći negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je $P_2B_2L_1$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -2,07$).

Otisci s žutim bojilom lakirani $P_2B_3L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju 6 negativnih Δa^* vrijednosti i 12 pozitivnih Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je $P_2B_3L_1$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,39$).

Otisci s žutim bojilom lakirani s UV sušćim lakom, $P_2B_1L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δa^* vrijednost. Izuzetak su otisci: $P_2B_1L_2$ sa 50 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = 0,01$), $P_2B_1L_2$ sa 30 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = 0,06$),

P₂B₁L₂ sa 50 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 0,54$), i P₂B₁L₂ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 0,97$). Najveći negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₁L₂ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 12 \text{ dana}} = -1,35$).

Otisci s žutim bojom lakirani s UV sušecim lakom, P₂B₂L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δa^* vrijednost. Izuzetak je otisak P₂B₂L₂ sa 30 % RTV izlagan 12 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 0,24$). Najveći negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₂L₂ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,79$).

Otisci s žutim bojom lakirani s UV sušecim lakom, P₂B₃L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju 12 negativnih Δa^* vrijednosti i 8 pozitivnih Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₃L₂ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,82$).

Utvrđeno je da od 60 kombinacija bojilo/karton/lak za svaku seriju otisaka, u seriji P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ ima ukupno 18 otisaka s pozitivnim Δa^* , u seriji P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ ukupno 5 otisaka, dok je u seriji P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ 43 otiska s pozitivnim Δa^* .

Tabela 5.3.2.3.1. Δa^* vrijednosti za otiske 100 % RTV s kombinacijom žutog bojila B₁, B₂ i B₃ na tiskovnim podlogama P₁ i P₂

Vrijeme izlaganja	$\Delta a^*_{P_1 B_1}$	$\Delta a^*_{P_1 B_2}$	$\Delta a^*_{P_1 B_3}$	$\Delta a^*_{P_2 B_1}$	$\Delta a^*_{P_2 B_2}$	$\Delta a^*_{P_2 B_3}$
7 dana	-0,38	0,57	0,03	0,34	-0,54	0,00
112 dan	-2,69	-3,00	-0,86	-0,87	-1,84	0,30

Otisci P₁B₁ i P₂B₂ imaju negativan Δa^* , dok svi ostali otisci izloženi sedmodnevnom zračenju imaju pozitivnu Δa^* vrijednost za otiske 100 % RTV. Otisci svih promatranih kombinacija bojilo/karton izlagane 112 dana imaju negativne Δa^* osim otiska P₂B₃.

Tabela 5.3.2.3.2. Δa^* vrijednosti za kombinacija otisaka s žutim bojilima B₁, B₂ i B₃ na tiskovnim podlogama P₁ i P₂, lakiranih vododisperzivnim lakom L₁, 100 % RTV

Vrijeme izlaganja	$\Delta a^*_{P_1 B_1 L_1}$	$\Delta a^*_{P_1 B_2 L_1}$	$\Delta a^*_{P_1 B_3 L_1}$	$\Delta a^*_{P_2 B_1 L_1}$	$\Delta a^*_{P_2 B_2 L_1}$	$\Delta a^*_{P_2 B_3 L_1}$
7 dana	0,02	-0,33	0,09	-0,05	-0,39	-0,39
112 dan	-2,13	-3,39	-0,69	-1,34	-2,07	-0,28

Otisci $P_1B_1L_1$, $P_1B_3L_1$, imaju pozitivan Δa^* , dok otisci $P_1B_2L_1$, $P_2B_1L_1$, $P_2B_2L_1$ i $P_2B_3L_1$ imaju negativnu Δa^* vrijednost za otiske 100 % RTV izložene sedmodnevnom zračenju. Otisci svih promatranih kombinacija bojilo/karton izlagani 112 dana imaju negativne Δa^* .

Tabela 5.3.2.3.3. Δa^* vrijednosti za kombinaciju otisaka s žutim bojilima B_1 , B_2 i B_3 na tiskovnim podlogama P_1 i P_2 , lakiranih UV sušećim lakom L_2 , 100 % RTV

Vrijeme izlaganja	$\Delta a^*P_1B_1L_2$	$\Delta a^*P_1B_2L_2$	$\Delta a^*P_1B_3L_2$	$\Delta a^*P_2B_1L_2$	$\Delta a^*P_2B_2L_2$	$\Delta a^*P_2B_3L_2$
7 dana	-0,13	-0,21	0,32	-0,08	-0,67	-0,59
112 dana	-2,41	-3,59	-0,69	-1,35	-1,79	-0,82

U ovoj seriji otisaka prevladava negativan Δa^* . Pozitivna Δa^* vrijednost utvrđena je kod otisaka $P_1B_3L_2$ izlaganog 7 dana.

5.3.2.4. Vrijednosti Δa^* za otiske sa crnim bojilima

Otisci sa crnim bojilom P_1B_1 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^* vrijednosti osim otisaka: P_1B_1 100 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = 0,16$) i P_1B_1 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 0,14$). Najveći negativni Δa^* pripada otisku P_1B_1 50 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,49$).

Otisci sa crnim bojilom P_1B_2 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana imaju 9 negativnih Δa^* vrijednosti i 11 pozitivnih Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* pripada otisku P_1B_2 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,43$).

Otisci sa crnim bojilom P_1B_3 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^* vrijednosti osim otisaka P_1B_3 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,04$) i P_1B_3 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,04$). Najveći negativni Δa^* pripada otisku P_1B_3 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,40$).

Otisci sa crnim bojilom lakirani $P_1B_1L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^*

vrijednosti. Najveći negativni Δa^* pripada otisku $P_1B_1L_1$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana (Δa^* 30 % RTV, 112 dana = -0,37).

Otisci sa crnim bojom lakirani $P_1B_2L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju 10 negativnih Δa^* vrijednosti i 10 pozitivnih Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* pripada otisku $P_1B_2L_1$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana (Δa^* 30 % RTV, 112 dana = -0,37).

Otisci sa crnim bojom lakirani $P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju 14 negativnih Δa^* vrijednosti i 6 pozitivnih Δa^* vrijednosti.. Najveći negativni Δa^* pripada otisku $P_1B_3L_1$ sa 30 % RTV izlagan 28 dana (Δa^* 30 % RTV, 28 dana = -0,38).

Otisci sa crnim bojom lakirani UV lakom $P_1B_1L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* pripada otisku $P_1B_1L_2$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana (Δa^* 30 % RTV, 112 dana = -0,29).

Otisci sa crnim bojom lakirani UV lakom $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju 12 negativnih Δa^* vrijednosti i 8 pozitivnih Δa^* vrijednosti.. Najveći negativni Δa^* pripada otisku $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana (Δa^* 100 % RTV, 7 dana = -0,67).

Otisci sa crnim bojom lakirani UV lakom $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^* vrijednosti, osim otisaka: $P_1B_3L_2$ sa 70 % RTV izlagan 7 dana (Δa^* 70 % RTV, 7 dana = 0,01), $P_1B_3L_2$ sa 50 % RTV izlagan 7 dana (Δa^* 50 % RTV, 7 dana = 0,06), i $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana (Δa^* 100 % RTV, 112 dana = 0,09). Najveći negativni Δa^* pripada otisku $P_1B_3L_2$ sa 30 % RTV izlagan 14 dana (Δa^* 30 % RTV, 14 dana = -0,29).

Utvrđeno je da od 60 kombinacija bojilo/karton/lak za svaku seriju otisaka, u seriji P_1B_1 , $P_1B_1L_1$ i $P_1B_1L_2$ ima ukupno 58 otisaka s negativnim Δa^* i 2 otiska s pozitivnim Δa^* vrijednostima, u seriji P_1B_2 , $P_1B_2L_1$ i $P_1B_2L_2$ ima ukupno 31 otisaka s negativnim Δa^* i 29 otisaka s pozitivnim Δa^* vrijednostima, dok u seriji P_1B_3 , $P_1B_3L_1$ i $P_1B_3L_2$ ima ukupno 49 otisaka s negativnim Δa^* i 11 otisaka s pozitivnim Δa^* vrijednostima,

Slijedi analiza otisaka na kartonu P₂, koji u sastavu ima morske alge. Otisci sa crnim bojom P₂B₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju 15 negativnih Δa^* vrijednosti i 5 pozitivnih Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₁ sa 30 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,39$).

Otisci sa crnim bojom P₂B₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₂ sa 30 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = -0,49$).

Otisci sa crnim bojom P₂B₃ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana imaju 8 negativnih Δa^* vrijednosti i 12 pozitivnih Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₃ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,30$).

Otisci sa crnim bojom lakirani P₂B₁L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δa^* vrijednost. Izuzetak je otisak P₂B₁L₁ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,03$). Najveći negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₁L₁ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,45$).

Otisci sa crnim bojom lakirani P₂B₂L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δa^* vrijednost. Izuzetak je otisak P₂B₂L₁ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,03$). Najveći negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₂L₁ sa 50 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = -0,44$).

Otisci sa crnim bojom lakirani P₂B₃L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju 15 negativnih Δa^* vrijednosti i 5 pozitivnih Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₃L₁ sa 50 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,52$).

Otisci sa crnim bojom lakirani s UV sušecim lakom, P₂B₁L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δa^* vrijednost. Izuzetak su otisci: P₂B₁L₂ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,48$), P₂B₁L₂ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} =$

0,20), P₂B₁L₂ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,19$), P₂B₁L₂ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,13$), P₂B₁L₂ sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,32$), P₂B₁L₂ sa 70 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,05$) i P₂B₁L₂ sa 100 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = 0,08$). Najveći negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₁L₂ sa 50 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{50\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,27$).

Otisci sa crnim bojom lakirani s UV sušećim lakom P₂B₂L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju 7 negativnih Δa^* vrijednosti i 13 pozitivnih Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₂L₂ sa 30 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta a^*_{30\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = -0,14$).

Otisci sa crnim bojom lakirani s UV sušećim lakom P₂B₃L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana imaju negativne Δa^* vrijednosti. Najveći negativni Δa^* za ovu seriju otisaka je P₂B₃L₂ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta a^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,71$).

Utvrđeno je da od 60 kombinacija bojilo/karton/lak za svaku seriju otisaka, u seriji P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ ima ukupno 13 otisaka s pozitivnim Δa^* , u seriji P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ ukupno 14 otisaka, dok je u seriji P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ 17 otisaka s pozitivnim Δa^*

Tabela 5.3.2.4.1. Δa^* vrijednosti za otiske s kombinacijom crnog bojila B₁, B₂ i B₃ na tiskovnim podlogama P₁ i P₂ za 100 % RTV

Vrijeme izlaganja	$\Delta a^*_{P_1B_1}$	$\Delta a^*_{P_1B_2}$	$\Delta a^*_{P_1B_3}$	$\Delta a^*_{P_2B_1}$	$\Delta a^*_{P_2B_2}$	$\Delta a^*_{P_2B_3}$
7 dana	-0,11	-0,43	-0,17	0,26	-0,28	0,17
112 dan	0,14	-0,32	-0,08	-0,27	-0,24	-0,22

Otisci P₂B₁ i P₂B₃ imaju pozitivan Δa^* , dok svi ostali otisci izloženi sedmodnevnom zračenju imaju negativnu Δa^* vrijednost za otiske 100 % RTV. Otisci svih promatranih kombinacija bojilo/karton izlagane 112 dana imaju negativne Δa^* osim otiska P₁B₁.

Tabela 5.3.2.4.2. Δa^* vrijednosti za kombinaciju otisaka sa crnim bojilima B₁, B₂ i B₃ na tiskovnim podlogama P₁ i P₂, lakiranih vododisperzivnim lakom L₁, 100 % RTV

Vrijeme izlaganja	$\Delta a^*_{P_1B_1L_1}$	$\Delta a^*_{P_1B_2L_1}$	$\Delta a^*_{P_1B_3L_1}$	$\Delta a^*_{P_2B_1L_1}$	$\Delta a^*_{P_2B_2L_1}$	$\Delta a^*_{P_2B_3L_1}$
7 dana	-0,16	0,15	0,32	-0,01	0,03	0,19
112 dan	-0,10	0,15	0,29	-0,07	-0,14	-0,12

Otisci $P_1B_1L_1$, $P_2B_1L_1$, imaju negativan Δa^* , dok otisci $P_1B_2L_1$, $P_1B_3L_1$, $P_2B_2L_1$ i $P_2B_3L_1$ imaju pozitivnu Δa^* vrijednost za otiske 100 % RTV izložene sedmodnevnom zračenju. Otisci svih promatranih kombinacija bojilo/karton izlagane 112 dana imaju negativne Δa^* osim otisaka $P_1B_2L_1$ i $P_1B_3L_1$.

Tabela 5.3.2.4.3. Δa^* vrijednosti za kombinaciju otisaka sa crnim bojilima B_1 , B_2 i B_3 na tiskovnim podlogama P_1 i P_2 , lakiranih UV sušećim lakom L_2 , 100 % RTV

Vrijeme izlaganja	$\Delta a^*P_1B_1L_2$	$\Delta a^*P_1B_2L_2$	$\Delta a^*P_1B_3L_2$	$\Delta a^*P_2B_1L_2$	$\Delta a^*P_2B_2L_2$	$\Delta a^*P_2B_3L_2$
7 dana	-0,21	-0,67	-0,04	0,48	-0,03	-0,46
112 dana	-0,04	0,07	0,09	-0,21	0,09	-0,71

U seriji otisaka izlaganih sedmodnevnom zračenju prevladava negativan Δa^* osim kod otiska $P_2B_1L_2$. Pozitivna Δa^* vrijednost utvrđena je i kod otisaka $P_1B_2L_2$, $P_1B_3L_2$ i $P_2B_2L_2$ izlaganih 112 dana.

5.3.3. Vrijednosti Δb^* za otiske separacija CMYK bojila B_1 , B_2 i B_3 , u kombinaciji s kartonima P_1 i P_2 , te lakovima L_1 i L_2 u odnosu na RTV i dinamiku izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

Kako je već prije rečeno, jedna od definiranih osi u CIELAB prostoru boja je b kromatska os. Ta kromatska os ima orijentaciju žuto – plavo. Pozitivna b os je u pravcu žutog stimulusa, a negativna b os usmjerena je u pravcu plavog stimulusa. Vrijednost Δb^* je razlika b^* vrijednosti izlaganog otiska umanjenog za b^* vrijednost ne izlaganog.

5.3.3.1. Vrijednosti Δb^* za otiske s cijan bojilima

Otisci s cijan bojilom P_1B_1 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti. Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku P_1B_1 30 % RTV izlagan 112 dana (Δb^* 30 % RTV, 112 dana = 4,18).

Otisci s cijan bojilom P_1B_2 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti, izuzev otisaka: P_1B_2 sa 100 % RTV izlagan 7 dana (Δb^* 100 % RTV, 7 dana = -0,62), P_1B_2 sa 70 %

RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,21$), P_1B_2 sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,10$), P_1B_2 sa 50 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,28$), P_1B_2 sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,37$) i P_1B_2 sa 100 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = -0,47$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku P_1B_2 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,79$).

Otisci s cijan bojom P_1B_3 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti osim otiska P_1B_3 sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,15$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku P_1B_3 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 4,36$).

Otisci s cijan bojom lakirani $P_1B_1L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti osim otiska $P_1B_1L_1$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,06$) i $P_1B_1L_1$ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,04$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_1L_1$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,47$).

Otisci s cijan bojom lakirani $P_1B_2L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti osim $P_1B_2L_1$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,39$), $P_1B_2L_1$ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,04$), $P_1B_2L_1$ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,07$), $P_1B_2L_1$ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,51$), $P_1B_2L_1$ sa 70 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,08$), $P_1B_2L_1$ sa 30 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,03$) i $P_1B_2L_1$ sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,56$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_2L_1$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,75$).

Otisci s cijan bojom lakirani $P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednost osim otiska $P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,39$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_3L_1$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,37$).

Otisci s cijan bojom lakirani UV lakom $P_1B_1L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednost osim $P_1B_1L_2$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,34$),

$P_1B_1L_2$ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,52$), $P_1B_1L_2$ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,06$), $P_1B_1L_2$ sa 70 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,11$), sa 70 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,20$), $P_1B_1L_2$ sa 100 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = -0,51$) i $P_1B_1L_2$ sa 70 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = -0,91$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_1L_2$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,29$).

Otisci s cijan bojom lakirani UV lakom $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti osim $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,53$), $P_1B_2L_2$ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,01$), $P_1B_2L_2$ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,03$), $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,10$), sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,17$) i $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = -0,31$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_2L_2$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 2,85$).

Otisci s cijan bojom lakirani UV lakom $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti osim otisaka $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,60$), $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,40$) i $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = -0,54$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,46$).

Utvrđeno je da od 60 kombinacija bojilo/karton/lak za svaku seriju otisaka, u seriji P_1B_1 , $P_1B_1L_1$ i $P_1B_1L_2$ ima ukupno 9 otisaka s negativnim Δb^* , u seriji P_1B_2 , $P_1B_2L_1$ i $P_1B_2L_2$ ukupno 19 otisaka s negativnim vrijednostima, dok u seriji P_1B_3 , $P_1B_3L_1$ i $P_1B_3L_2$ ima ukupno 6 otisaka s negativnim Δb^* .

Slijedi analiza otisaka na kartonu P_2 , koji u sastavu ima morske alge. Otisci s cijan bojom P_2B_1 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti, izuzev otisaka: P_2B_1 sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -1,15$), P_2B_1 sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,98$), P_2B_1 sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,08$), P_2B_1 sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,83$), P_2B_1 sa 70 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,16$), P_2B_1 sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -1,16$), P_2B_1 sa 70 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,04$).

Najveći Δb^* za ovu seriju otisaka je P_2B_1 sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 4,51$).

Otisci s cijan bojom P_2B_2 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti izuzev otisaka: P_2B_2 sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,42$), P_2B_2 sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,29$), P_2B_2 sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,19$). Najveći pozitivni Δb^* za ovu seriju otisaka je P_2B_2 sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,28$).

Otisci s cijan bojom P_2B_3 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti izuzev otisaka: P_2B_3 sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,36$), P_2B_3 sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,31$), P_2B_3 sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,14$), P_2B_3 sa 100 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = -0,04$). Najveći pozitivni Δb^* za ovu seriju otisaka je P_2B_3 sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 4,82$).

5.3.3.2. Vrijednosti Δb^* za otiske s magenta bojilima

Otisci s magenta bojom P_1B_1 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti izuzev otisaka: P_1B_1 sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,92$), P_1B_1 sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,27$), P_1B_1 sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,65$), P_1B_1 sa 100 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = -0,78$), P_1B_1 sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,78$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku P_1B_1 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 4,15$).

Otisci s magenta bojom P_1B_2 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti, izuzev otisaka: P_1B_2 sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,14$), P_1B_2 sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,31$), P_1B_2 sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,76$), P_1B_2 sa 100 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = -0,18$), P_1B_2 sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,09$).

Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku P_1B_2 30 % RTV izlagan 112 dana (Δb^* 30 % RTV, 112 dana = 4,80).

Otisci s magenta bojiлом P_1B_3 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti osim otiska: P_1B_3 sa 100 % RTV izlagan 7 dana (Δb^* 100 % RTV, 7 dana = -0,31), P_1B_3 sa 100 % RTV izlagan 14 dana (Δb^* 100 % RTV, 14 dana = -0,85), P_1B_3 sa 100 % RTV izlagan 28 dana (Δb^* 100 % RTV, 28 dana = -0,72), P_1B_3 sa 100 % RTV izlagan 56 dana (Δb^* 100 % RTV, 56 dana = -1,04), P_1B_3 sa 100 % RTV izlagan 112 dana (Δb^* 100 % RTV, 112 dana = -0,98). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku P_1B_3 30 % RTV izlagan 112 dana (Δb^* 30 % RTV, 112 dana = 3,75).

Otisci s magenta bojiлом lakirani $P_1B_1L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti osim otiska: $P_1B_1L_1$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana (Δb^* 100 % RTV, 7 dana = -0,08), $P_1B_1L_1$ sa 100 % RTV izlagan 14 dana (Δb^* 100 % RTV, 14 dana = -0,24), $P_1B_1L_1$ sa 100 % RTV izlagan 28 dana (Δb^* 100 % RTV, 28 dana = -0,78), $P_1B_1L_1$ sa 100 % RTV izlagan 56 dana (Δb^* 100 % RTV, 56 dana = -0,20) i $P_1B_1L_1$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana (Δb^* 100 % RTV, 112 dana = -1,07). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_1L_1$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana (Δb^* 30 % RTV, 112 dana = 2,28).

Otisci s magenta bojiлом lakirani $P_1B_2L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti osim: $P_1B_2L_1$ sa 70 % RTV izlagan 7 dana (Δb^* 70 % RTV, 7 dana = -0,17), $P_1B_2L_1$ sa 100 % RTV izlagan 14 dana (Δb^* 100 % RTV, 14 dana = -0,08), $P_1B_2L_1$ sa 70 % RTV izlagan 14 dana (Δb^* 70 % RTV, 14 dana = -0,14), $P_1B_2L_1$ sa 100 % RTV izlagan 28 dana (Δb^* 100 % RTV, 28 dana = -0,82), $P_1B_2L_1$ sa 100 % RTV izlagan 56 dana (Δb^* 100 % RTV, 56 dana = -0,86) i $P_1B_2L_1$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana (Δb^* 100 % RTV, 112 dana = -0,27). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_2L_1$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana (Δb^* 30 % RTV, 112 dana = 3,79).

Otisci s magenta bojiлом lakirani $P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednost osim otiska: $P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana (Δb^* 100 % RTV, 7 dana = -0,53), $P_1B_3L_1$ sa 70 % RTV izlagan 7 dana (Δb^* 70 % RTV, 7 dana = -0,05), $P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV izlagan 14 dana (Δb^* 100 % RTV, 14 dana = -0,39), $P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV izlagan 28 dana (Δb^* 100 % RTV, 28 dana = -0,93), $P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV izlagan 56 dana (Δb^* 100 % RTV, 56 dana = -1,02) i

$P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -1,34$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_3L_1$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,35$).

Otisci s magenta bojiлом lakirani UV lakom $P_1B_1L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednost osim: $P_1B_1L_2$ sa 100 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = -0,34$) i $P_1B_1L_2$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,20$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_1L_2$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,82$).

Otisci s magenta bojiлом lakirani UV lakom $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednost osim: $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,90$), $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,48$), $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,73$), $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = -1,02$) i $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = -0,56$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_2L_2$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,72$).

Otisci s magenta bojiлом lakirani UV lakom $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti osim otisaka: $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,67$), $P_1B_3L_2$ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,18$), $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,39$), $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,90$), $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = -0,91$) i $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -1,04$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,75$).

Utvrđeno je da od 60 kombinacija bojilo/karton/lak za svaku seriju otisaka, u seriji P_1B_1 , $P_1B_1L_1$ i $P_1B_1L_2$ ima ukupno 12 otisaka s negativnim Δb^* , u seriji P_1B_2 , $P_1B_2L_1$ i $P_1B_2L_2$ ukupno 16 otisaka s negativnim vrijednostima, dok u seriji P_1B_3 , $P_1B_3L_1$ i $P_1B_3L_2$ ima ukupno 17 otisaka s negativnim Δb^* .

Slijedi analiza otisaka na kartonu P_2 , koji u sastavu ima morske alge. Otisci s magenta bojiлом P_2B_1 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz

prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti, izuzev otiska P₂B₁ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,17$). Najveći pozitivni Δb^* za ovu seriju otisaka je P₂B₁ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 5,66$).

Otisci s magenta bojilom P₂B₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti. Najveći pozitivni Δb^* za ovu seriju otisaka je P₂B₂ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 4,45$).

Otisci s magenta bojilom P₂B₃ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti izuzev otisaka: P₂B₃ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,66$) i P₂B₃ sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,41$). Najveći pozitivni Δb^* za ovu seriju otisaka je P₂B₃ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 5,93$).

Otisci s magenta bojilom lakirani P₂B₁L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti. Izuzetak su otisci: P₂B₁L₁ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,42$) i P₂B₁L₁ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,02$). Najveći pozitivni Δb^* za ovu seriju otisaka je P₂B₁L₁ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 5,83$).

Otisci s magenta bojilom lakirani P₂B₂L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti. Najveći pozitivni Δb^* za ovu seriju otisaka je P₂B₂L₁ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 4,82$).

Otisci s magenta bojilom lakirani P₂B₃L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednost. Izuzetak su otisci: P₂B₃L₁ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,20$), P₂B₃L₁ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,49$) i P₂B₃L₁ sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,18$). Najveći pozitivni Δb^* za ovu seriju otisaka je P₂B₃L₁ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 5,91$).

Otisci s magenta bojilom lakirani s UV sušećim lakom, P₂B₁L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivnu Δb^* vrijednost. Izuzetak su otisci: P₂B₁L₂ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -1,08$), P₂B₁L₂ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -1,11$),

P₂B₁L₂ sa 50 % RTV izlagan 7 dana (Δb^* 50 % RTV, 7 dana = -0,59), P₂B₁L₂ sa 30 % RTV izlagan 7 dana (Δb^* 30 % RTV, 7 dana = -0,68), P₂B₁L₂ sa 100 % RTV izlagan 14 dana (Δb^* 100 % RTV, 14 dana = -0,68), P₂B₁L₂ sa 70 % RTV izlagan 14 dana (Δb^* 70 % RTV, 14 dana = -0,71), P₂B₁L₂ sa 50 % RTV izlagan 14 dana (Δb^* 50 % RTV, 14 dana = -0,39), P₂B₁L₂ sa 100 % RTV izlagan 28 dana (Δb^* 100 % RTV, 28 dana = -0,50), P₂B₁L₂ sa 70 % RTV izlagan 28 dana (Δb^* 70 % RTV, 28 dana = -0,78) i P₂B₁L₂ sa 100 % RTV izlagan 56 dana (Δb^* 100 % RTV, 56 dana = -0,11). Najveći pozitivni Δb^* za ovu seriju otisaka je P₂B₁L₂ sa 100 % RTV izlagan 112 dana (Δb^* 100 % RTV, 112 dana = 4,57).

Otisci s magenta bojom lakirani s UV sušućim lakom, P₂B₂L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivnu Δb^* vrijednost. Izuzetak su otisci: P₂B₂L₂ sa 100 % RTV izlagan 7 dana (Δb^* 100 % RTV, 7 dana = -1,24), P₂B₂L₂ sa 70 % RTV izlagan 7 dana (Δb^* 70 % RTV, 7 dana = -0,33), P₂B₂L₂ sa 50 % RTV izlagan 7 dana (Δb^* 50 % RTV, 7 dana = -0,54), P₂B₂L₂ sa 30 % RTV izlagan 7 dana (Δb^* 30 % RTV, 7 dana = -0,21), P₂B₂L₂ sa 100 % RTV izlagan 14 dana (Δb^* 100 % RTV, 14 dana = -0,71), P₂B₂L₂ sa 70 % RTV izlagan 14 dana (Δb^* 70 % RTV, 14 dana = -0,37), P₂B₂L₂ sa 50 % RTV izlagan 14 dana (Δb^* 50 % RTV, 14 dana = -0,30), P₂B₂L₂ sa 30 % RTV izlagan 14 dana (Δb^* 30 % RTV, 14 dana = -0,16), P₂B₂L₂ sa 100 % RTV izlagan 28 dana (Δb^* 100 % RTV, 28 dana = -0,68), P₂B₂L₂ sa 100 % RTV izlagan 56 dana (Δb^* 100 % RTV, 56 dana = -0,49) i P₂B₂L₂ sa 100 % RTV izlagan 112 dana (Δb^* 100 % RTV, 112 dana = -0,31). Najveći pozitivni Δb^* za ovu seriju otisaka je P₂B₂L₂ sa 100 % RTV izlagan 112 dana (Δb^* 100 % RTV, 112 dana = 2,57).

Otisci s magenta bojom lakirani s UV sušućim lakom, P₂B₃L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δb^* vrijednost. Izuzetak su otisci: P₂B₃L₂ sa 50 % RTV izlagan 56 dana (Δb^* 50 % RTV, 56 dana = 0,02), P₂B₃L₂ sa 30 % RTV izlagan 56 dana (Δb^* 30 % RTV, 56 dana = 0,68), P₂B₃L₂ sa 70 % RTV izlagan 112 dana (Δb^* 70 % RTV, 112 dana = 0,90), P₂B₃L₂ sa 50 % RTV izlagan 112 dana (Δb^* 50 % RTV, 112 dana = 2,49) i P₂B₃L₂ sa 30 % RTV izlagan 112 dana (Δb^* 30 % RTV, 112 dana = 2,85). Najveći negativni Δb^* za ovu seriju otisaka je P₂B₃L₂ sa 100 % RTV izlagan 7 dana (Δb^* 100 % RTV, 7 dana = -3,02).

Utvrđeno je da od 60 kombinacija bojilo/karton/lak za svaku seriju otisaka, u seriji P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ ima ukupno 13 otisaka s negativnim Δb^* , u seriji P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ ukupno 11 otisaka, dok je u seriji P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ 20 otisaka s negativnim Δb^* .

Tabela 5.3.3.2.1. Δb^* vrijednosti za otiske s kombinacijom magenta bojila B₁, B₂ i B₃ na tiskovnim podlogama P₁ i P₂ za 100 % RTV

Vrijeme izlaganja	$\Delta b^* P_1 B_1$	$\Delta b^* P_1 B_2$	$\Delta b^* P_1 B_3$	$\Delta b^* P_2 B_1$	$\Delta b^* P_2 B_2$	$\Delta b^* P_2 B_3$
7 dana	-0,92	-0,14	-0,31	0,14	0,80	0,06
112 dan	-0,78	-0,09	-0,98	2,52	1,64	2,26

Svi otisci na podlozi P₁ imaju negativan Δb^* , dok otisci na podlozi P₂ imaju pozitivnu Δb^* vrijednost za otiske 100 % RTV.

Tabela 5.3.3.2.2. Δb^* vrijednosti za kombinaciju otisaka s magenta bojilima B₁, B₂ i B₃ na tiskovnim podlogama P₁ i P₂, lakiranih vododisperzivnim lakom L₁, 100 % RTV

Vrijeme izlaganja	$\Delta b^* P_1 B_1 L_1$	$\Delta b^* P_1 B_2 L_1$	$\Delta b^* P_1 B_3 L_1$	$\Delta b^* P_2 B_1 L_1$	$\Delta b^* P_2 B_2 L_1$	$\Delta b^* P_2 B_3 L_1$
7 dana	-0,08	0,16	-0,53	0,24	0,05	-0,20
112 dan	-1,07	-0,27	-1,34	2,17	1,47	2,42

Otisci P₁B₂L₁, P₂B₁L₁ i P₂B₂L₁ imaju pozitivan Δb^* , dok svi ostali otisci imaju negativnu Δb^* vrijednost za otiske 100 % RTV izložene sedmodnevnom zračenju. Otisci svih promatranih kombinacija bojilo/karton izlagane 112 dana imaju pozitivne Δb^* vrijednosti na podlozi P₂ dok na podlozi P₁ imaju negativne Δb^* vrijednosti.

Tabela 5.3.3.2.3. Δb^* vrijednosti za kombinaciju otisaka s magenta bojilima B₁, B₂ i B₃ na tiskovnim podlogama P₁ i P₂, lakiranih UV sušćim lakom L₂, 100 % RTV

Vrijeme izlaganja	$\Delta b^* P_1 B_1 L_2$	$\Delta b^* P_1 B_2 L_2$	$\Delta b^* P_1 B_3 L_2$	$\Delta b^* P_2 B_1 L_2$	$\Delta b^* P_2 B_2 L_2$	$\Delta b^* P_2 B_3 L_2$
7 dana	0,55	-0,90	-0,67	-1,08	-1,24	-3,02
112 dana	-0,20	-0,56	-1,04	1,49	-0,31	-0,91

U ovoj seriji otisaka prevladava negativan Δb^* . Pozitivne Δb^* vrijednosti utvrđene su kod otisaka P₁B₁L₂ izlaganih 7 dana.

5.3.3.3. Vrijednosti Δb^* za otiske s žutim bojilima

Otisci s žutim bojilom P₁B₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δb^* vrijednosti

izuzev otisaka: P₁B₁ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,19$), P₁B₁ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,22$) i P₁B₁ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,14$). Najveći negativni Δb^* pripada otisku P₁B₁ 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -51,31$).

Otisci s žutim bojilom P₁B₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δb^* vrijednosti, izuzev otisaka: P₁B₂ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,44$), P₁B₂ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,15$), P₁B₂ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,57$), P₁B₂ sa 70 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,10$) i P₁B₂ sa 30 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,41$). Najveći negativni Δb^* pripada otisku P₁B₂ 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -56,09$).

Otisci s žutim bojilom P₁B₃ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δb^* vrijednosti osim otiska P₁B₃ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,21$). Najveći negativni Δb^* pripada otisku P₁B₃ 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -51,31$).

Otisci s žutim bojilom lakirani P₁B₁L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δb^* vrijednosti osim otiska: P₁B₁L₁ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,21$), P₁B₁L₁ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,22$) i P₁B₁L₁ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,11$). Najveći negativni Δb^* pripada otisku P₁B₁L₁ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -49,24$).

Otisci s žutim bojilom lakirani P₁B₂L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δb^* vrijednosti osim: P₁B₂L₁ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,67$), P₁B₂L₁ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,27$), P₁B₂L₁ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,25$), P₁B₂L₁ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,14$), P₁B₂L₁ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,38$) i P₁B₂L₁ sa 70 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,05$). Najveći negativni Δb^* pripada otisku P₁B₂L₁ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -55,96$).

Otisci s žutim bojilom P₁B₃L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, lakirani, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δb^*

vrijednost osim otiska: $P_1B_3L_1$ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 10,08$), $P_1B_3L_1$ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,03$), $P_1B_3L_1$ sa 70 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 10,19$), $P_1B_3L_1$ sa 30 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,25$), i $P_1B_3L_1$ sa 70 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 4,44$). Najveći negativni Δb^* pripada otisku $P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -53,49$).

Otisci s žutim bojom lakirani UV lakom $P_1B_1L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δb^* vrijednost osim: $P_1B_1L_2$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,33$), $P_1B_1L_2$ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,17$), $P_1B_1L_2$ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,38$) i $P_1B_1L_2$ sa 70 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,01$). Najveći negativni Δb^* pripada otisku $P_1B_1L_2$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -40,57$).

Otisci s žutim bojom lakirani UV lakom $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δb^* vrijednost osim: $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,15$), $P_1B_2L_2$ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,28$) i $P_1B_2L_2$ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,06$). Najveći negativni Δb^* pripada otisku $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -46,74$).

Otisci s žutim bojom lakirani UV lakom $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δb^* vrijednosti osim otisaka: $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,24$), $P_1B_3L_2$ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,09$), $P_1B_3L_2$ sa 70 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,55$) i $P_1B_3L_2$ sa 30 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,12$). Najveći negativni Δb^* pripada otisku $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -41,54$).

Utvrđeno je da od 60 kombinacija bojilo/karton/lak za svaku seriju otisaka, u seriji P_1B_1 , $P_1B_1L_1$ i $P_1B_1L_2$ ima ukupno 10 otisaka s pozitivnih Δb^* , u seriji P_1B_2 , $P_1B_2L_1$ i $P_1B_2L_2$ ukupno 14 otisaka s pozitivnim vrijednostima, dok u seriji P_1B_3 , $P_1B_3L_1$ i $P_1B_3L_2$ ima ukupno 10 otisaka s pozitivnim Δb^* .

Slijedi analiza otisaka na kartonu P₂, koji u sastavu ima morske alge. Otisci s žutim bojilom P₂B₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δb^* vrijednosti, izuzev otiska: P₂B₁ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,93$), P₂B₁ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,01$), P₂B₁ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 1,15$), P₂B₁ sa 70 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 1,09$), P₂B₁ sa 50 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,45$), P₂B₁ sa 30 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,79$), P₂B₁ sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,06$), P₂B₁ sa 50 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,16$) i P₂B₁ sa 30 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,10$). Najveći negativni Δb^* za ovu seriju otisaka je P₂B₁ sa 70 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -16,28$).

Otisci s žutim bojilom P₂B₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δb^* vrijednosti, osim otisaka: P₂B₂ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 1,29$), P₂B₂ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,07$), P₂B₂ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,87$), P₂B₂ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,55$), P₂B₂ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 1,37$), P₂B₂ sa 70 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,06$), P₂B₂ sa 50 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,54$), P₂B₂ sa 30 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,20$) i P₂B₂ sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,81$). Najveći negativni Δb^* za ovu seriju otisaka je P₂B₂ sa 50 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -12,67$).

Otisci s žutim bojilom P₂B₃ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δb^* vrijednosti izuzev otisaka: P₂B₃ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,36$) i P₂B₃ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,95$). Najveći negativni Δb^* za ovu seriju otisaka je P₂B₃ sa 70 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -20,13$).

Otisci s žutim bojilom lakirani P₂B₁L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δb^* vrijednosti. Izuzetak su otisci: P₂B₁L₁ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,76$), P₂B₁L₁ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 1,42$), P₂B₁L₁ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,98$), P₂B₁L₁ sa 70 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 1,23$), P₂B₁L₁ sa 50 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,27$), P₂B₁L₁ sa

30 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,78$), $P_2B_1L_1$ sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,76$), $P_2B_1L_1$ sa 70 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,62$) i $P_2B_1L_1$ sa 30 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,90$). Najveći negativni Δb^* za ovu seriju otisaka je $P_2B_1L_1$ sa 70 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -15,25$).

Otisci s žutim bojiлом lakirani $P_2B_2L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δb^* vrijednosti, osim otisaka: $P_2B_2L_1$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 1,91$), $P_2B_2L_1$ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,95$), $P_2B_2L_1$ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 1,26$), $P_2B_2L_1$ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 1,06$), $P_2B_2L_1$ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,87$), $P_2B_2L_1$ sa 70 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,19$), $P_2B_2L_1$ sa 50 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,66$), $P_2B_2L_1$ sa 30 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,88$) i $P_2B_2L_1$ sa 30 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,15$). Najveći negativni Δb^* za ovu seriju otisaka je $P_2B_2L_1$ sa 50 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -11,55$).

Otisci s žutim bojiлом lakirani $P_2B_3L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativne Δb^* vrijednost. Izuzetak su otisci: $P_2B_3L_1$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,05$), $P_2B_3L_1$ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,16$), $P_2B_3L_1$ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,13$), $P_2B_3L_1$ sa 50 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,23$) i $P_2B_3L_1$ sa 30 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,26$). Najveći negativni Δb^* za ovu seriju otisaka je $P_2B_3L_1$ sa 70 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -20,89$).

Otisci s žutim bojiлом lakirani s UV sušćim lakom, $P_2B_1L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δb^* vrijednost. Izuzetak su otisci: $P_2B_1L_2$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 2,12$), $P_2B_1L_2$ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 1,27$), $P_2B_1L_2$ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,41$), $P_2B_1L_2$ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,55$), $P_2B_1L_2$ sa 70 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,52$), $P_2B_1L_2$ sa 50 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 2,02$), $P_2B_1L_2$ sa 30 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,68$), $P_2B_1L_2$ sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,18$), $P_2B_1L_2$ sa 50 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 1,05$) i $P_2B_1L_2$

sa 30 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,04$). Najveći negativni Δb^* za ovu seriju otisaka je $P_2B_1L_2$ sa 50 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -14,97$).

Otisci s žutim bojilom lakirani s UV sušćim lakom, $P_2B_2L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δb^* vrijednost. Izuzetak su otisci: $P_2B_2L_2$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,49$), $P_2B_2L_2$ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,57$), $P_2B_2L_2$ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,64$), $P_2B_2L_2$ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,47$) i $P_2B_2L_2$ sa 70 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = 0,54$). Najveći negativni Δb^* za ovu seriju otisaka je $P_2B_2L_2$ sa 50 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -8,97$).

Otisci s žutim bojilom lakirani s UV sušćim lakom, $P_2B_3L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δb^* vrijednost. Izuzetak je otisak $P_2B_3L_2$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,20$). Najveći negativni Δb^* za ovu seriju otisaka je $P_2B_3L_2$ sa 70 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -22,19$). Utvrđeno je da od 60 kombinacija bojilo/karton/lak za svaku seriju otisaka, u seriji P_2B_1 , $P_2B_1L_1$ i $P_2B_1L_2$ ima ukupno 28 otisaka s pozitivnim Δb^* , u seriji P_2B_2 , $P_2B_2L_1$ i $P_2B_2L_2$ ukupno 23 otisaka, dok je u seriji P_2B_3 , $P_2B_3L_1$ i $P_2B_3L_2$ 8 otisaka s pozitivnim Δb^* .

Tabela 5.3.3.3.1. Δb^* vrijednosti za otiske 100 % RTV s kombinacijom žutog bojila B_1 , B_2 i B_3 na tiskovnim podlogama P_1 i P_2

Vrijeme izlaganja	$\Delta b^*_{P_1B_1}$	$\Delta b^*_{P_1B_2}$	$\Delta b^*_{P_1B_3}$	$\Delta b^*_{P_2B_1}$	$\Delta b^*_{P_2B_2}$	$\Delta b^*_{P_2B_3}$
7 dana	-0,31	-0,75	0,21	0,93	1,29	-1,38
112 dan	-51,31	-56,09	-51,31	-14,29	-6,22	-17,42

Otisci P_1B_1 , P_1B_2 i P_2B_3 imaju negativan Δb^* , dok otisci P_1B_3 , P_2B_1 i P_2B_2 imaju pozitivnu Δb^* vrijednost za otiske 100 % RTV. Otisci svih promatranih kombinacija bojilo/karton izlagane 112 dana imaju negativne Δb^* vrijednosti.

Tabela 5.3.3.3.2. Δb^* vrijednosti za kombinaciju otisaka 100 % RTV s žutim bojilima B_1 , B_2 i B_3 na tiskovnim podlogama P_1 i P_2 , lakiranih vododisperzivnim lakom L_1

Vrijeme izlaganja	$\Delta b^*_{P_1B_1L_1}$	$\Delta b^*_{P_1B_2L_1}$	$\Delta b^*_{P_1B_3L_1}$	$\Delta b^*_{P_2B_1L_1}$	$\Delta b^*_{P_2B_2L_1}$	$\Delta b^*_{P_2B_3L_1}$
7 dana	-0,11	0,67	-1,03	0,76	1,91	0,05
112 dan	-49,24	-55,96	-53,49	-13,20	-7,19	-19,90

Otisci $P_1B_1L_1$ i $P_1B_3L_1$ imaju negativan Δb^* , dok svi ostali otisci imaju pozitivnu Δb^* vrijednost za otiske 100 % RTV izložene sedmodnevnom zračenju. Otisci svih promatranih kombinacija bojilo/karton izlagane 112 dana imaju negativne Δb^* vrijednosti.

Tabela 5.3.3.3.4. Δb^* vrijednosti za kombinaciju otisaka 100 % RTV s žutim bojilima B_1, B_2 i B_3 na tiskovnim podlogama P_1 i P_2 , lakiranih UV sušećim lakom L_2

Vrijeme izlaganja	$\Delta b^* P_1B_1L_2$	$\Delta b^* P_1B_2L_2$	$\Delta b^* P_1B_3L_2$	$\Delta b^* P_2B_1L_2$	$\Delta b^* P_2B_2L_2$	$\Delta b^* P_2B_3L_2$
7 dana	0,33	0,15	0,24	2,12	0,49	0,20
112 dana	-40,57	-46,74	-41,54	-12,97	-6,29	-19,77

Svi otisci imaju pozitivnu Δb^* vrijednost za otiske 100 % RTV izložene sedmodnevnom zračenju. Otisci svih promatranih kombinacija bojilo/karton izlagane 112 dana imaju negativne Δb^* vrijednosti.

5.3.3.4. Vrijednosti Δb^* za otiske s crnim bojilima

Otisci s crnim bojilom P_1B_1 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti izuzev otisaka. Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku P_1B_130 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,07$).

Otisci s crnim bojilom P_1B_2 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti, izuzev otisaka: P_1B_2 sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,19$), P_1B_2 sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,40$), P_1B_2 sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,65$), P_1B_2 sa 100 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = -0,27$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_2 30$ % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,51$).

Otisci s crnim bojilom P_1B_3 sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti osim otiska: P_1B_3 sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,01$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_3 30$ % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,05$).

Otisci s crnim bojilom lakirani $P_1B_1L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti osim otiska $P_1B_1L_1$ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,21$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_1L_1$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,54$).

Otisci s crnim bojilom lakirani $P_1B_2L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti. Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_2L_1$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,57$).

Otisci s crnim bojilom lakirani $P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednost osim otiska: $P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,62$), $P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,23$), $P_1B_3L_1$ sa 100 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = -0,02$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_3L_1$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,05$).

Otisci s crnim bojilom lakirani UV lakom $P_1B_1L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednost. Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_1L_2$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,00$).

Otisci s crnim bojilom lakirani UV lakom $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednost osim: $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,38$), $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,04$) i $P_1B_2L_2$ sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,46$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_2L_2$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,10$).

Otisci s crnim bojilom lakirani UV lakom $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti osim otiska $P_1B_3L_2$ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,27$). Najveći pozitivni Δb^* pripada otisku $P_1B_3L_2$ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,01$).

Utvrđeno je da od 60 kombinacija bojilo/karton/lak za svaku seriju otisaka, u seriji P₁B₁, P₁B₁L₁ i P₁B₁L₂ ima ukupno 1 otisak s negativnim Δb*, u seriji P₁B₂, P₁B₂L₁ i P₁B₂L₂ ukupno 7 otisaka s negativnim vrijednostima, dok u seriji P₁B₃, P₁B₃L₁ i P₁B₃L₂ ima ukupno 5 otisaka s negativnim Δb*.

Slijedi analiza otisaka na kartonu P₂, koji u sastavu ima morske alge. Otisci s crnim bojilom P₂B₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb* vrijednosti, izuzev otisaka: P₂B₁ sa 100 % RTV izlagan 7 dana (Δb*_{100 % RTV, 7 dana} = -0,33), P₂B₁ sa 70 % RTV izlagan 7 dana (Δb*_{70 % RTV, 7 dana} = -0,48), P₂B₁ sa 50 % RTV izlagan 7 dana (Δb*_{50 % RTV, 7 dana} = -0,09), P₂B₁ sa 30 % RTV izlagan 7 dana (Δb*_{30 % RTV, 7 dana} = -0,18) i P₂B₁ sa 100 % RTV izlagan 28 dana (Δb*_{100 % RTV, 28 dana} = -0,13). Najveći pozitivni Δb* za ovu seriju otisaka je P₂B₁ sa 30 % RTV izlagan 112 dana (Δb*_{30 % RTV, 112 dana} = 4,91).

Otisci s crnim bojilom P₂B₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb* vrijednosti. Najveći pozitivni Δb* za ovu seriju otisaka je P₂B₂ sa 30 % RTV izlagan 112 dana (Δb*_{30 % RTV, 112 dana} = 3,43).

Otisci s crnim bojilom P₂B₃ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb* vrijednosti. Najveći pozitivni Δb* za ovu seriju otisaka je P₂B₃ sa 30 % RTV izlagan 112 dana (Δb*_{30 % RTV, 112 dana} = 3,95).

Otisci s crnim bojilom lakirani P₂B₁L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb* vrijednosti. Izuzetak su otisci: P₂B₁L₁ sa 100 % RTV izlagan 7 dana (Δb*_{100 % RTV, 7 dana} = -0,16) i P₂B₁L₁ sa 50 % RTV izlagan 7 dana (Δb*_{50 % RTV, 7 dana} = -0,02). Najveći pozitivni Δb* za ovu seriju otisaka je P₂B₁L₁ sa 30 % RTV izlagan 112 dana (Δb*_{30 % RTV, 112 dana} = 4,46).

Otisci s crnim bojilom lakirani P₂B₂L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb* vrijednosti. Najveći pozitivni Δb* za ovu seriju otisaka je P₂B₂L₁ sa 30 % RTV izlagan 112 dana (Δb*_{30 % RTV, 112 dana} = 4,24).

Otisci s crnim bojilom lakirani P₂B₃L₁ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivne Δb*

vrijednost. Izuzetak su otisci: P₂B₃L₁ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,31$) i P₂B₃L₁ sa 100 % RTV izlagan 14 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 14 \text{ dana}} = -0,43$). Najveći pozitivni Δb^* za ovu seriju otisaka je P₂B₃L₁ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 4,70$).

Otisci s crnim bojom lakirani s UV sušećim lakom, P₂B₁L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivnu Δb^* vrijednost. Izuzetak su otisci: P₂B₁L₂ sa 100 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,38$), P₂B₁L₂ sa 70 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,38$), P₂B₁L₂ sa 50 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,37$), P₂B₁L₂ sa 30 % RTV izlagan 7 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = -0,82$) i P₂B₁L₂ sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -0,19$). Najveći pozitivni Δb^* za ovu seriju otisaka je P₂B₁L₂ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 3,15$).

Otisci s crnim bojom lakirani s UV sušećim lakom, P₂B₂L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju pozitivnu Δb^* vrijednost. Najveći pozitivni Δb^* za ovu seriju otisaka je P₂B₂L₂ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 2,36$).

Otisci s crnim bojom lakirani s UV sušećim lakom, P₂B₃L₂ sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, izlagani zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana, imaju negativnu Δb^* vrijednost. Izuzetak su otisci: P₂B₃L₂ sa 70 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,08$), P₂B₃L₂ sa 50 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,16$), P₂B₃L₂ sa 30 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = 0,26$), P₂B₃L₂ sa 70 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = 0,01$), P₂B₃L₂ sa 50 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = 0,83$), P₂B₃L₂ sa 30 % RTV izlagan 56 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 56 \text{ dana}} = 0,78$), P₂B₃L₂ sa 70 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{70\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 0,93$), P₂B₃L₂ sa 50 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{50\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 2,09$) i P₂B₃L₂ sa 30 % RTV izlagan 112 dana ($\Delta b^*_{30\% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 2,65$). Najveći negativni Δb^* za ovu seriju otisaka je P₂B₃L₂ sa 100 % RTV izlagan 28 dana ($\Delta b^*_{100\% \text{ RTV}, 28 \text{ dana}} = -1,10$).

Utvrđeno je da od 60 kombinacija bojilo/karton/lak za svaku seriju otisaka, u seriji P₂B₁, P₂B₁L₁ i P₂B₁L₂ ima ukupno 12 otisaka s negativnim Δb^* , u seriji P₂B₂, P₂B₂L₁ i P₂B₂L₂ nema otisaka s negativnim Δb^* , dok je u seriji P₂B₃, P₂B₃L₁ i P₂B₃L₂ 13 otisaka s negativnim Δb^* .

Tabela 5.3.3.4.1. Δb^* vrijednosti za otiske 100 % RTV s kombinacijom crnog bojila B₁, B₂ i B₃ na tiskovnim podlogama P₁ i P₂

Vrijeme izlaganja	$\Delta b^* P_1 B_1$	$\Delta b^* P_1 B_2$	$\Delta b^* P_1 B_3$	$\Delta b^* P_2 B_1$	$\Delta b^* P_2 B_2$	$\Delta b^* P_2 B_3$
7 dana	0,42	-0,19	0,55	-0,33	0,05	0,08
112 dan	0,33	0,00	-0,01	0,75	0,31	0,94

Otisci P₁B₂ i P₂B₁ imaju negativan Δb^* , dok svi ostali otisci imaju pozitivnu Δb^* vrijednost za otiske 100 % RTV izložene sedmodnevnom zračenju. Otisci svih promatranih kombinacija bojilo/karton izlagane 112 dana imaju pozitivne Δb^* vrijednosti osim P₁B₃ koji ima negativnu Δb^* vrijednost.

Tabela 5.3.3.4.2. Δb^* vrijednosti za kombinaciju otisaka 100 % RTV s crnim bojilima B₁, B₂ i B₃ na tiskovnim podlogama P₁ i P₂, lakiranih vododisperzivnim lakom L₁

Vrijeme izlaganja	$\Delta b^* P_1 B_1 L_1$	$\Delta b^* P_1 B_2 L_1$	$\Delta b^* P_1 B_3 L_1$	$\Delta b^* P_2 B_1 L_1$	$\Delta b^* P_2 B_2 L_1$	$\Delta b^* P_2 B_3 L_1$
7 dana	0,20	0,34	-0,62	-0,16	0,02	-0,31
112 dan	0,13	0,88	-0,02	0,76	0,40	0,40

Otisci P₁B₁L₁, P₁B₂L₁ i P₂B₂L₁ imaju pozitivan Δb^* , dok svi ostali otisci imaju negativnu Δb^* vrijednost za otiske 100 % RTV izložene sedmodnevnom zračenju. Otisci svih promatranih kombinacija bojilo/karton izlagane 112 dana imaju pozitivne Δb^* vrijednosti osim P₁B₃L₁ koji ima negativnu Δb^* vrijednost.

Tabela 5.3.3.4.3. Δb^* vrijednosti za kombinaciju otisaka 100 % RTV s crnim bojilima B₁, B₂ i B₃ na tiskovnim podlogama P₁ i P₂, lakiranih UV sušećim lakom L₂

Vrijeme izlaganja	$\Delta b^* P_1 B_1 L_2$	$\Delta b^* P_1 B_2 L_2$	$\Delta b^* P_1 B_3 L_2$	$\Delta b^* P_2 B_1 L_2$	$\Delta b^* P_2 B_2 L_2$	$\Delta b^* P_2 B_3 L_2$
7 dana	0,12	-0,38	-0,27	-1,38	0,20	-0,96
112 dana	0,40	0,63	0,40	0,39	0,36	-0,56

U ovoj seriji otisci P₁B₁L₂ i P₂B₂L₂ imaju pozitivan Δb^* , dok svi ostali otisci imaju negativnu Δb^* vrijednost za otiske 100 % RTV izložene sedmodnevnom zračenju. Otisci svih promatranih kombinacija bojilo/karton izlagane 112 dana imaju pozitivne Δb^* vrijednosti osim P₁B₃L₂ koji ima negativnu Δb^* vrijednost.

5.3.4. Vrijednosti ΔE^* za otiske separacija CMYK bojila B₁, B₂ i B₃, u kombinaciji s kartonima P₁ i P₂, te lakovima L₁ i L₂ u odnosu na RTV i dinamiku izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo

Razlika boja ΔE^* je značajna za grafičku reprodukciju, jer uspoređuje dva tona. Ona prikazuje informaciju o kvaliteti reprodukcije i odnosi se na devijaciju reprodukcije u odnosu na original. Indirektno ta vrijednost prikazuje odstupanje od tristimulusne vrijednosti koje odgovaraju percepciji boje u ljudskom oku. Vrijednost ΔE^* grafički predstavlja razliku između dviju točaka u sustavu, odnosno definira se kao euklidska razlika između koordinata za dva podražaja, referentnog i uspoređivanog [177]. U ovim istraživanjima ΔE^* predstavlja razliku između izlaganih otisaka i onih ne izlaganih utjecaju zračenja kroz prozorsko staklo.

5.3.4.1. Vrijednosti ΔE^* za otiske s cijan bojilima

Na slikama 4.3.4.1.1.- 4.3.4.1.6 prikazane su razlike cijan boje ΔE^* za otiske s različitim kemijskim sastavom bojila u kombinaciji s različitim tiskovnim podlogama, o RTV vrijednostima, ne lakiranim i lakiranim otiscima s vododisperzivnim, te UV sušecim lakom, u odnosu na dinamiku izlaganja otisaka zračenju kroz prozorsko staklo.

Rezultati istraživanja pokazuju da se razlika obojenja ΔE^* povećava izlaganjem otisaka zračenju kroz prozorsko staklo, a za puni ton, vrijednosti iznose kako slijedi: $\Delta E^*_{P1B1, 112 \text{ dana}, 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B1, 7 \text{ dana}, 100 \% \text{ RTV}} = 1.60$; $\Delta E^*_{P1B2, 112 \text{ dana}, 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B2, 7 \text{ dana}, 100 \% \text{ RTV}} = 1.06$; $\Delta E^*_{P1B3, 112 \text{ dana}, 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B3, 7 \text{ dana}, 100 \% \text{ RTV}} = 0.87$.

Smanjenjem raster tonske vrijednosti stabilnost otisaka se smanjuju, odnosno razlika obojenja se povećava u skladu sa slijedećim rezultatima: $\Delta E^*_{P1B1, 112 \text{ dana}, 70 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B1, 7 \text{ dana}, 70 \% \text{ RTV}} = 2.31$; $\Delta E^*_{P1B2, 112 \text{ dana}, 70 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B2, 7 \text{ dana}, 70 \% \text{ RTV}} = 2.03$; $\Delta E^*_{P1B3, 112 \text{ dana}, 70 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B3, 7 \text{ dana}, 70 \% \text{ RTV}} = 2.27$; $\Delta E^*_{P1B1, 112 \text{ dana}, 50 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B1, 7 \text{ dana}, 50 \% \text{ RTV}} = 2.48$; $\Delta E^*_{P1B2, 112 \text{ dana}, 50 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B2, 7 \text{ dana}, 50 \% \text{ RTV}} = 2.49$; $\Delta E^*_{P1B3, 112 \text{ dana}, 50 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B3, 7 \text{ dana}, 50 \% \text{ RTV}} = 2.07$; $\Delta E^*_{P1B1, 112 \text{ dana}, 30 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B1, 7 \text{ dana}, 30 \% \text{ RTV}} = 3.55$; $\Delta E^*_{P1B2, 30 \text{ dana}, 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B2, 7 \text{ dana}, 30 \% \text{ RTV}} = 3.49$; $\Delta E^*_{P1B3, 112 \text{ dana}, 30 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B3, 7 \text{ dana}, 30 \% \text{ RTV}} = 3.31$.

Prema rezultatima istraživanja proizlazi, da u opisanim uvjetima najveću stabilnost ima otisak P₁B₃. Otisci s 30 % RTV vrijednosti imaju najveće razlike $\Delta E^*_{P1B1, 112 \text{ dana}, 30 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B1, 7 \text{ dana}} = 3.55$.

Slijedi rasprava rezultata za otiske kod kojih se koristi alternativna podloga s određenim udjelom morskih algi.

Otisci P_2B_1 , P_2B_2 i P_2B_3 punog tona, 70 %, 50 % i 30 % RTV imaju istu karakteristiku kao oni na podlozi P_1 , da povećanjem dana izlaganja se povećavaju ΔE^* vrijednosti kako slijedi: $\Delta E^*_{P_2B_1, 112 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P_2B_1, 7 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} = 0.83$; $\Delta E^*_{P_2B_2, 112 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P_2B_2, 7 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} = 0.74$; $\Delta E^*_{P_2B_3, 112 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P_2B_3, 7 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} = 1,19$; $\Delta E^*_{P_2B_1, 112 \text{ dana, } 70 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P_1B_1, 7 \text{ dana, } 70 \% \text{ RTV}} = 2.30$; $\Delta E^*_{P_2B_2, 112 \text{ dana, } 70 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P_2B_2, 7 \text{ dana, } 70 \% \text{ RTV}} = 1.02$; $\Delta E^*_{P_2B_3, 112 \text{ dana, } 70 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P_2B_3, 7 \text{ dana, } 70 \% \text{ RTV}} = 2.63$; $\Delta E^*_{P_1B_1, 112 \text{ dana, } 50 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P_2B_1, 7 \text{ dana, } 50 \% \text{ RTV}} = 0, 24$; $\Delta E^*_{P_2B_2, 112 \text{ dana, } 50 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P_2B_2, 7 \text{ dana, } 50 \% \text{ RTV}} = 2,55$; $\Delta E^*_{P_2B_3, 112 \text{ dana, } 50 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P_2B_3, 7 \text{ dana, } 50 \% \text{ RTV}} = 3.66$; $\Delta E^*_{P_2B_1, 112 \text{ dana, } 30 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P_2B_1, 7 \text{ dana, } 30 \% \text{ RTV}} = 4.00$; $\Delta E^*_{P_2B_2, 30 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P_2B_2, 7 \text{ dana, } 30 \% \text{ RTV}} = 2.36$; $\Delta E^*_{P_2B_3, 112 \text{ dana, } 30 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P_2B_3, 7 \text{ dana, } 30 \% \text{ RTV}} = 3.86$.

Rezultati istraživanja pokazuju sličan trend ovisnosti utjecaja vremena izlaganja otisaka na podlogama P_1 i P_2 u odnosu na ΔE^* . U tabeli 5.3.4.1.1 prikazuje se detaljna analiza rezultata utjecaja kartona P_1 i P_2 na ΔE^* otisaka s cijan bojilom različitog kemijskog sastava: B_1 , B_2 i B_3 .

Usporedbom $\Delta E^*_{P_1B_1, 112} - \Delta E^*_{P_1B_1, 7 \text{ dana}}$ i $\Delta E^*_{P_2B_1, 112} - \Delta E^*_{P_1B_1, 7 \text{ dana}}$ za 100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV, utvrđuje se da su rezultati tih relacija uglavnom manji za otiske P_2B_1 i P_2B_2 , u odnosu na P_1B_1 i P_1B_2 dok to nije slučaj kada se uspoređuje ΔE^* otisaka P_2B_3 i P_1B_3 (Tabela 5.3.4.1.1).

Tabela 5.3.4.1.1. Utjecaj vrste kartona na ΔE^* cijan otisaka

Otisak	Razlika ΔE^* izlaganje 112dana -7 dana 100 % RTV	Razlika ΔE^* izlaganje 112dana -7 dana 70 % RTV	Razlika ΔE^* izlaganje 112dana -7 dana 50 % RTV	Razlika ΔE^* izlaganje 112dana -7 dana 30 % RTV
P_1B_1	1,78	2,31	2,48	3,50
P_2B_1	0,83	2,30	2,22	4,00
P_1B_2	1,06	2,03	2,44	3,49
P_2B_2	0,74	1,02	2,55	2,36
P_1B_3	0,78	2,22	2,07	3,41
P_2B_3	1,19	2,63	3,66	3,86

Osim toga rezultati istraživanja pokazuju da otisak na kartonu s algama ima veći ΔE^* (prikazan kako je to u tabeli pojašnjeno) u kombinaciji s bojilom B_3 u odnosu na otisak koji je

kombinacija kartona P₁ te bojila B₁ i B₂. Kada se analizira utjecaj zračenja u ovisnosti s veličinom RTV za sve kombinacije otisaka vrijedi da smanjenjem RTV dolazi do povećanja ΔE^* u eksperimentalnim uvjetima.

Općenito, veća razlika boja moguća je na premazanom papiru u odnosu na nepremazanu podlogu. Taj fenomen može se pojasniti svojstvom sloja premaza, da brže absorbira komponente bojila i prihvaća molekule bojila na površinu papira. Prije rečeno je razlog, da su molekule bojila direktno eksponirane utjecaju zračenja. Kada je podloga ne premazani papir, velika koncentracija molekula bojila absorbirati će u strukturu papira. Vlakna iz papira i komponente formulacije štite bojilo direktno od izvora zračenja.

U tabeli 5.3.4.1.2. prikazana je ΔE^* vrijednost ne lakiranog otiska izlaganog 7 dana ili 112 dana, umanjeno za ΔE^* lakiranog otiska vododisperzivnim lakom ili UV sušećim lakom izlaganih isti broj dana i ta razlika je označena s ΔE^*_{R} .

Rezultati se odnose na otiske na podlozi P₁. U nekim slučajevima dolazi do povećanja ΔE^* kada se uspoređuje nelakirani i lakirani uzorak za isto vremensko razdoblje izlaganja otiska zračenju, pa su ti slučajevi u tabeli označeni plavom bojom. U jednom slučaju, i to kod otiska P₁B₃ punog tona, lakiranog UV sušećim lakom kod izlaganja 112 dana smanjuje se ΔE^* u odnosu na sve druge otiske na podlozi P₁ gdje povećanjem vremena izlaganja dolazi do povećanja ΔE^* . Ti slučajevi označeni su sa crvenom bojom.

Tabela 5.3.4.1.2. Utjecaj lakiranja otisaka na njihovu stabilnost – otisci na P₁ s cijan bojilom

Uzorak	ΔE^*_{R} 100 % RTV 7 dana	ΔE^*_{R} 100 % RTV 112 dana	ΔE^*_{R} 70 % RTV 7 dana	ΔE^*_{R} 70 % RTV 112 dana	ΔE^*_{R} 50 % RTV 7 dana	ΔE^*_{R} 50 % RTV 112 dana	ΔE^*_{R} 30 % RTV 7 dana	ΔE^*_{R} 30 % RTV 112 dana
P ₁ B ₁ / P ₁ B ₁ L ₁	0,15	0,69	0,60	1,17	1,17	0,91	0,40	0,77
P ₁ B ₂ / P ₁ B ₂ L ₁	0,20	0,80	0,35	0	0,40	0,68	0,16	0,22
P ₁ B ₃ / P ₁ B ₃ L ₁	0,15	0,31	0,44	1,00	1,23	0,78	0,36	0,98
P ₁ B ₁ / P ₁ B ₁ L ₂	0,03	0,66	0,60	0,97	0,46	0,83	0,40	0,77
P ₁ B ₂ / P ₁ B ₂ L ₂	0	0,76	0,35	0,28	0,53	0,54	0,17	1,05
P ₁ B ₃ / P ₁ B ₃ L ₂	0,38	0,51	0,44	0,86	0,97	0,73	0,52	0,71

Iz rezultata istraživanja je vidljivo da lakiranje u okviru eksperimentalnih uvjeta u svim slučajevima ne štiti otisak od utjecaja zračenja kroz prozorsko staklo u odnosu na ΔE^* . Utvrđeno je da se lakiranjem otisaka UV sušećim lakom, povećava stabilnost otiska u kombinaciji karton P₁ i bojilo B₃, pa i B₂.

U tabeli 5.3.4.1.3. prikazana je ΔE^* vrijednost ne lakiranog otiska izlaganog 7 dana ili 112 dana umanjenog za ΔE^* lakiranog otiska vododisperzivnim lakom ili UV sušećim lakom izlaganih isti broj dana i ta razlika je označena s ΔE^*_{R} . Rezultati se odnose na otiske na podlozi P₂.

U nekim slučajevima dolazi do povećanja ΔE^* kada se uspoređuje nelakirani i lakirani uzorak za isto vremensko razdoblje izlaganja otiska zračenju, pa su ti slučajevi u tabeli označeni plavom bojom. Osim toga kod otisaka lakiranih UV sušećim lakom, kod nekih otisaka povećanjem vremena izlaganja otisaka zračenju, smanjuje se ΔE^* vrijednost. Ti slučajevi označeni su sa crvenom bojom.

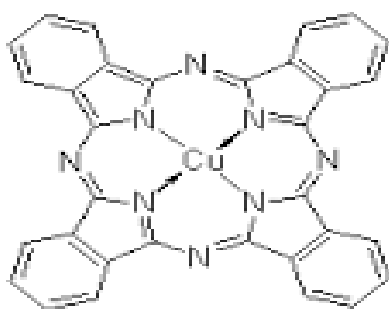
Općenito, kada se rezultati istraživanja prikazani u tabeli 5.3.4.1.3. usporede s rezultatima u tabeli 5.3.4.1.1 vidljivo je da puno manja zaštita otisaka od utjecaja zračenja kroz prozorsko staklo se može postići prvenstveno kod otisaka sa 100% raster tonskom vrijednosti, ne lakiranih otisaka, na podlozi koja sadrži alge. Kod otisaka P₂B₁, P₂B₂ i P₂B₃ sa 100 % i sa 70 % RTV vrijednosti i lakiranih UV sušećim lakom utvrđena je nešto veća stabilnost otisaka kod izlaganja 112 dana, nego kod sedmodnevnog izlaganja.

Tabela 5.3.4.1.3. Utjecaj lakiranja otisaka na njihovu stabilnost –otisci na P₂ s cijan bojilom

Uzorak	ΔE^*_{R}	ΔE^*_{R}	ΔE^*_{R}	ΔE^*_{R}	ΔE^*_{R}	ΔE^*_{R}	ΔE^*_{R}	ΔE^*_{R}
	100 % RTV 7 dana	100 % RTV 112 dana	70 % RTV 7 dana	70 % RTV 112 dana	50 % RTV 7 dana	50 % RTV 112 dana	30 % RTV 7 dana	30 % RTV 112 dana
P ₂ B ₁ / P ₂ B ₁ L ₁	0,11	1,64	0,43	0,02	0,59	0,03	0,26	0,81
P ₂ B ₂ / P ₂ B ₂ L ₁	1,38	0,28	0,03	0,55	0,31	0,33	0,49	0,33
P ₂ B ₃ / P ₂ B ₃ L ₁	1,13	0,12	0,22	0,75	0,02	0,30	0,31	0,89
P ₂ B ₁ / P ₂ B ₁ L ₂	1,17	1,07	1,27	1,72	2,77	1,93	0,29	0,92
P ₂ B ₂ / P ₂ B ₂ L ₂	2,50	1,54	0,01	0,50	2,14	2,92	0,33	1,52
P ₂ B ₃ / P ₂ B ₃ L ₂	2,60	0,57	2,25	1,52	2,21	2,10	0,89	1,21

Većina cijan bojila je u osnovi bakar ftalocijanin kromofor. Bakar ftalocijanin kromofor odlikuje se dobrom foto stabilnošću na većini tiskovnih podloga. Kromofori koji sadrže metalni ion, tako štite kromofore, što se očituje u većoj otpornosti na svjetlo. Koordinacijski mehanizam koji dovodi do smanjenja gustoće elektrona u kromoforu, čini ga manje osjetljivim na oksidaciju [178].

Kinetičke studije fotokemijskih reakcija inducirane UV zračenjem utvrdile su čimbenike koji bi mogli utjecati na stabilnost. Pokazalo se, da kinetika procesa degradacije ovisi o molekularnoj strukturi kompleksa i vjerojatno se kontrolira interakcijama makrocikličkih premošćivanja atoma dušika s molekulama otapala [179].



Slika 5.3.4.1.1. Bakar ftalocijanin kromofor

Korištenje otapala za akceptore elektrona može poboljšati molekularnu stabilnost ftalocijanina, pobuđenog zračenjem. Bojilo zbog sadržaja masnih kiselina u strukturi alkidnih smola, oni prolaze sličan postupak stvrdnjavanja i fotodegradacije kao sušiva ulja. Tijekom procesa sušenja smole nezasićenih veza dijela masnih kiselina teže auto-oksidaciji i stoga nastaje umrežavanje C-O-C kao i C-C i C-O-O-C veza [180]. Pri tome nastaju specije kao što su aldehidi, alkoholi i karbonske kiseline, a ti procesi se nastavljaju pri izloženosti sunčevom zračenju, uključujući UV područje.

5.3.4.2. Vrijednosti ΔE^* za otiske s magenta bojilima

Na slikama 4.3.4.2.1.- 4.3.4.2.1.6 prikazane su ΔE^* razlike magenta boje za otiske s različitim kemijskim sastavom bojila u kombinaciji s različitim tiskovnim podlogama, zatim o RTV vrijednostima, ne lakiranim i lakiranim otiscima s vododisperzivnim, te UV sušećim lakom, u odnosu na dinamiku izlaganja otisaka zračenju kroz prozorsko staklo.

Rezultati istraživanja pokazuje da se razlika obojenja ΔE^* povećava izlaganjem otisaka zračenju kroz prozorsko staklo, kako slijedi: $\Delta E^*_{P1B1, 112 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B1, 7 \text{ dana, } 100 \%}$

$RTV = 2,25$; $\Delta E^*_{P1B2, 112 \text{ dana, } 100 \% RTV} - \Delta E^*_{P1B2, 7 \text{ dana, } 100 \% RTV} = 2,66$; $\Delta E^*_{P1B3, 112 \text{ dana, } 100 \% RTV} - \Delta E^*_{P1B3, 7 \text{ dana, } 100 \% RTV} = 2,82$; $\Delta E^*_{P1B1, 112 \text{ dana, } 70 \% RTV} - \Delta E^*_{P1B1, 7 \text{ dana, } 70 \% RTV} = 3,90$; $\Delta E^*_{P1B2, 112 \text{ dana, } 70 \% RTV} - \Delta E^*_{P1B2, 7 \text{ dana, } 70 \% RTV} = 3,49$; $\Delta E^*_{P1B3, 112 \text{ dana, } 70 \% RTV} - \Delta E^*_{P1B3, 7 \text{ dana, } 70 \% RTV} = 3,49$; $\Delta E^*_{P1B1, 112 \text{ dana, } 50 \% RTV} - \Delta E^*_{P1B1, 7 \text{ dana, } 50 \% RTV} = 4,62$; $\Delta E^*_{P1B2, 112 \text{ dana, } 50 \% RTV} - \Delta E^*_{P1B2, 7 \text{ dana, } 50 \% RTV} = 3,38$; $\Delta E^*_{P1B3, 112 \text{ dana, } 50 \% RTV} - \Delta E^*_{P1B3, 7 \text{ dana, } 50 \% RTV} = 3,15$; $\Delta E^*_{P1B1, 112 \text{ dana, } 30 \% RTV} - \Delta E^*_{P1B1, 7 \text{ dana, } 30 \% RTV} = 3,41$; $\Delta E^*_{P1B2, 112 \text{ dana, } 30 \% RTV} - \Delta E^*_{P1B2, 7 \text{ dana, } 30 \% RTV} = 4,21$; $\Delta E^*_{P1B3, 112 \text{ dana, } 30 \% RTV} - \Delta E^*_{P1B3, 7 \text{ dana, } 30 \% RTV} = 3,20$.

Otisci P_2B_1 , P_2B_2 i P_2B_3 , punog tona, 70 %, 50 % i 30 % raster tonske vrijednosti imaju istu karakteristiku kao oni na podlozi P_1 , da se povećanjem dana izlaganja povećavaju ΔE^* vrijednosti, kako slijedi: $\Delta E^*_{P2B1, 112 \text{ dana, } 100 \% RTV} - \Delta E^*_{P2B1, 7 \text{ dana, } 100 \% RTV} = 2,67$; $\Delta E^*_{P2B2, 112 \text{ dana, } 100 \% RTV} - \Delta E^*_{P2B2, 7 \text{ dana, } 100 \% RTV} = 1,51$; $\Delta E^*_{P2B3, 112 \text{ dana, } 100 \% RTV} - \Delta E^*_{P2B3, 7 \text{ dana, } 100 \% RTV} = 2,91$; $\Delta E^*_{P2B1, 112 \text{ dana, } 70 \% RTV} - \Delta E^*_{P2B1, 7 \text{ dana, } 70 \% RTV} = 3,71$; $\Delta E^*_{P2B2, 112 \text{ dana, } 70 \% RTV} - \Delta E^*_{P2B2, 7 \text{ dana, } 70 \% RTV} = 2,99$; $\Delta E^*_{P2B3, 112 \text{ dana, } 70 \% RTV} - \Delta E^*_{P2B3, 7 \text{ dana, } 70 \% RTV} = 3,87$; $\Delta E^*_{P2B1, 112 \text{ dana, } 50 \% RTV} - \Delta E^*_{P2B1, 7 \text{ dana, } 50 \% RTV} = 4,86$; $\Delta E^*_{P2B2, 112 \text{ dana, } 50 \% RTV} - \Delta E^*_{P2B2, 7 \text{ dana, } 50 \% RTV} = 3,86$; $\Delta E^*_{P2B3, 112 \text{ dana, } 50 \% RTV} - \Delta E^*_{P2B3, 7 \text{ dana, } 50 \% RTV} = 4,69$; $\Delta E^*_{P2B1, 112 \text{ dana, } 30 \% RTV} - \Delta E^*_{P2B1, 7 \text{ dana, } 30 \% RTV} = 5,24$; $\Delta E^*_{P2B2, 112 \text{ dana, } 30 \% RTV} - \Delta E^*_{P2B2, 7 \text{ dana, } 30 \% RTV} = 3,67$; $\Delta E^*_{P2B3, 112 \text{ dana, } 30 \% RTV} - \Delta E^*_{P2B3, 7 \text{ dana, } 30 \% RTV} = 5,75$.

Rezultati istraživanja pokazuju sličan trend ovisnosti utjecaja vremena izlaganja otisaka na podlogama P_1 i P_2 u odnosu na ΔE^* . Otisci P_2B_1 i P_2B_3 sa 100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV vrijednosti imaju izraziti trend povećanja razlike $\Delta E^*_{P2B1, 112 \text{ dana}} - \Delta E^*_{P2B1, 7 \text{ dana}}$ sa smanjenjem raster tonske vrijednosti. Na osnovu gore prikazanih rezultata utvrđuje se da najmanju razliku između ΔE^* za otisak eksponiran 112 dana i onaj izložen 7 dana akceptirajući njegovu raster tonsku vrijednostima otisak P_2B_1 , ($\Delta E^* = 1,51$), a najveću otisak P_2B_3 , 30 % RTV ($\Delta E^* = 5,75$).

U tabeli 5.3.4.2.1 prikazuje se detaljna analiza rezultata utjecaja kartona P_1 i P_2 na ΔE^* vrijednost otisaka s magenta bojom različitog kemijskog sastava: B_1 , B_2 i B_3 . Usporedbom $\Delta E^*_{P1, 112 \text{ dana}} - \Delta E^*_{P1, 7 \text{ dana}}$ i $\Delta E^*_{P2, 112 \text{ dana}} - \Delta E^*_{P2, 7 \text{ dana}}$ za 100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV, utvrđuje se da rezultati tih relacija u svim slučajevima ne poštuju trend, da se povećanjem raster tonske vrijednosti otisaka povećava ΔE^* vrijednost.

Takav primjer su otisci P_1B_1 i P_2B_1 , gdje se povećanjem RTV vrijednosti do 50 %, ΔE^* povećava, a zatim za otisak od 30 % RTV se smanjuje.

Tabela 5.3.4.2.1. Utjecaj vrste kartona na ΔE^* magenta otisaka

Otisak	Razlika ΔE^* izlaganje: 112dana -7 dana 100 % RTV	Razlika ΔE^* izlaganje: 112dana -7 dana 70 % RTV	Razlika ΔE^* izlaganje: 112dana -7 dana 50 % RTV	Razlika ΔE^* izlaganje: 112dana -7 dana 30 % RTV
P ₁ B ₁	2,25	2,17	4,02	3,41
P ₂ B ₁	2,67	3,71	4,92	3,67
P ₁ B ₂	2,66	3,02	3,38	4,75
P ₂ B ₂	1,51	2,99	3,86	3,67
P ₁ B ₃	2,97	3,49	3,15	3,20
P ₂ B ₃	2,91	3,87	4,69	5,75

Otisci P₁B₂ i P₂B₃ prate već prije spomenuti trend, da se povećanjem RTV vrijednosti povećava ΔE^* otiska. Osim toga rezultati istraživanja pokazuju da otisak na kartonu s algama ima veći ΔE^* u kombinaciji s bojilom B₃ (70 %, 50 % i 30 % RTV) i za otisak s B₁ bojilom (100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV) u odnosu na otiske na P₁ podlozi.

U tabeli 5.3.4.2.2. prikazana je ΔE^* vrijednost ne lakiranog otiska izlaganog 7 dana ili 112 dana, umanjenog za ΔE^* lakiranog otiska vododisperzivnim lakom ili UV sušećim lakom izlaganih isti broj dana i ta razlika je označena s ΔE^*_R . Rezultati se odnose na otiske na podlozi P₁. U nekim slučajevima dolazi do povećanja ΔE^* za lakirani otisak kada se uspoređuje nelakirani i lakirani uzorak za isto vremensko razdoblje izlaganja otiska zračenju, pa su ti slučajevi u tabeli označeni plavom bojom. Otisci na podlozi P₁ s magenta bojilima ne pokazuju izraziti trend ovisnosti ΔE^*_R o utjecaju lakiranja i vremenu izlaganja otisaka. U ovoj seriji mjerenja nešto stabilniji su otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ s raster tonskom vrijednosti 100 % i lakirani UV sušećim lakom.

U tabeli 5.3.4.2.3. prikazana je ΔE^* vrijednost ne lakiranog otiska izlaganog 7 dana ili 112 dana umanjenog za ΔE^* lakiranog otiska vododisperzivnim lakom ili UV sušećim lakom izlaganih isti broj dana i ta razlika je označena s ΔE^*_R . Rezultati se odnose na otiske na podlozi P₂. U nekim slučajevima dolazi do povećanja ΔE^* kada se uspoređuje nelakirani i lakirani uzorak za isto vremensko razdoblje izlaganja otiska zračenju, pa su ti slučajevi u tabeli označeni plavom bojom.

Tabela 5.3.4.2.2. Utjecaj lakiranja otisaka na njihovu stabilnost – otisci na podlozi P₁ s magenta bojilom

Uzorak	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R
	100 % RTV 7 dana	100 % RTV 112 dana	70 % RTV 7 dana	70 % RTV 112 dana	50 % RTV 7 dana	50 % RTV 112 dana	30 % RTV 7 dana	30 % RTV 112 dana
P ₁ B ₁ / P ₁ B ₁ L ₁	0,60	0,07	1,37	2,51	1,06	1,90	0,40	1,31
P ₁ B ₂ / P ₁ B ₂ L ₁	1,08	0,74	1,28	1,11	0,62	0,10	0,08	0,80
P ₁ B ₃ / P ₁ B ₃ L ₁	0,13	0,09	0,87	1,09	1,29	0,59	0,41	0,48
P ₁ B ₁ / P ₁ B ₁ L ₂	0,26	0,06	0,19	2,16	0,70	1,46	0,59	0,35
P ₁ B ₂ / P ₁ B ₂ L ₂	0,56	2,18	1,38	1,89	0,54	0,85	0,26	1,07
P ₁ B ₃ / P ₁ B ₃ L ₂	0,22	3,36	0,78	1,55	1,29	1,45	0,35	0,39

Rezultati istraživanja pokazuju da kod otisaka P₂B₁, P₂B₂ i P₂B₃ sa 100 % raster tonskom vrijednosti, lakiranih s UV sušecim lakom i izlaganih 7 dana sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo, ΔE^* lakiranog otiska ima veću ΔE^* vrijednost od nelakiranog. To isto vrijedi za sve vrijednosti u tabeli otisnute plavom bojom. Na podlozi P₂ ima 27 takovih rezultata, dok ih na podlozi P₁ ima 7.

Tabela 5.3.4.2.3. Utjecaj lakiranja otisaka na njihovu stabilnost – otisci na podlozi P₂ s magenta bojilom

Uzorak	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R
	100 % RTV 7 dana	100 % RTV 112 dana	70 % RTV 7 dana	70 % RTV 112 dana	50 % RTV 7 dana	50 % RTV 112 dana	30 % RTV 7 dana	30 % RTV 112 dana
P ₂ B ₁ / P ₂ B ₁ L ₁	0,15	0,16	0,07	0,43	0,20	0,51	0,06	1,16
P ₂ B ₂ / P ₂ B ₂ L ₁	0,35	0,29	0,06	0,58	0,85	0,49	0,11	0,39
P ₂ B ₃ / P ₂ B ₃ L ₁	0,68	0,34	0,27	0,74	1,01	0,35	0,38	0,01
P ₂ B ₁ / P ₂ B ₁ L ₂	0,40	1,48	0,54	1,13	0,01	0,78	0,31	0,98
P ₂ B ₂ / P ₂ B ₂ L ₂	0,61	1,16	0,20	1,88	0,09	1,83	0,06	2,05
P ₂ B ₃ / P ₂ B ₃ L ₂	3,29	1,73	3,46	0,47	2,55	0,22	2,41	1,90

Razlog za takove rezultate je u sastavu tih podloga, što je već prije naglašeno, a ovdje se ističe velika upojnost podloge s morskim algama. To znači da bojilo prodire dublje u strukturu papira, pa je stoga zaštićenije od utjecaja zračenja.

Svjetlostabilnost otisaka ovisi o uvjetima izloženosti, vremenu izloženosti, karakteristikama tiskovne podloge, debljini sloja bojila. Primarni su koloransi, pa tako rezultati ukazuju da magenta bojilo ima manju svjetlo postojanost u odnosu na cijan ofsetno bojilo (slike 4.3.4.1.1.- 4.3.4.1.6 i 4.3.4.2.1. - 4.3.4.2.6 i tabela 5.3.4.2.4.).

P_1B_1 , P_1B_2 i P_1B_3 sedmodnevno izlaganje otisaka sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo kada se uspoređuje otisak s magentom i cijanom 100 % RTV, 7 dana, najmanje utječe na kombinaciju P_1B_3 ($\Delta E^*_{P_1B_3, \text{magenta}, 100 \% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} - \Delta E^*_{P_1B_3, \text{cijan}, 100 \% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,15$), a najviše na otisak P_1B_2 ($\Delta E^*_{P_1B_2, \text{magenta}, 100 \% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} - \Delta E^*_{P_1B_2, \text{cijan}, 100 \% \text{ RTV}, 7 \text{ dana}} = 0,92$). Međutim, kada se vrijeme izlaganja otisaka produlji na 112 dana vrijednosti usporedbe otisaka u odnosu na ΔE^* se mijenjaju kako slijedi: najmanja razlika ΔE^* magenta – cijan utvrđuje se kod P_1B_1 , a najveća ostaje za P_1B_2 ($\Delta E^*_{P_1B_1, \text{magenta}, 100 \% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} - \Delta E^*_{P_1B_1, \text{cijan}, 100 \% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 1,23$; $\Delta E^*_{P_1B_2, \text{magenta}, 100 \% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} - \Delta E^*_{P_1B_2, \text{cijan}, 100 \% \text{ RTV}, 112 \text{ dana}} = 2,61$).

Komparacija ΔE^* u odnosu na kartone P_1 i P_2 uz ostale iste varijable utvrđuje veće vrijednosti, odnosno veću nestabilnost otisaka na podlozi P_1 (tabela 5.3.4.2.4.).

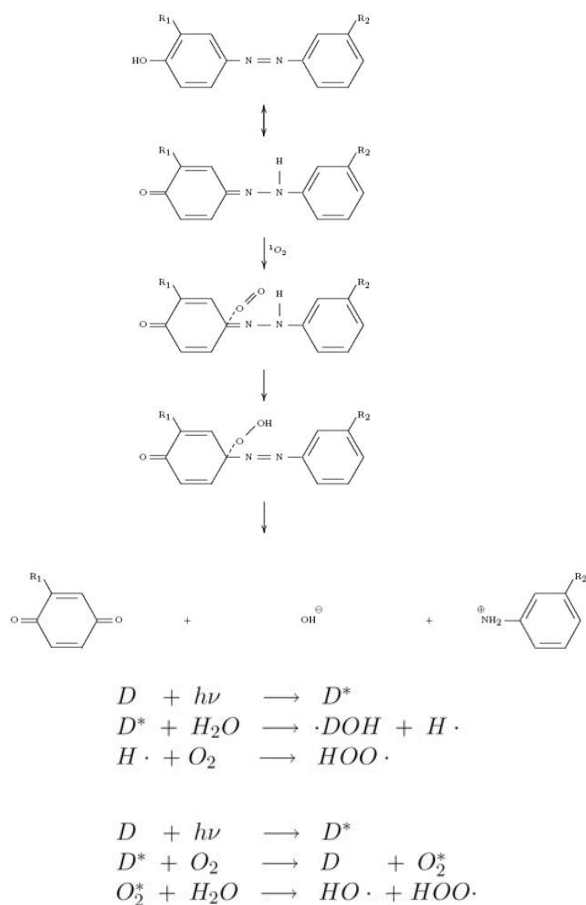
Tabela 5.3.4.2.4. ΔE^* otisaka punog tona s magentom i onih s cijan bojom za izlaganje utjecaju zračenja kroz prozorsko staklo 7 dana i 112 dana

Uzorci	ΔE^* magenta, 100 % RTV, izlaganje 7 dana	ΔE^* cijan, 100 % RTV, izlaganje 7 dana	ΔE^* magenta, 100 % RTV, izlaganje 112 dana	ΔE^* cijan, 100 % RTV, izlaganje 112 dana
P_1B_1	1,00	0,42	3,25	2,02
P_1B_2	1,54	0,63	4,20	1,69
P_1B_3	0,48	0,33	3,40	1,20
P_2B_1	0,81	1,17	3,48	2,00
P_2B_2	0,90	0,54	2,41	1,28
P_2B_3	0,27	0,38	3,18	1,57

Magenta bojilo ima azo-kromofore (-N = N-) i hidrazo tautomerni oblik (= N-NH-). Kada je otisak s magenta separacijom izložen svjetlu, postoji sklonost prema oksidacijskoj degradaciji [181]. Mehanizam oksidacijske degradacije prikazan na slici 5.3.4.2.1.

Taj mehanizam uključuje apsorpciju fotona, pa ona postaje pobuđena do prvog ili višeg stanja pobuđenog singleta [182]. Kada je pobuđena (D^*), ona se podvrgava fotokemijskoj reakciji, koja dovodi do degradacije napadom singlet kisika na azo ili hidrazo tautomer i nastaje peroksid [176]. Foto-pobuđena može reagirati s peroksidom, nastalim u drugom stupnju od kisika, a hidrogen radikal je taj, koji razara ili reagira s kisikom što dovodi do singlet kisika, koji degradira izvorno bojilo [176].

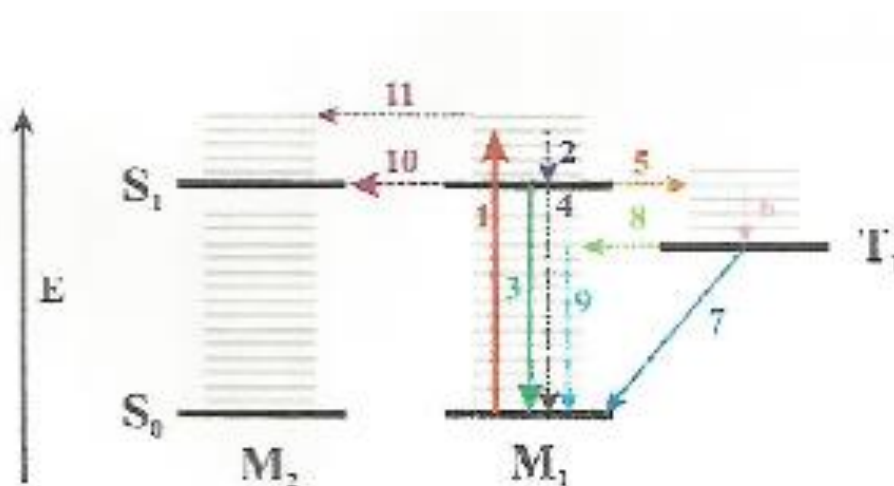
Pobuđeni singlet ima tendenciju vrlo brze fotodegradacije. Većina bojila podliježe oksidacijskom blijeđenju u prisutnosti svjetla, vlage i kisika. Bojila s dugovječnim pobuđenim singlet stanjem imaju tendenciju vrlo brze fotodegradacije. Razumijevanje mehanizma koji dovodi do destrukcije bojila, sadrži niz ponekad nepotpuno razložnih objašnjenja, koja treba znati radi novih formulacija ili pak poboljšanja istih. Tumačenje mehanizma koji dovodi do destrukcije bojila počinje apsorpcijom fotona, kojim dolazi do pobuđivanja na više singlet stanje (S_1), tada se može izravno vratiti na osnovno stanje (S_0), što rezultira fluorescencijom ili prijenosom unutar sustava, pa nastaje triplet stanje (T_1) što rezultira fosforescencijom (slika 5.3.4.2.2).



Slika 5.3.4.2.1. Mehanizam oksidacijske degradacije u prisutnosti zračenja za magenta bojilo [176]

Razina energije i mogući kvantni prelazi za molekule kromofora uključuju: 1. Pobuđenost 2. Vibracijska relaksacija 3. Fluorescencija 4. Pretvorba s manje zračenja 5. Prijenos unutar sustava 6. Triplet stanje relaksacije 7. Fosforescencija 8. Relaksacija prema singlet stanju 9. Relaksacija prema osnovnom stanju 10. Prijenos energije bez zračenja (slika 5.3.4.2.2) [176].

Prikazani mehanizam prijelaza energije između molekula je na osnovi rezonantne dipol–dipol interakcije.



Slika 5.3.4.2.2. Razina energije i mogući kvantni prelazi za molekule kromofora [176].

Svjetlo postojanost je ovisna o supstituentima koji se prihvaćaju za kromofor [183]. Supstituenti mogu imati veliki utjecaj na tautomernu ravnotežu i na taj način na sklonost za fotodegradaciju azo bojila.

Azo grupa je elektron akceptor i zato se stabilizira s elektron donorskom tvari. Takovu sposobnost ima na primjer metoksi grupa $-\text{OCH}_3$. Hidrazotautomer preferira supstituente koji privlače elektrone, posebno $-\text{NO}_2$ nitro grupu, zato što je imino grupa $-\text{NH}$ elektron doner.

Daljna stabilizacija hidrazona se postiže s intermolekularnom vodikovom vezom. Intermolekularna veza između $-\text{OH}$ grupe na o-položaju i dodatno dušikom iz hidrazon grupe, se pokazalo da je povoljna u kontekstu otpornosti na svjetlo [176]. Razlog tome je da kisik tvori jaču vodikovu vezu u odnosu na dušik i tako stabilizira tautomer. Hidrazontautomer promiče povećanje polarnosti medija [183].

5.3.4.3. Vrijednosti ΔE^* za otiske s žutim bojilima

Na slikama 4.3.4.3.1. - 4.3.4.3.6. prikazane su razlike žute boje ΔE^* za otiske s različitim kemijskim sastavom bojila u kombinaciji s različitim tiskovnim podlogama, zatim o RTV vrijednostima, ne lakiranim i lakiranim otiscima s vododisperzivnim, te UV sušećim lakom, u odnosu na dinamiku izlaganja otisaka zračenju kroz prozorsko staklo.

Rezultati istraživanja pokazuje da se razlika obojenja ΔE^* povećava izlaganjem otisaka zračenju kroz prozorsko staklo, kako slijedi: $\Delta E^*_{P1B1, 112 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B1, 7 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} = 50,69$; $\Delta E^*_{P1B2, 112 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B2, 7 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} = 55,28$; $\Delta E^*_{P1B3, 112 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B3, 7 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} = 51,06$; $\Delta E^*_{P1B1, 112 \text{ dana, } 70 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B1, 7 \text{ dana, } 70 \% \text{ RTV}} = 43,58$; $\Delta E^*_{P1B2, 112 \text{ dana, } 70 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B2, 7 \text{ dana, } 70 \% \text{ RTV}} = 33,07$; $\Delta E^*_{P1B3, 112 \text{ dana, } 70 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B3, 7 \text{ dana, } 70 \% \text{ RTV}} = 46,89$; $\Delta E^*_{P1B1, 112 \text{ dana, } 50 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B1, 7 \text{ dana, } 50 \% \text{ RTV}} = 30,99$; $\Delta E^*_{P1B2, 112 \text{ dana, } 50 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B2, 7 \text{ dana, } 50 \% \text{ RTV}} = 33,36$; $\Delta E^*_{P1B3, 112 \text{ dana, } 50 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B3, 7 \text{ dana, } 50 \% \text{ RTV}} = 33,36$; $\Delta E^*_{P1B1, 112 \text{ dana, } 30 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B1, 7 \text{ dana, } 30 \% \text{ RTV}} = 16,59$; $\Delta E^*_{P1B2, 112 \text{ dana, } 30 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B2, 7 \text{ dana, } 30 \% \text{ RTV}} = 17,61$; $\Delta E^*_{P1B3, 112 \text{ dana, } 30 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B3, 7 \text{ dana, } 30 \% \text{ RTV}} = 18,14$.

Karakteristika kod otisaka s žutim bojilom je da se vrijednost ΔE^* sa smanjenjem RTV smanjuje, što nije slučaj s otiscima s cijan i magenta bojilom.

Slijedi prikaz razlike ΔE^* otisaka s žutim bojilom P_2B_1 , P_2B_2 i P_2B_3 punog tona, 70 %, 50 % i 30 % RTV u odnosu na 7 dana i 112 dana izlaganja zračenju kroz prozorsko staklo: $\Delta E^*_{P2B1, 112 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B1, 7 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} = 13,31$; $\Delta E^*_{P2B2, 112 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B2, 7 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} = 4,89$; $\Delta E^*_{P2B3, 112 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B3, 7 \text{ dana, } 100 \% \text{ RTV}} = 2,14$; $\Delta E^*_{P2B1, 112 \text{ dana, } 70 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B1, 7 \text{ dana, } 70 \% \text{ RTV}} = 15,72$; $\Delta E^*_{P2B2, 112 \text{ dana, } 70 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B2, 7 \text{ dana, } 70 \% \text{ RTV}} = 10,28$; $\Delta E^*_{P2B3, 112 \text{ dana, } 70 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B3, 7 \text{ dana, } 70 \% \text{ RTV}} = 19,33$; $\Delta E^*_{P2B1, 112 \text{ dana, } 50 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B1, 7 \text{ dana, } 50 \% \text{ RTV}} = 15,30$; $\Delta E^*_{P2B2, 112 \text{ dana, } 50 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B2, 7 \text{ dana, } 50 \% \text{ RTV}} = 11,59$; $\Delta E^*_{P2B3, 112 \text{ dana, } 50 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B3, 7 \text{ dana, } 50 \% \text{ RTV}} = 18,52$; $\Delta E^*_{P2B1, 112 \text{ dana, } 30 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B1, 7 \text{ dana, } 30 \% \text{ RTV}} = 10,04$; $\Delta E^*_{P2B2, 112 \text{ dana, } 30 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B2, 7 \text{ dana, } 30 \% \text{ RTV}} = 9,65$; $\Delta E^*_{P2B3, 112 \text{ dana, } 30 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B3, 7 \text{ dana, } 30 \% \text{ RTV}} = 11,48$.

Ovisnost ΔE^* otisaka P_2B_1 , P_2B_2 i P_2B_3 o vremenu izlaganja i rastertonskoj vrijednosti otisaka razlikuje se u odnosu na otiske P_1B_1 , P_1B_2 i P_1B_3 u tome, što u ovom slučaju pokazuje ne baš izraziti trend povećanja razlike boje sa smanjenjem RTV do pedeset postotne vrijednosti.

Kod otisaka s 30 % RTV dolazi do smanjenja ΔE^* u odnosu na otiske sa 100 %, 70 % i 50 % RTV. Na osnovu gore prikazanih rezulta utvrđuje se da najmanju razliku između ΔE^* za otisak eksponiran 112 dana i onaj izložen 7 dana akceptirajući njegovu raster tonsku vrijednost ima otisak P₂B₂ 30 % RTV, ($\Delta E^* = 9,65$), a najveću otisak P₁B₂ 100 % RTV ($\Delta E^* = 55,28$).

U tabeli 5.3.4.3.1 prikazuje se detaljna analiza rezultata utjecaja kartona P₁ i P₂ na ΔE^* vrijednost otisaka sa žutim bojilom različitog kemijskog sastava: B₁, B₂ i B₃. Usporedbom $\Delta E^*_{P_1, 112 \text{ dana}} - \Delta E^*_{P_1, 7 \text{ dana}}$ i $\Delta E^*_{P_2, 112 \text{ dana}} - \Delta E^*_{P_2, 7 \text{ dana}}$ za 100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV, utvrđuje se da rezultati tih relacija nemaju isti trend ΔE^* vrijednosti u odnosu na vrstu podloge korištene za tisak.

Otisci na P₁ kartonu, razlikuju od dosad utvrđenog trenda za otiske cijana i magente da se povećanjem RTV povećava ΔE^* . Taj odnos kod otisaka sa žutim bojilom na P₁ kartonu je obrnut, odnosno smanjuje se sa smanjenjem RTV vrijednosti otiska.

Tabela 5.3.4.3.1. Utjecaj vrste kartona na ΔE^* otisaka sa žutim bojilom

Otisak	Razlika ΔE^* izlaganje: 112dana -7 dana, 100 % RTV	Razlika ΔE^* izlaganje: 112dana -7 dana, 70 % RTV	Razlika ΔE^* izlaganje: 112dana -7 dana, 50 % RTV	Razlika ΔE^* izlaganje: 112dana -7 dana, 30 % RTV
P ₁ B ₁	50,69	43,58	30,99	16,59
P ₂ B ₁	13,31	15,72	15,30	10,04
P ₁ B ₂	55,28	33,07	33,36	17,61
P ₂ B ₂	4,89	10,28	11,59	9,65
P ₁ B ₃	51,06	46,89	33,36	18,14
P ₂ B ₃	2,14	19,33	18,52	11,48

Vrijednost ΔE^* na otiscima na kartonu P₂ povećavaju se u nizu kako slijedi: 100 %, 70 % i 50 % RTV, a zatim se smanjuju kod otisaka sa 30 % RTV kod svih promatranih bojila: B₁, B₂ i B₃. Takav primjer je već prije spomenut za otiske: P₂B₂ s cijan bojilom P₁B₁, P₂B₁ i P₂B₂ magenta bojilima. Osim toga vrijednosti ΔE^* za sve otiske sa žutim bojilom na podlozi P₂, koja u sastavu ima alge su mnogo manje u odnosu na otiske na podlozi P₁. Najveća razlika je utvrđena za otisak s B₂ bojilom ($\Delta E^*_{P_1B_2, 112 \text{ dana}, 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P_2B_2, 112 \text{ dana}, 100 \% \text{ RTV}} = 49,38$). U tumačenje rezultata treba uključiti kolorimetrijske karakteristike podloga P₁ i P₂ (poglavlje 5.2, posebno kromatski koeficijent b*), a njihov odnos između ostalog diktira i kemijski sastav samih podloga.

U tabeli 5.3.4.3.2. prikazana je ΔE^* vrijednost ne lakiranog otiska izlaganog 7 dana ili 112 dana, umanjenog za ΔE^* lakiranog otiska vododisperzivnim lakom ili UV sušećim lakom izlaganih isti broj dana i ta razlika je označena s ΔE^*_R . Rezultati se odnose na otiske na podlozi P₁. U nekim slučajevima dolazi do povećanja ΔE^* za lakirani otisak kada se uspoređuje nelakirani i lakirani uzorak za isto vremensko razdoblje izlaganja otiska zračenju, pa su ti slučajevi u tabeli označeni plavom bojom. Kod otisaka na podlozi P₁ u kombinaciji sa žutim bojilima B₁ i B₂ lakirani UV sušećim lakom dolazi do smanjenja ΔE^*_R sa smanjenjem RTV vrijednosti (tabela 5.3.4.3.2).

Osim toga utvrđuje se da otisci P₁B₁L₂, P₁B₂L₂ i P₁B₃L₂ sa 100 % i 70 % RTV vrijednosti, izlagani sunčevom zračenju 112 dana imaju visoki ΔE^*_R , koji se smanjuje kod otisaka s 30 % RTV za 4 do 5 puta.

Tabela 5.3.4.3.2. Utjecaj lakiranja otisaka na njihovu stabilnost –o tisci na P₁ sa žutim bojilom

Uzorak	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R
	100 % RTV 7 dana	100 % RTV 112 dana	70 % RTV 7 dana	70 % RTV 112 dana	50 % RTV 7 dana	50 % RTV 112 dana	30 % RTV 7 dana	30 % RTV 112 dana
P ₁ B ₁ / P ₁ B ₁ L ₁	0,55	2,12	0,03	4,26	0,05	3,32	0,39	2,13
P ₁ B ₂ / P ₁ B ₂ L ₁	0,09	0,10	0,37	13,28	0,08	2,88	0,48	1,99
P ₁ B ₃ / P ₁ B ₃ L ₁	0,80	2,17	9,32	14,32	0,71	3,64	1,26	3,14
P ₁ B ₁ / P ₁ B ₁ L ₂	0,25	10,76	0,10	8,24	0,13	4,24	1,00	1,19
P ₁ B ₂ / P ₁ B ₂ L ₂	0,34	9,28	0,02	8,50	0,31	8,50	0,42	1,55
P ₁ B ₃ / P ₁ B ₃ L ₂	0,13	9,79	0,31	10,54	0,86	5,71	0,48	2,03

U tabeli 5.3.4.3.3. prikazana je ΔE^* vrijednost ne lakiranog žutog otiska, izlaganog 7 dana ili 112 dana, umanjenog za ΔE^* lakiranog otiska vododisperzivnim lakom ili UV sušećim lakom izlaganih isti broj dana i ta razlika je označena s ΔE^*_R . Rezultati se odnose na otiske na podlozi P₂. U nekim slučajevima dolazi do povećanja ΔE^* kada se uspoređuje nelakirani i lakirani uzorak za isto vremensko razdoblje izlaganja otiska zračenju, pa su ti slučajevi u tabeli označeni plavom bojom.

Tabela 5.3.4.3.3. Utjecaj lakiranja otisaka na njihovu stabilnost – otisci na podlozi P₂ sa žutim bojom

Uzorak	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R
	100 % RTV 7 dana	100 % RTV 112 dana	70 % RTV 7 dana	70 % RTV 112 dana	50 % RTV 7 dana	50 % RTV 112 dana	30 % RTV 7 dana	30 % RTV 112 dana
P ₂ B ₁ / P ₂ B ₁ L ₁	0,06	1,00	0,92	1,00	0,02	2,26	0	1,45
P ₂ B ₂ / P ₂ B ₂ L ₁	0,29	0,64	0,56	0,94	0,39	1,11	0,41	2,34
P ₂ B ₃ / P ₂ B ₃ L ₁	0,73	2,46	0,26	2,46	0,19	0,98	0,30	0,90
P ₂ B ₁ / P ₂ B ₁ L ₂	1,29	1,22	0,36	1,22	1,03	0,98	0,54	0,95
P ₂ B ₂ / P ₂ B ₂ L ₂	0,28	0,09	0,35	0,09	0,37	3,70	0,22	3,34
P ₂ B ₃ / P ₂ B ₃ L ₂	0,01	2,48	1,93	2,48	1,80	2,17	1,53	3,68

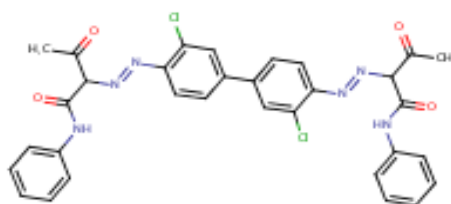
U ovoj seriji analize otisaka karakteristična je fluktuacija rezultata, bez nekog uočljivog trenda. U puno slučajeva ΔE^*_R lakiranog otiska veća je od nelakiranog, dok kod otisaka na podlozi P₁ je puno manje takovih slučajeva. Slični rezultati su dobiveni s otiscima u kombinaciji podloga P₂ magenta bojilo. Razlog za takove rezultate je u sastavu tih podloga, što je već prije naglašeno. Osim toga rezultati ukazuju da žuto bojilo ima manju svjetlo postojanost u odnosu na cijan i magenta ofsetno bojilo (slike 4.3.4.1.1. - 4.3.4.1.6, 4.3.4.2.1. - 4.3.4.2.6 i 4.3.4.3.1 - 4.3.4.3.6.).

Najmanji ΔE^* za sedmodnevno izlaganje ima otisak P₂B₃ ($\Delta E^* = 0,27$) s magenta bojom, a najveće otisci P₂B₂ i P₂B₃ ($\Delta E^* = 1,75$) sa žutim bojom. Kada se otisci izlažu utjecaju zračenja kroz prozorsko staklo 112 dana najmanji ΔE^* ima P₁B₃ (1,20) s cijan bojom, a najveći ΔE^* ima P₁B₂ (56,22) sa žutim bojom (tabela 5.3.4.3.4). Analiza rezultata obzirom na svjetlo postojanost bojila ukazuje na slijedeće: bojilo B₃ magenta u kombinaciji s podlogom P₂ postiže najmanji ΔE^* za sedmodnevno izlaganje zračenju, bojilo B₃ cijan u kombinaciji s podlogom P₁ postiže najmanji ΔE^* za izlaganje zračenju u trajanju od 112 dana i bojilo B₃ žuto s podlogom P₂ ima najveći ΔE^* za izlaganje otiska 112 dana.

Tabela 5.3.4.3.4. ΔE^* otisaka punog tona s cijanom, magentom i žutim bojilom, izlaganih utjecaju zračenja kroz prozorsko staklo 7 dana i 112 dana

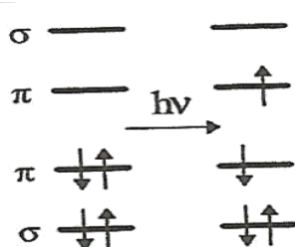
Uzorci	ΔE^* , cijan, 100 % RTV 7 dana	ΔE^* magenta 100 % RTV 7 dana	ΔE^* , žuta , 100 % RTV 7 dana	ΔE^* , cijan, 100 % RTV 112 dana	ΔE^* magenta 100 % RTV 112 dana	ΔE^* žuta, 100 % RTV 112 dana
P ₁ B ₁	0,42	1,00	0,71	2,02	3,25	51,44
P ₁ B ₂	0,63	1,54	0,94	1,69	4,20	56,22
P ₁ B ₃	0,33	0,48	0,30	1,20	3,40	51,36
P ₂ B ₁	1,17	0,81	1,04	2,00	3,48	14,35
P ₂ B ₂	0,54	0,90	1,75	1,28	2,41	6,67
P ₂ B ₃	0,38	0,27	1,75	1,57	3,18	17,47

Bojilo B₂ žuto u kombinaciji s podlogom P₂ postiže najveću ΔE^* vrijednost za sedmodnevno izlaganje zračenju, a bojilo B₂ žuto u kombinaciji s podlogom P₁ postiže najveću ΔE^* vrijednost za izlaganje otiska zračenju u trajanju od 112 dana (tabela 5.3.4.3.4).



Slika 5.3.4.3.1. C.I. Pigment Yellow 12

Na slici 5.3.4.3.1. prikazana je kemijska struktura jednog od pigmenata žutog diazo bojila. Tu se radi o konjugiranoj aromatskoj strukturi s različitim supstituentima. Svjetlo postojanost bojila vezana je uz process fotolize, u kojem foton absorbira bojilo. To uzrokuje razaranje kemijske veze i nastajanje nove specije.



Slika 5.3.4.3.2. Π electron pobuđen s fotonom [184]

Sigma i Π elektroni na nivou anti vezujuće energije uz energiju fotona, odnosno kvanta svjetlosti, prelaze u vezujući energetski nivo (slika 5.3.4.3.2.). Dakle, energija fotona povisuje

electron s njegovog osnovnog stanja u pobuđeno. Veza s koje pobuđeni electron dolazi razara se, što znači da sustav gubi konjugaciju potrebnu za kromofore. Molekula kada absorbira foton više nije obojena. Bojilo ima sada jednu molekulu manje u gustoći obojenja.

Kisik igra važnu ulogu kada molekula absorbira foton. Pobuđena molekula kada absorbira foton još ne završava fotolizu, jer je moguća reakcija s kisikom u osnovnom stanju kako bi nastalo pobuđeno singlet stanje. Ovdje treba napomenuti da je osnovno stanje kisika-triplet stanje. Singlet kisika je poznat da može reagirati s dvostrukim vezama i ostalim dijelovima molekule, koji su odgovorni za svojstva kisika.

Poznat je utjecaj komponenata papira (optička bjelila, tvari iz premaza), koji utječu na svjetlo postojanost bojila [185]. Optička bjelila absorbiraju fotone određene energije u UV području i emitiraju foton manje energije u vidljivom dijelu spektra. Tako su optička bjelila centri gdje može započeti fotokemijska reakcija. Kada bojilo dođe u kontakt s optičkim bjelilom bojilo apsorbira energiju od molekule optičkog bjelila, molekule koja je pobuđena apsorpcijom fotona. Mehanizam transfera je poznat, ovisan je o energetske nivou svake od dviju molekula. Značajno je, da optička bjelila su sklonija razaranju u odnosu na druge komponente.

Razarajuće djelovanje mogu imati veziva i površinsko aktivne tvari koje se koriste da bi osigurali formulacijama premaza lako prijanjanje i stabilnost na površini osnovne građe lista papira. Bilo koja od nabrojenih komponenata može utjecati na svjetlo postojanost otiska.

5.3.4.4. Vrijednosti ΔE^* za otiske s crnim bojilima

Na slikama 4.3.4.4.1. - 4.3.4.4.6. prikazane su razlike crne boje ΔE^* za otiske s različitim kemijskim sastavom bojila u kombinaciji s različitim tiskovnim podlogama, zatim o RTV vrijednostima, ne lakiranim i lakiranim otiscima s vododisperzivnim, te UV sušećim lakom, u odnosu na dinamiku izlaganja otisaka zračenju kroz prozorsko staklo.

Rezultati istraživanja pokazuju da se razlika obojenja ΔE^* povećava izlaganjem otisaka zračenju kroz prozorsko staklo, kako slijedi: $\Delta E^*_{\text{PIB1, 112 dana, 100 \% RTV}} - \Delta E^*_{\text{PIB1, 7 dana, 100 \% RTV}} = 0,05$; $\Delta E^*_{\text{PIB2, 112 dana, 100 \% RTV}} - \Delta E^*_{\text{PIB2, 7 dana, 100 \% RTV}} = 0,98$; $\Delta E^*_{\text{PIB3, 112 dana, 100 \% RTV}} - \Delta E^*_{\text{PIB3, 7 dana, 100 \% RTV}} = 0,50$; $\Delta E^*_{\text{PIB1, 112 dana, 70 \% RTV}} - \Delta E^*_{\text{PIB1, 7 dana, 70 \% RTV}} = 0,33$; $\Delta E^*_{\text{PIB2, 112 dana, 70 \% RTV}} - \Delta E^*_{\text{PIB2, 7 dana, 70 \% RTV}} = 0,34$; $\Delta E^*_{\text{PIB3, 112 dana, 70 \% RTV}} - \Delta E^*_{\text{PIB3, 7 dana, 70}}$

$\% \text{ RTV} = 1,06$; $\Delta E^*_{P1B1, 112 \text{ dana}, 50 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B1, 7 \text{ dana}, 50 \% \text{ RTV}} = 1,76$; $\Delta E^*_{P1B2, 112 \text{ dana}, 50 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B2, 7 \text{ dana}, 50 \% \text{ RTV}} = 1,96$; $\Delta E^*_{P1B3, 112 \text{ dana}, 50 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B3, 7 \text{ dana}, 50 \% \text{ RTV}} = 1,88$; $\Delta E^*_{P1B1, 112 \text{ dana}, 30 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B1, 7 \text{ dana}, 30 \% \text{ RTV}} = 2,56$; $\Delta E^*_{P1B2, 112 \text{ dana}, 30 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B2, 7 \text{ dana}, 30 \% \text{ RTV}} = 2,85$; $\Delta E^*_{P1B3, 112 \text{ dana}, 30 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P1B3, 7 \text{ dana}, 30 \% \text{ RTV}} = 2,57$.

Rezultati istraživanja pokazuju da se sa smanjenjem raster tonske vrijednosti u nizu 100 %, 70 % ,50 % i 30 %, povećava razlika ΔE^* za kombinacije kako slijedi: $\Delta E^*_{P1B1, 112 \text{ dana}}$, - $\Delta E^*_{P1B1, 7 \text{ dana}}$; $\Delta E^*_{P1B2, 112 \text{ dana}}$, - $\Delta E^*_{P1B3, 7 \text{ dana}}$ i $\Delta E^*_{P1B3, 112 \text{ dana}}$, - $\Delta E^*_{P1B3, 7 \text{ dana}}$.

Slijedi prikaz razlike ΔE^* otisaka sa crnim bojilom P_2B_1 , P_2B_2 i P_2B_3 punog tona, 70 %, 50 % i 30 % RTV u odnosu na 7 dana i 112 dana izlaganja zračenju kroz prozorsko staklo: $\Delta E^*_{P2B1, 112 \text{ dana}, 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B1, 7 \text{ dana}, 100 \% \text{ RTV}} = 0,45$; $\Delta E^*_{P2B2, 112 \text{ dana}, 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B2, 7 \text{ dana}, 100 \% \text{ RTV}} = 0,11$; $\Delta E^*_{P2B3, 112 \text{ dana}, 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B3, 7 \text{ dana}, 100 \% \text{ RTV}} = 0,89$; $\Delta E^*_{P2B1, 112 \text{ dana}, 70 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B1, 7 \text{ dana}, 70 \% \text{ RTV}} = 0,42$; $\Delta E^*_{P2B2, 112 \text{ dana}, 70 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B2, 7 \text{ dana}, 70 \% \text{ RTV}} = 1,03$; $\Delta E^*_{P2B3, 112 \text{ dana}, 70 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B3, 7 \text{ dana}, 70 \% \text{ RTV}} = 1,39$; $\Delta E^*_{P2B1, 112 \text{ dana}, 50 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B1, 7 \text{ dana}, 50 \% \text{ RTV}} = 1,80$; $\Delta E^*_{P2B2, 112 \text{ dana}, 50 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B2, 7 \text{ dana}, 50 \% \text{ RTV}} = 2,24$; $\Delta E^*_{P2B3, 112 \text{ dana}, 50 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B3, 7 \text{ dana}, 50 \% \text{ RTV}} = 1,82$; $\Delta E^*_{P2B1, 112 \text{ dana}, 30 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B1, 7 \text{ dana}, 30 \% \text{ RTV}} = 4,05$; $\Delta E^*_{P2B2, 30 \text{ dana}, 100 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B2, 7 \text{ dana}, 30 \% \text{ RTV}} = 2,52$; $\Delta E^*_{P2B3, 112 \text{ dana}, 30 \% \text{ RTV}} - \Delta E^*_{P2B3, 7 \text{ dana}, 30 \% \text{ RTV}} = 3,37$.

Ovisnost ΔE^* gore prikazanih otisaka P_2B_1 , P_2B_2 i P_2B_3 o raster tonskoj vrijednosti i vremenu izlaganja otisaka, ima isti trend u odnosu na otiske P_1B_1 , P_1B_2 i P_1B_3 . Na osnovu gore prikazanih rezultata utvrđuje se da najmanju razliku između ΔE^* za otisak eksponiran 112 dana i onaj izložen 7 dana akceptirajući njegovu raster tonsku vrijednost ima otisak P_2B_2 100 % RTV, ($\Delta E^* = 0,11$), a najveću otisak P_1B_2 30 % RTV ($\Delta E^* = 4,05$).

U tabeli 5.3.4.4.1. prikazuje se detaljna analiza rezultata utjecaja kartona P_1 i P_2 na ΔE^* vrijednost otisaka sa crnim bojilom različitog kemijskog sastava: B_1 , B_2 i B_3 . Usporedbom $\Delta E^*_{P1 \text{ izlaganje } 112} - \Delta E^*_{P1 \text{ izlaganje } 7 \text{ dana}}$ i $\Delta E^*_{P2, \text{ izlaganje } 112} - \Delta E^*_{P2, \text{ izlaganje } 7 \text{ dana}}$ za 100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV, utvrđuje se da rezultati tih relacija nemaju isti trend ΔE^* vrijednosti u odnosu na vrstu podloge korištene za tisak u svim promatranim slučajevima. Isti trend imaju $\Delta E^*_{P1B3 \text{ izlaganje } 112} - \Delta E^*_{P1B3 \text{ izlaganje } 7 \text{ dana}}$ i $\Delta E^*_{P2B3, \text{ izlaganje } 112} - \Delta E^*_{P2B3, \text{ izlaganje } 7 \text{ dana}}$ za 100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV, a odnos je takav da smanjenjem RTV vrijednosti povećava se razlika $\Delta E^*_{\text{izlaganje } 112} - \Delta E^*_{\text{izlaganje } 7 \text{ dana}}$.

Tabela 5.3.4.4.1. Utjecaj vrste kartona na ΔE^* otisaka sa crnim bojilom

Otisak	Razlika ΔE^* izlaganje: 112dana -7 dana, 100 % RTV	Razlika ΔE^* izlaganje: 112dana -7 dana, 70 % RTV	Razlika ΔE^* izlaganje: 112dana -7 dana, 50 % RTV	Razlika ΔE^* izlaganje: 112dana -7 dana, 30 % RTV
P ₁ B ₁	0,05	0,33	1,76	2,56
P ₂ B ₁	0,45	0,42	1,80	4,05
P ₁ B ₂	0,98	0,34	1,96	2,85
P ₂ B ₂	0,11	1,03	2,24	2,52
P ₁ B ₃	0,50	1,06	1,88	2,57
P ₂ B ₃	0,89	1,39	1,82	3,37

U tabeli 5.3.4.4.2. prikazana je ΔE^* vrijednost ne lakiranog otiska izlaganog 7 dana ili 112 dana, umanjenog za ΔE^* lakiranog otiska vododisperzivnim lakom ili UV sušecim lakom izlaganih isti broj dana i ta razlika je označena s ΔE^*_R . Rezultati se odnose na otiske na podlozi P₁.

Tabela 5.3.4.4.2. Utjecaj lakiranja otisaka na njihovu stabilnost –otisci na podlozi P₁ s crnim bojilom

Uzorak	ΔE^*_R 100 % RTV 7 dana	ΔE^*_R 100 % RTV 7 dana	ΔE^*_R 70 % RTV 7 dana	ΔE^*_R 70 % RTV 112 dana	ΔE^*_R 50 % RTV 7 dana	ΔE^*_R 50 % RTV 112 dana	ΔE^*_R 30 % RTV 7 dana	ΔE^*_R 30 % RTV 112 dana
P ₁ B ₁ / P ₁ B ₁ L ₁	0,20	0,01	0,76	0,21	0,20	0,33	0,16	0,48
P ₁ B ₂ / P ₁ B ₂ L ₁	1,08	1,96	0,27	0,08	0,56	0,32	0,25	0,04
P ₁ B ₃ / P ₁ B ₃ L ₁	0,16	1,27	0,44	0,37	0,45	0,06	0,02	0,04
P ₁ B ₁ / P ₁ B ₁ L ₂	0,06	0,10	0,09	0,09	0,02	0,01	0,21	0,02
P ₁ B ₂ / P ₁ B ₂ L ₂	0,17	2,23	0,23	0,28	0,66	0,65	0,32	0,49
P ₁ B ₃ / P ₁ B ₃ L ₂	0,24	0,53	0,28	0,27	0	0,19	0,20	0,02

U nekim slučajevima dolazi do povećanja ΔE^* za lakirani otisak kada se uspoređuje nelakirani i lakirani uzorak za isto vremensko razdoblje izlaganja otiska zračenju, pa su ti slučajevi u tabeli označeni plavom bojom.

Rezultati istraživanja pokazuju da u ovoj seriji analiza nema izraženih trendova. Može se jedino zapaziti da otisci $P_1B_1L_1$ imaju uglavnom veću ΔE^*_R izlaganje 7 dana u odnosu na ΔE^*_R izlaganje 112 uglavnom za svaku ispitanu raster tonsku vrijednost, dok otisci s istim bojiлом i na istoj podlozi, samo lakirani UV sušćim lakom imaju manju ΔE^*_R za otiske izlagane 7 dana u odnosu na one izlagane 112 dana zračenju kroz prozorsko staklo.

Općenita karakteristika je da je ΔE^*_R otisaka na podlozi P_1 s crnim bojiлом lakiranih lakovima L_1 i L_2 u iznosima relativno mala za sve uzorke (za $P_1B_3 / P_1B_3L_2 = 0$).

U tabeli 5.3.4.4.3. prikazana je ΔE^* vrijednost ne lakiranog crnog otiska, izlaganog 7 dana ili 112 dana, umanjenog za ΔE^* lakiranog otiska vododisperzivnim lakom ili UV sušćim lakom izlaganih isti broj dana i ta razlika je označena s ΔE^*_R . Rezultati se odnose na otiske na podlozi P_2 . U nekim slučajevima dolazi do povećanja ΔE^* kada se uspoređuje nelakirani i lakirani uzorak za isto vremensko razdoblje izlaganja otiska zračenju, pa su ti slučajevi u tabeli označeni plavom bojom.

Tabela 5.3.4.4.3. Utjecaj lakiranja otisaka na njihovu stabilnost – otisci na podlozi

P_2 sa crnim bojiлом

Uzorak	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R	ΔE^*_R
	100 % RTV 7 dana	100 % RTV 112 dana	70 % RTV 7 dana	70 % RTV 112 dana	50 % RTV 7 dana	50 % RTV 112 dana	30 % RTV 7 dana	30 % RTV 112 dana
$P_2B_1/$ $P_2B_1L_1$	0,23	0,10	1,00	0,53	0,79	0,57	0,27	0,44
$P_2B_2/$ $P_2B_2L_1$	0,05	0,33	0,28	0,05	0,10	0,37	0,24	0,77
$P_2B_3/$ $P_2B_3L_1$	0,17	0,28	0,07	0,29	0,33	1,32	0,38	0,79
$P_2B_1/$ $P_2B_1L_2$	0,28	0,14	0,43	0,16	0,43	0,43	0,09	1,24
$P_2B_2/$ $P_2B_2L_2$	0,54	0,09	0,27	0,45	0,12	1,41	0,33	1,11
$P_2B_3/$ $P_2B_3L_2$	1,45	3,27	2,71	1,55	2,04	0,18	2,60	0,49

U ovoj seriji analize otisaka karakteristična je fluktuacija rezultata, bez nekog uočljivog trenda. U puno slučajeva ΔE^*_R lakiranog otiska veća je od nelakiranog., dok kod otisaka na podlozi P_1 je puno manje takovih slučajeva. Slični rezultati su dobiveni s otiscima u kombinaciji podloga P_2 magenta bojiло kao i P_2 žuto bojiло. Razlog za takove rezultate je u

sastavu tih podloga, što je već prije naglašeno. Osim toga rezultati ukazuju da crno bojilo ima veću svjetlo postojanost u odnosu na cijan, magenta i žuto ofsetno bojilo (slike 4.3.4.1.1. - 4.3.4.1.6, 4.3.4.2.1. - 4.3.4.2.6, 4.3.4.3.1 - 4.3.4.3.6. i 4.3.4.4.1 - 4.3.4.4.6.

Tabela 5.3.4.4.4. ΔE^* otisaka punog tona; separacije s cijan, magenta, žutim i crnim bojilom za izlaganje utjecaju zračenja kroz prozorsko staklo 7 dana

Uzorci	ΔE^* , cijan, 100 % RTV	ΔE^* magenta 100 % RTV	ΔE^* , žuta, 100 % RTV	ΔE^* , crna, 100 % RTV
P ₁ B ₁	0,42	1,00	0,71	0,52
P ₁ B ₂	0,63	1,54	0,94	1,88
P ₁ B ₃	0,33	0,48	0,30	0,20
P ₂ B ₁	1,17	0,81	1,04	0,53
P ₂ B ₂	0,54	0,90	1,75	0,31
P ₂ B ₃	0,38	0,27	1,75	0,20

Utvrđeno je da otisci s crnim bojilom, 100 % RTV vrijednosti, eksponirani zračenju 7 dana imaju najmanju ΔE^* vrijednost (ΔE^* : P₁B₃ = 0,20; P₂B₁ = 0,53; P₂B₂ = 0,31; P₂B₃ = 0,20), izuzev otisaka P₁B₁ i P₁B₂. Iza crne po veličini vrijednosti ΔE^* dolaze otisci cijana, čije se ΔE^* vrijednosti kreću u intervalu od 0,38 do 1,17. Prema veličini ΔE^* dolaze otisci žute na kartonu P₁ za sve tri formulacije bojila (ΔE^* P₁B₁ = 0,71; P₁B₂ = 0,94; P₁B₃ = 0,30). Otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ s magenta bojilom 100 % RTV izlagani 7 dana imaju najveće ΔE^* za karton P₁ (ΔE^* : P₁B₁ = 1,00; P₁B₂ = 1,54; P₁B₃ = 0,48). Međutim otisci P₂B₁, P₂B₂ i P₂B₃ za 100 % RTV, sa žutim bojilom uz sedmodnevno izlaganje postižu najveću ΔE^* (P₂B₁ = 1,04; P₂B₂ = 1,75; P₂B₃ = 1,75)

Tabela 5.3.4.4.5. ΔE^* otisaka punog tona; separacije s cijan, magenta, žutim i crnim bojilom za izlaganje utjecaju zračenja kroz prozorsko staklo 112 dana

Uzorci	ΔE^* , cijan, 100 % RTV	ΔE^* magenta 100 % RTV	ΔE^* , žuta 100 % RTV	ΔE^* , crna, 100 % RTV
P ₁ B ₁	2,02	3,25	51,44	0,57
P ₁ B ₂	1,69	4,20	56,22	2,86
P ₁ B ₃	1,20	3,40	51,36	0,70
P ₂ B ₁	2,00	3,48	14,35	0,84
P ₂ B ₂	1,28	2,41	6,67	0,51
P ₂ B ₃	1,57	3,18	17,47	4,36

Utvrđeno je da ΔE^* otisci s crnim bojilom 100 % RTV vrijednosti, izlagani 112 dana imaju najmanji ($P_1B_1 = 0,57$; $P_1B_3 = 0,70$; $P_2B_1 = 0,84$; $P_2B_2 = 0,51$), izuzev ΔE^* otisaka P_1B_2 i P_2B_3 . Iza crne po veličini vrijednosti ΔE^* dolaze otisci cijana, čije ΔE^* vrijednosti se kreću u intervalu od 1,20 do 2,02, odnosno za nešto više u odnosu na one otiske izlagane 7 dana. Prema veličini ΔE^* dolaze otisci magenta, koji otisnuti na kartonu P_1 imaju u većini nešto veći ΔE^* u odnosu na otiske na kartonu P_2 ($P_1B_2 = 4,20$; $P_1B_2 = 2,41$; $P_1B_3 = 3,40$; $P_2B_3 = 3,18$). Najveći ΔE^* imaju otisci P_1B_1 , P_1B_2 i P_1B_3 100 % RTV, sa žutim bojilom 100 % RTV uz izlaganje u trajanju 112 dana ($P_1B_1 = 51,44$; $P_1B_2 = 56,22$; $P_1B_3 = 51,36$).

Ugljikova crna je prirodni anorganski pigment. Njegova struktura je djelomično mikrokristalinična, čije su primarne čestice gotovo sferične, prelaze u veće čestice, tvore lance i klastere [186]. Ugljikova crna se najzad dijeli u vrlo male čestice od 10 – 50 nm. Veličina čestica utječe na njegovu postojanost. Na osnovu kemijske strukture to bojilo je stabilno, pa u literaturi nosi oznaku klase I.

5.4. Ubrzano termalno starenje otisaka u zraku sa / bez zagađivala atmosfere NO₂

Promjene vizualnih, mehaničkih i/ili kemijskih svojstava otisaka dugim korištenjem (procesom starenja), je kompleksni degradacijski proces, koji uključuje reakcije kartona i bojila. On ovisi o endogenim čimbenicima (sastav, proizvodnja, pH, ioni metala), kao i egzogenim, koji uključuju uvjete okoliša (sunčevo zračenje, temperaturu, vlagu, zagađivala atmosfere).

5.4.1. Vrijednosti ΔL^* otisaka izlaganih ubrzanom termalnom starenju i termalnom starenjem u prisutnosti NO₂ za separacije CMYK bojila

Dobra svjetlo postojanost otiska osigurava njegovu dobru stabilnost nakon dugog vremena korištenja.

Na slikama 4.4.1.1 - 4.4.1.3. prikazane su ΔL^* vrijednosti otisaka cijan bojila sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, nastalih ubrzanim termalnim starenjem i termalnim starenjem u prisutnosti NO₂.

Na osnovu rezultata utvrđuje se da otisci P_1B_1 , P_1B_2 i P_1B_3 sa cijan bojilom, raster tonske vrijednosti 100 %, 70 %, 50 %, i 30 % RTV, ubrzano termalno starenje bez prisutnosti plinovitog zagađivala atmosfere NO₂ i uz njegovu prisutnost u koncentracijama 100 ppm i

800 ppm, imaju negativne ΔL^* vrijednosti. To znači da je svjetlina ΔL^* tih otisaka poslije izlaganja procesima ubrzanog termalnog starenja sa / bez NO_2 manja od ΔL^* neizlaganog otiska.

U tabeli 5.4.1.1. su prikazani rezultati ubrzanog termičkog starenja bez prisutnosti NO_2 za otiske cijana punog tona i 30 % RTV [187].

Tabela 5.4.1.1. ΔL^* otisaka cijana 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju

Uzorak	100 % RTV 1 dan termalno	100 % RTV 5 dan termalno	30 % RTV 1 dan termalno	30 % RTV 5 dan termalno
P ₁ B ₁	-0,52	-1,85	-0,76	-2,22
P ₁ B ₂	-0,33	-1,67	-1,22	-2,45
P ₁ B ₃	-0,67	-1,88	-0,23	-1,31

Iako se negativne ΔL^* vrijednosti malo razlikuju, može se nazrijeti: utjecaj sastava bojila, duljine perioda izlaganja otiska i njihove svjetline tonova. Otisak P₁B₂ s cijan bojilom, 100 % RTV, ima najmanji negativni ΔL^* u odnosu na P₁B₁ i P₁B₃, nakon prvog dana starenja, da bi se ta vrijednost nakon 2 dana starenja gotovo 4 puta povećala, dok otisak P₁B₁ nakon jednog dana izlaganja ima ΔL^* -0,52, da bi nakon 2 dana ΔL^* vrijednost bila -0,71.

Procesi, koji se dešavaju starenjem mogu biti brži ili pak sporiji, što ovisi o kinetici reakcija. Otisci sa svjetlijim tonovima imaju veće negativne razlike ΔL^* u odnosu na tamne tonove.

Kod većine otisaka kada se izlože djelovanju termalnog starenja uz NO_2 u ovisnosti o koncentraciji i periodu izlaganja povećava se negativna vrijednost ΔL^* ($\Delta L^*_{\text{P1B2 termalno, 2dana}} = -1,10$), ($\Delta L^*_{\text{P1B2 termalno} + \text{NO}_2 100\text{ppm, 2dana}} = -1,19$), ($\Delta L^*_{\text{P1B2 termalno} + \text{NO}_2 800\text{ppm, 2dana}} = -1,44$) (tabela 5.4.1.2.).

Tabela 5.4.1.2. ΔL^* otisaka cijana 100% i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju uz prisutnost NO_2

Uzorak	100 % RTV 100 ppm NO_2 1 dan	100 % RTV 800 ppm NO_2 1 dan	100 % RTV 100 ppm NO_2 5 dan	100 % RTV 800 ppm NO_2 5 dan	30 % RTV 100 ppm NO_2 1 dan	30 % RTV 800 ppm NO_2 1 dan	30 % RTV 100 ppm NO_2 5 dan	30 % RTV 800 ppm NO_2 5 dan
P ₁ B ₁	-0,34	-0,55	-0,98	-1,46	-0,49	-0,50	-1,67	-1,79
P ₁ B ₂	-0,77	-0,69	-1,56	-1,78	-1,52	-1,53	-2,73	-2,66
P ₁ B ₃	-1,01	-1,04	-1,67	-1,93	0,10	-0,05	-0,76	-1,31

Na slikama 4.4.1.4 - 4.4.1.6 su rezultati ΔL^* za otiske s magentom, sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV, i 30 % RTV, nastalih ubrzanim termalnim starenjem i termalnim starenjem u prisutnosti NO₂.

Utvrđuje se da svi otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ s magenta bojilom, sa 100% raster tonskom vrijednosti ubrzano termalno starenjeni bez prisutnosti plinovitog zagađivala atmosfere NO₂ i uz njegovu prisutnost u koncentracijama 100 ppm i 800 ppm, imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti.

Kod otisaka sa 70 % RTV, 50 % RTV, i 30 % RTV o vrsti bojila ovisi predznak ΔL^* vrijednosti. Otisci P₁B₁ sa 70 % RTV termalno starenjeni sa / bez NO₂ imaju pozitivne ΔL^* vrijednost za prva četiri dana zlaganja, dok je za peti dan ΔL^* negativan. Većina otisaka s magenta bojilom 70 % i 50 % raster tonske vrijednosti imaju pozitivan ΔL^* .

Općenito se može reći da su vrijednosti ΔL^* male. Utvrđuju se izraziti trendovi smanjenja ΔL^* vrijednosti sa smanjenjem raster tonskih vrijednosti otisaka, posebno za otiske P₁B₁, velikom većinom za otiske P₁B₃, dok se kod otisaka P₁B₂ te nepravilnost gotovo da nema. U tabeli 5.4.1.3. prikazuju se rezultati ΔL^* vrijednosti otisaka magente 100 % RTV i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju.

Tabela 5.4.1.3. ΔL^* otisaka magente 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju

Uzorak	100 % RTV 1 dan termalno	100 % RTV 5 dan termalno	30 % RTV 1 dan termalno	30 % RTV 5 dan termalno
P ₁ B ₁	1,24	0,92	-0,15	-1,69
P ₁ B ₂	0,86	0,54	-1,27	-2,21
P ₁ B ₃	1,47	1,33	-0,14	-1,28

Rezultati pokazuju da kod svih istraživanih otisaka: P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ sa 100 % RTV povećanjem dana izlaganja ubrzanom termalnom starenju smanjuje se ΔL^* , ali vrijednosti ostaju pozitivne, što znači da dolazi do izbljeđivanja bojila. Smanjenje je najmanje za bojilo B₁. Kod otisaka s bojilima B₂ i B₃ smanjenje ΔL^* izlaganjem otiska je veće za isti iznos. Svi otisci s 30 % raster tonske vrijednosti imaju negativnu ΔL^* vrijednost, koje se povećavaju s vremenom izlaganja uzoraka ubrzanom termičkom starenju.

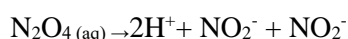
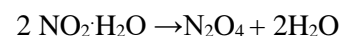
Tabela 5.4.1.4. ΔL^* otisaka magente 100 % RTV i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju uz prisutnost NO_2

Uzorak	100 % RTV 100 ppm NO_2 1 dan	100 % RTV 800 ppm NO_2 1 dan	100 % RTV 100 ppm NO_2 5 dan	100 % RTV 800 ppm NO_2 5 dan	30 % RTV 100 ppm NO_2 1 dan	30 % RTV 800 ppm NO_2 1 dan	30 % RTV 100 ppm NO_2 5 dan	30 % RTV 800 ppm NO_2 5 dan
P ₁ B ₁	1,28	1,05	1,04	0,75	-0,15	-0,31	-1,42	-1,51
P ₁ B ₂	0,65	0,70	0,39	0,55	-1,19	-1,39	-2,23	-2,11
P ₁ B ₃	1,29	1,21	1,32	0,96	0,10	0,29	-0,55	-0,84

Otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ sa 100 % RTV imaju pozitivni ΔL^* , kada su izlagani i nižoj i višoj koncentraciji NO_2 . Utvrđuje se da otisci P₁B₁ 100 % RTV izlagani termičkom starenju uz koncentraciju od 100 ppm NO_2 kroz 1 dan imaju nešto veći ΔL^* u odnosu na neizlagani otisak dušikovom (IV) oksidu uz ostale iste uvjete. Međutim, izlaganjem višoj koncentraciji od 800 ppm NO_2 , ΔL^* se smanjuje. Slično se ponaša i otisak P₁B₃, dok se ΔL^* otiska P₁B₂ povećava, povećanjem koncentracije NO_2 .

Kod otisaka s manjom RTV vrijednosti u većini slučajeva utvrđuje se negativni ΔL^* , izuzev otiska P₁B₃, koji ima pozitivni ΔL^* za izlaganje termičkom starenju 1 dan uz koncentraciju 100 ppm NO_2 , kao i za 800 ppm. Kod izlaganja sa 100 ppm NO_2 nakon 2 i 3 dana L^* poprima negativnu vrijednost, koja se povećava, zatim se smanjuje, da bi nakon 5 dana poprimila vrijednost od -0,55.

Zagađivala na papiru dovode do acidifikacije, koja je manja na alkalnim papirima. Acidifikacija i ubrzano starenje dovode do pogoršanja svojstava svih papira, ali kod alkalnih papira proces se dešava sporije. Nakon termalnog starenja i prisustva zagađivala, papiri sadrže slobodne kiselinske specije, koji se ne uklanjaju procesom termalnog starenja nego su odgovorni za nastajanje kiselo hidratizirane hidrolize celuloze, koja je katalizirana ionima metala prelazi u oksido –redukcijski proces. Sam mehanizam procesa može se prikazati kako slijedi:



a ionom metala dolazi do oksidacijsko redukcijske reakcije [188]. Takove reakcije mogu utjecati na karakteristike podloge, ali i kompleksnu interakciju podloge s bojilom.

Na slikama 4.4.1.7 - 4.4.1.9 prikazani su rezultati ΔL^* za otiske s žutim bojilom, sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, nastalih ubrzanim termalnim starenjem i termalnim starenjem u prisutnosti NO_2 . Na osnovu rezultata se utvrđuje da otisci P_1B_1 , P_1B_2 i P_1B_3 s žutim bojilom, raster tonske vrijednosti 100 %, 70 %, 50 %, i 30 % RTV, ubrzano termalno stareni bez prisutnosti plinovitog zagađivala atmosfere NO_2 i uz njegovu prisutnost u koncentracijama 100 ppm i 800 ppm, imaju negativne ΔL^* vrijednosti. Istu karakteristiku predznaka ΔL^* imaju i otisci s cijan bojilom, samo što su u ovom slučaju dobivene uglavnom veće negativne vrijednosti (tabela. 5.4.1.5.)

Tabela 5.4.1.5. ΔL^* za otiske s žutim bojilom u odnosu na otiske s cijan bojilom

Otisci	100 % RTV	75% RTV	50 % RTV	30 % RTV
P_1B_1 , žuta 0 % ppm, izlagano 1 dan	-1,09	-0,90	-0,80	-0,53
P_1B_1 , cijan 0 % ppm, izlagano 1 dan	-0,52	-0,38	-0,09	-0,76
P_1B_1 , žuta 0 % ppm, izlagano 5 dana	-2,50	-2,44	-2,18	-2,17
P_1B_1 , cijan 0 % ppm, izlagano 5 dan	-1,85	-1,31	-1,54	-2,22

Najveća razlika u negativnoj ΔL^* vrijednosti za otisak s žutim bojilom u odnosu na cijan se postiže za otisak s 100 % RTV izlagan 5 dana. Kada se usporede otisci sa sva tri bojila, najveće razlike između žutog i cijan se utvrđuju za otisak s bojilom B_3 izlaganim 5 dana (ΔL^* razlika P_1B_3 žuta-cijan za 100 % RTV = -1,16; ΔL^* razlika P_1B_3 žuta-cijan za 70 % RTV = -1,20; ΔL^* razlika P_1B_3 žuta-cijan za 50 % RTV = -1,17; ΔL^* razlika P_1B_3 žuta-cijan za 30 % RTV = -1,08). U tabeli 5.4.1.6. prikazani su rezultati ΔL^* vrijednosti otisaka žute 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju.

Tabela 5.4.1.6. ΔL^* otisaka žute 100% i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju

Uzorak	100 % RTV, 1 dan termalno	100 % RTV, 5 dan termalno	30 % RTV, 1 dan termalno	30 % RTV, 5 dan termalno
P_1B_1	-1,09	-2,50	-0,53	-2,17
P_1B_2	-1,65	-2,99	-1,40	-2,90
P_1B_3	-1,25	-3,04	-0,77	-2,47

Rezultati istraživanja pokazuju da otisak P_1B_2 brže dovodi do promjene svjetline ΔL^* , (bojilo tamni) u odnosu na druga dva, kada se izlaže termalnom starenju 1 dan. Povećanjem vremena izlaganja na 5 dana najveću negativnu vrijednost ΔL^* postiže uzorak P_1B_3 , dok najveću razliku između 1 dana izlaganja i 5 dana postiže otisak P_1B_1 .

Općenito, za sve otiske s 30 % RTV utvrđuju se manje negativne vrijednosti ΔL^* u odnosu na otiske žute s 100 % RTV. Najveću razliku ΔL^* postiže otisak P₁B₃, kada se usporede uzorci izlagani termalnom starenju 1 dan i 5 dana (ΔL^* P₁B₃ žuta za 100 % RTV 1 dan ΔL^* P₁B₃ žuta za 100 % RTV 5 dana = -0,57).

Tabela 5.4.1.7. ΔL^* otisaka žute 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju uz prisutnost NO₂

Uzorak	100 % RTV 100ppm NO ₂ 1 dan	100 % RTV 800ppm NO ₂ 1 dan	100 % RTV 100ppm NO ₂ 5 dan	100 % RTV 800ppm NO ₂ 5 dan	30 % RTV 100ppm NO ₂ 1 dan	30 % RTV 800ppm NO ₂ 1 dan	30 % RTV 100ppm NO ₂ 5 dan	30 % RTV 800ppm NO ₂ 5 dan
P ₁ B ₁	-1,05	-1,35	-2,14	-2,38	-0,69	-0,77	-1,94	-1,94
P ₁ B ₂	-1,92	-1,89	-2,85	-3,01	-1,89	-1,89	-2,46	-2,51
P ₁ B ₃	-1,29	-1,21	-1,32	-0,96	-0,70	-0,55	-2,03	-1,91

Negativna vrijednost ΔL^* povećava se povećavanjem vremena izlaganja otisaka i povećavanjem koncentracije. Izuzetak je otisak P₁B₃ 100 % RTV izložen sa 800 ppm NO₂ kod kojeg povećanjem dana izlaganja negativni ΔL^* se smanjuje.

Na slikama 4.4.1.10 - 4.4.1.12 rezultati su ΔL^* za otiske s crnim bojilom, sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, nastalih ubrzanim termalnim starenjem i termalnim starenjem uz prisutnost NO₂. Općenito se može reći, da predznaci ΔL^* otisaka s crnim bojilima imaju puno sličnosti s onima otisaka s magenta bojilom. Tako otisci P₁B₁, P₁B₃ 100 % i 70 % RTV i otisci P₁B₂ 100 % RTV izlagani 1 – 5 dana, imaju pozitivan predznak ΔL^* . Utvrđena karakteristika kod otisaka s crnim bojilom je veća razlika u ΔL^* vrijednosti između otisaka s 100 % RTV i onih sa svjetlijim tonovima koji imaju tridesetpostotnu raster tonsku vrijednost (Tabela 5.4.1.8)

Tabela 5.4.1.8. ΔL^* otisaka crnog bojila 100% i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju

Uzorak	100 % RTV 1 dan termalno	100 % RTV 5 dana termalno	30 % RTV 1 dan termalno	30 % RTV 5 dana termalno
P ₁ B ₁	2,75	2,57	-0,16	-1,25
P ₁ B ₂	4,97	4,33	-1,08	-2,27
P ₁ B ₃	2,95	3,20	-1,11	-1,81

Kod otisaka P₁B₁ i P₁B₂ ΔL^* vrijednost se povećanjem vremena izlaganja termičkom starenju smanjuje (ΔL^* P₁B₁ crna za 100 % RTV 1 dan – ΔL^* P₁B₁ crna za 100 % RTV 5 dana = 0,18; ΔL^* P₁B₂

crna za 100 % RTV 1 dan – ΔL^* P1B2 crna za 100 % RTV 5 dana = 0,64), za razliku od otiska P1B3 gdje se ΔL^* povećava. Dobiveni rezultati pokazuju, da u slučaju otiska P1B3 duljim vremenom izlaganja otiska procesu termalnog starenja, dolazi do njegovog daljnjeg blijedenja. Kod svih promatranih otisaka sa 30 % RTV produženjem vremena izlaganja termičkom starenju, negativna ΔL^* vrijednost se povećava. U tabeli 5.4.1.9. prikazan je ΔL^* otisaka žute 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju uz prisutnost NO₂.

Tabela 5.4.1.9. ΔL^* otisaka žute 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju uz prisutnost NO₂

Uzorak	100 % RTV 100 ppm NO ₂ 1 dan	100 % RTV 800 ppm NO ₂ 1 dan	100 % RTV 100 ppm NO ₂ 5dana	100 % RTV 800 ppm NO ₂ 5 dana	30 % RTV 100 ppm NO ₂ 1 dan	30 % RTV 800 ppm NO ₂ 1 dan	30 % RTV 100 ppm NO ₂ 5 dana	30 % RTV 800 ppm NO ₂ 5 dana
P1B1	2,65	2,83	2,92	2,30	-0,30	-0,46	-1,33	-1,54
P1B2	4,23	4,44	4,37	4,62	-1,19	-1,33	-2,12	-2,03
P1B3	2,62	2,33	3,35	2,81	-.0,24	-0,30	-1,10	-1,16

Rezultati istraživanja pokazuju da kod otisaka P1B1 i P1B2 sa 100 % RTV vrijednost ΔL^* se povećanjem koncentracije NO₂ povećava – bojilo blijedi (ΔL^* P1B1 crna za 100 % RTV 1 dan NO₂ 800ppm - ΔL^* P1B1 crna za 100 % RTV, 1 dan, NO₂ 100ppm = 0,18; ΔL^* P1B2 crna za 100 % RTV 1 dan, NO₂ 800ppm - ΔL^* P1B2 crna za 800% RTV 1 dan, NO₂ 100ppm = 0,21), za razliku od otiska P1B3 gdje se ΔL^* smanjuje – bojilo tamni.

Svi prikazani otisci u tabeli 5.4.1.9. sa 30 % RTV imaju negativne ΔL^* vrijednosti. U svim slučajevima negativne vrijednosti se povećavaju s povećanjem koncentracije NO₂, kao i s povećanjem dana izlaganja otisaka. Najveće povećanje negativnog ΔL^* utvrđuje se kada se uspoređuje promjena koncentracije NO₂ kod otiska P1B1 (ΔL^* P1B1 crna za 30 % RTV 1 dan, NO₂ 800ppm - ΔL^* P1B1 crna za 100 % RTV 1 dan, NO₂ 100ppm = -0,16). Najveće povećanje negativnog ΔL^* utvrđuje se kada se uspoređuje vremenski period izlaganja koncentraciji NO₂ isto kod otiska P1B1 kada se eksponira s 800 ppm NO₂ 1 dan u odnosu na 5 dana.

5.4.2. Vrijednosti Δa^* otisaka izlaganih ubrzanom termalnom starenju i termalnom starenju u prisutnosti NO₂ za separacije CMYK bojila

Na slikama 4.4.2.1 - 4.4.2.3. prikazane su Δa^* vrijednosti otisaka cijan bojila sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, nastalih ubrzanim termalnim starenjem i termalnim starenjem u prisutnosti NO₂.

Na osnovu rezultata se utvrđuje da otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ sa cijan bojom, raster tonske vrijednosti 100 %, ubrzano termalno starenjeni bez prisutnosti plinovitog zagađivala atmosfere NO₂, imaju negativne Δa^* vrijednosti, koje se povećavanjem vremena izlaganja povećavaju i pomiču u crveno područje.

Otisak P₁B₁ sa cijan bojom, raster tonske vrijednosti 70%, ubrzano termalno starenjeni ima prva dva dana pozitivan Δa^* da bi nakon toga daljnjim izlaganjem prešao u $-\Delta a^*$, dakle iz crvenog prelazi u zeleno područje. Slično se ponaša i otisak P₁B₃ samo što do prelaska u $-\Delta a^*$ dolazi izlaganjem uzorka 5 dana. Otisak P₁B₂ sa 70 % RTV, u svim terminima izlaganja ima negativne Δa^* , koje se tijekom izlaganja nešto smanjuju. Otisak s tom kombinacijom karton /bojilo sa 50 % RTV ima negativni Δa^* kroz sve termine izlaganja, a vrijednosti se nešto smanjuju.

Otisci P₁B₁ i P₁B₃ sa 50 % RTV imaju pozitivne Δa^* vrijednosti u svim terminima izlaganja. Razlikuju se u tome što kod P₁B₁ vrijednosti Δa^* se smanjuju tijekom izlaganja i približuju akromatskom području, dok se kod P₁B₃ Δa^* prvog dana izlaganja znatno ne razlikuje od petog dana izlaganja.

Otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ sa 30 % RTV svi imaju Δa^* pozitivne vrijednosti, kako je to prikazano u tabeli 5.4.2.1.

Tabela 5.4.2.1. Δa^* otisaka cijan bojila 100% i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju

Uzorak	100 % RTV, 1 dan termalno	100 % RTV, 5 dan termalno	30 % RTV, 1 dan termalno	30 % RTV, 5 dan termalno
P ₁ B ₁	-0,97	-2,85	0,08	0,08
P ₁ B ₂	-1,38	-1,97	0,09	0,35
P ₁ B ₃	-0,93	-2,41	0,77	0,89

Osnovna karakteristika P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ otisaka sa 100 % RTV je da svi imaju $-\Delta a^*$, čija se vrijednost nakon izlaganja ubrzanom termalnom starenju povećava, dakle pomiče u smjeru zelenog područja. Pomicanje rezultata od centra kromatskih osi raste kromatičnost boja u CIELAB prostoru.

Karakteristika rezultata otisaka P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ sa 30 % RTV je da su Δa^* sve pozitivne, i da su grupirane relativno blizu akromatskog područja, tu se misli posebno na otisak P₁B₁.

Rezultati istraživanja pokazuju da nakon jednog dana izlaganja otisaka ne dolazi do većeg utjecaja povećanje koncentracije NO₂ na Δa^* . Međutim, povećanje koncentracije NO₂ ima različiti utjecaj u odnosu na kombinaciju pologa/bojilo: od jednakih vrijednosti (P₁B₃) do pomicanja u smjeru crvenog (P₁B₁) i u smjeru prema akromatičnosti (P₁B₂).

Tabela 5.4.2.2. Δa^* otisaka cijan 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju uz prisutnost NO₂

Uzorak	100 % RTV 100ppm NO ₂ 1 dan	100 % RTV 800ppm NO ₂ 1 dan	100 % RTV 100ppm NO ₂ 5 dan	100 % RTV 800ppm NO ₂ 5 dan	30 % RTV 100ppm NO ₂ 1 dan	30 % RTV 800ppm NO ₂ 1 dan	30 % RTV 100ppm NO ₂ 5 dan	30 % RTV 800ppm NO ₂ 5 dan
P ₁ B ₁	-0,93	-1,07	-2,35	-1,93	0,17	0,16	-0,09	-0,03
P ₁ B ₂	-1,22	-0,84	-1,93	-1,79	0,36	0,47	0,25	0,45
P ₁ B ₃	-0,79	-0,79	-2,52	-2,05	0,91	1,00	0,91	0,96

Karakteristika rezultata otisaka P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ otisaka sa 30 % RTV je da su Δa^* vrijednosti sve pozitivne, izuzev otisaka P₁B₁ izlaganog 5 dana koncentraciji NO₂ od 100 ppm i 800 ppm.

Na slikama 4.4.2.4 - 4.4.2.6. prikazane su Δa^* vrijednosti otisaka magenta bojila sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, nastalih ubrzanim termalnim starenjem i termalnim starenjem u prisutnosti NO₂

Na osnovu rezultata se utvrđuje da otisci P₁B₁ i P₁B₃ s magenta bojilom, raster tonske vrijednosti 100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV, ubrzano termalno starenji bez prisutnosti plinovitog zagađivala atmosfere NO₂ i uz njegovu prisutnost u koncentracijama 100 ppm i 800 ppm, imaju negativne Δa^* vrijednosti. Otisak P₁B₂ sa 100 % i 70 % RTV ubrzano termalno starenji bez prisutnosti plinovitog zagađivala atmosfere NO₂ i uz njegovu prisutnost u koncentracijama 100 ppm i 800 ppm, imaju također negativne Δa^* vrijednosti. Međutim, kod otisaka s 50 % RTV, Δa^* je pozitivan prva tri dana izlaganja, četvrti dan je negativan, da bi peti dan poprimio opet pozitivnu vrijednost. Kod otiska s 30 % RTV izmjenjuju se pozitivne i negativne vrijednosti Δa^* .

Osnovna karakteristika P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ otisaka sa 100 % RTV je da svi imaju $-\Delta a^*$, čija se vrijednost nakon petodnevnog izlaganja ubrzanom termalnom starenju povećava, dakle pomiče u smjeru zelenog područja. Najveći pomak u smjeru zelenog u odnosu na vrijeme izlaganja je kod otiska P₁B₂.

Tabela 5.4.2.3. Δa^* otisaka magenta bojila 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju

Uzorak	100 % RTV, 1 dan termalno	100 % RTV, 5 dan termalno	30 % RTV, 1 dan termalno	30 % RTV, 5 dan termalno
P ₁ B ₁	-1,66	-2,36	-0,57	-0,29
P ₁ B ₂	-2,60	-3,35	0,41	0,23
P ₁ B ₃	-1,90	-3,27	-0,43	-1,16

Otisci P₁B₁ i P₁B₃ 30 % RTV imaju $-\Delta a^*$, dok otisak P₁B₂ ima pozitivnu Δa^* vrijednost, što znači da se pomiču u suprotnim smijerovima (zeleno-crveno područje). Otisci P₁B₁ i P₁B₂ nakon petodnevnog izlaganja blizu su akromatskog područja.

Rezultati istraživanja pokazuju da nakon jednog dana termalnog izlaganja sa 100 ppm i jednog dana izlaganja s 800 ppm NO₂ kod otisaka P₁B₁ i P₁B₂ dolazi do povećanja negativne vrijednosti Δa^* , za razliku od otiska P₁B₃. U ovom slučaju veći utjecaj na vrijednosti Δa^* ostvaruje se većim brojem dana izlaganja uzoraka naznačenim koncentracijama NO₂ nego povećanjem koncentracije sa 100 ppm na 800 ppm.

Otisci P₁B₁ i P₁B₃ s 30 % imaju negativni Δa^* , za razliku od P₁B₂ otiska izlaganog 5 dana s koncentracijom NO₂ od 800 ppm., koji je vrlo blizu akromatskom području.

Na slikama 4.4.2.7 - 4.4.2.9. prikazane su Δa^* vrijednosti otisaka žutog bojila sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, nastalih ubrzanim termalnim starenjem i termalnim starenjem u prisutnosti NO₂.

Na osnovu rezultata istraživanja utvrđuje se da otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ s žutim bojilom, raster tonske vrijednosti 100 %, 70 %, 50 %, i 30 %, ubrzano termalno starenj bez prisutnosti plinovitog zagađivala atmosfere NO₂ i uz njegovu prisutnost u koncentracijama 100 ppm i 800 ppm, imaju svi pozitivne Δa^* vrijednosti.

Takovi rezultati upućuju na veći ili manji pomak prema crvenom području, koji je u funkciji sastava bojila, raster tonske vrijednosti, vremena izlaganja i koncentracije NO₂.

U tabeli 5.4.2.4. prikazani su rezultati Δa^* otisaka s žutim bojilom, sa 100 % i 30 % raster tonskom vrijednosti, izloženi ubrzanom termalnom starenju.

Tabela 5.4.2.4. Δa^* otisaka s žutim bojiлом 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju

Uzorak	100 % RTV, 1 dan termalno	100 % RTV, 5 dana termalno	30 % RTV, 1 dan termalno	30 % RTV, 5 dana termalno
P ₁ B ₁	0,67	1,79	0,09	0,91
P ₁ B ₂	1,89	2,95	0,61	1,32
P ₁ B ₃	0,99	2,53	0,11	0,99

Rezultati istraživanja pokazuju da otisak P₁B₂ sa punim tonom ima najveći Δa^* nakon jednodnevnog i petodnevnog izlaganja ubrzanom termalnom starenju. Najveće povećanje Δa^* između jednodnevnog i petodnevnog termalnog starenja nastaje kod otiska P₁B₃ (Δa^* P₁B₃ žuta za 100 % RTV 5 dana - Δa^* P₁B₃ žuta za 100 % RTV 1 dan = 1,54), u odnosu na druga dva otiska.

Svjetli tonovi, otisci s 30 % RTV imaju manje Δa^* vrijednosti u odnosu na one s 100 % RTV. Najveća razlika za jednodnevno izlaganje otisaka sa 100 % RTV i otiska s 30 % RTV, utvrđuje se za otisak P₁B₂ (Δa^* P₁B₂ žuta za 100 % RTV 1 dan - Δa^* P₁B₂ žuta za 30 % RTV 1 dan = 1,28).

U tabeli 5.4.2.5. prikazuju se rezultati istraživanja Δa^* otisaka s žutim bojiлом sa 100 % i 30 % RTV, izloženih ubrzanom termalnom starenju uz prisutnost različitih koncentracija NO₂.

Tabela 5.4.2.5. Δa^* otisaka s žutim bojiлом sa 100 % i 30 % RTV, izloženih ubrzanom termalnom starenju uz prisutnost NO₂

Uzorak	100 % RTV	100 % RTV	100 % RTV	100 % RTV	30 % RTV	30 % RTV	30 % RTV	30 % RTV
	100 ppm NO ₂ , 1 dan	800 ppm NO ₂ , 1 dan	100 ppm NO ₂ , 5 dana	800 ppm NO ₂ , 5 dana	100 ppm NO ₂ , 1 dan	800 ppm NO ₂ , 1 dan	100 ppm NO ₂ , 5 dana	800 ppm NO ₂ , 5 dana
P ₁ B ₁	0,59	0,77	1,56	1,73	0,13	0,10	0,66	0,73
P ₁ B ₂	2,05	1,99	2,91	2,98	0,76	0,59	1,29	1,11
P ₁ B ₃	1,12	1,08	2,23	2,68	0,15	0,23	0,94	0,93

Otisci P₁B₂ i P₁B₃ sa punim tonom izloženi ubrzanom termičkom starenju 1 dan s koncentracijom 100 ppm NO₂ imaju veći Δa^* u odnosu na otiske s opisanim karakteristikama, ali uz koncentraciju 800 ppm NO₂. Međutim, svi otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ sa punim tonom izloženi ubrzanom termičkom starenju 5 dan s koncentracijom 100 ppm NO₂ imaju manji Δa^* u odnosu na otiske s opisanim karakteristikama, ali uz koncentraciju 800ppm NO₂.

Otisci P₁B₁ i P₁B₂ sa 30 % RTV izloženi ubrzanom termičkom starenju 1 dan s koncentracijom 100 ppm NO₂ maju veći Δa^* u odnosu na otiske s opisanim karakteristikama,

ali uz koncentraciju 800 ppm NO₂ (Δa^* P_{1B1} žuta za 30 % RTV 1 dan, 100 ppm - Δa^* P_{1B1} žuta za 30 % RTV 1 dan 800ppm = 0,03); (Δa^* P_{1B2} žuta za 30 % RTV 1 dan, 100 ppm - Δa^* P_{1B2} žuta za 30 % RTV 1 dan 800ppm = 0,17).

Na slikama 4.4.2.10 - 4.4.2.12. prikazane su Δa^* vrijednosti otisaka P_{1B1}, P_{1B2} i P_{1B3} s crnim bojilom i raster tonskim vrijednostima: 100 %, 70 %, 50 % i 30 %, izloženih ubrzanom termičkom starenju i termičkom starenju u prisutnosti NO₂.

Otisci P_{1B1} sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV izloženih ubrzanom termičkom starenju i termičkom starenju u prisutnosti NO₂ u vremenskom periodu 1, 2, 3, 4, i 5 dana svi imaju negativni Δa^* , izuzev otiska sa 70 % RTV izlaganog 3 dana termičkom starenju bez prisutnosti NO₂. Kod tog otiska nema promjena, dakle akromatičan je. Osim toga otisci P_{1B1} sa 30 % RTV na početku termina izlaganja uz koncentraciju NO₂ 100 ppm i na kraju termina izlaganja termičkom starenju bez prisutnosti NO₂ imaju pozitivan Δa^* (Δa^* P_{1B1} crna za 30 % RTV 1 dan, NO₂ 100ppm = 0,03; Δa^* P_{1B1} crna za 30 % RTV 5 dana = 0,05).

Otisci P_{1B2} sa 70 %, 50 %, i 30 % raster tonske vrijednosti izloženih ubrzanom termičkom starenju i termičkom starenju u prisutnosti NO₂ imaju pozitivne Δa^* vrijednosti, za razliku od većine otisaka P_{1B1} koji se pomiču u smjeru zelenog, ovi se pomiču u smjeru crvenog. Kod otisaka P_{1B2} sa 100 % RTV izloženih ubrzanom termičkom starenju i termičkom starenju u prisutnosti NO₂ u terminu 1 - 5 dana utvrđuju se naizmjenično prisutne negativne i pozitivne Δa^* vrijednosti.

Otisci P_{1B3} sa 70 %, 50 %, i 30 % raster tonske vrijednosti izloženi 1 - 5 dana ubrzanom termičkom starenju i termičkom starenju u prisutnosti različitih koncentracija NO₂ imaju svi negativne Δa^* vrijednosti, izuzev otiska sa 70 % RTV izloženog 1 dan termičkom starenju uz koncentraciju NO₂ od 800 ppm (Δa^* P_{1B3} crna za 70 % RTV 1 dan, NO₂ 800ppm = 0,04).

Kod otisaka P_{1B3} sa 100 % RTV izloženih ubrzanom termičkom starenju i termičkom starenju u prisutnosti NO₂ u terminu 1 - 5 dana utvrđuju se negativne i pozitivne Δa^* vrijednosti. Otisak P_{1B3} izlagan 3 dana termičkom starenju u prisutnosti 800 ppm NO₂ nema promjena Δa^* (P_{1B3} crna za 100 % RTV 3 dana, 800ppm NO₂ = 0,00), dakle on je u akromatičnom području.

Tabela 5.4.2.6. Δa^* otisaka s crnim bojilom 100% i 30 % RTV izloženih ubrzanom termičkom starenju

Uzorak	100 % RTV, 1 dan termalno	100 % RTV, 5 dan termalno	30 % RTV, 1 dan termalno	30 % RTV, 5 dan termalno
P ₁ B ₁	-0,42	-0,24	-0,15	0,05
P ₁ B ₂	-0,01	0,13	0,31	0,22
P ₁ B ₃	0,03	-0,24	-0,03	-0,28

Općenito se može reći, da rezultati istraživanja Δa^* otisaka prikazani u tabeli 5.4.2.6. imaju male vrijednosti i grupirani su prema centru kromatskih osi, dakle prema akromatičnosti.

5.4.3. Vrijednosti Δb^* otisaka izlaganih ubrzanom termalnom starenju i termalnom starenju u prisutnosti NO₂ za separacije CMYK bojila

Na slikama 4.4.3.1 - 4.4.3.3. prikazane su Δb^* vrijednosti otisaka cijan bojila sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, nastalih ubrzanim termalnim starenjem i termalnim starenjem u prisutnosti različitih koncentracija NO₂ u vremenskom terminu 1 - 5 dana. Na osnovu rezultata se utvrđuje da otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ a cijan bojilom, raster tonske vrijednosti 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV ubrzano termalno stareni bez prisutnosti plinovitog zagađivala atmosfere NO₂ te uz njegovu prisutnost u koncentracijama 100 ppm i 800 ppm u vremenskom periodu 1 - 5 dana imaju pozitivne Δb^* vrijednosti, što znači da se pomiču žuto u područje. U tabeli 5.4.3.1. prikazani su rezultati Δb^* otisaka s cijan bojilom, sa 100 % i 30 % RTV, u ovisnosti o vremenu izlaganja ubrzanom termičkom starenju.

Tabela 5.4.3.1. Δb^* otisaka s cijan bojilom 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termičkom starenju 1 i 5 dana

Uzorak	100 % RTV, 1 dan termalno	100 % RTV, 5 dana termalno	30 % RTV, 1 dan termalno	30 % RTV, 5 dana termalno
P ₁ B ₁	4,22	8,42	4,05	6,37
P ₁ B ₂	3,71	6,17	2,02	5,51
P ₁ B ₃	3,98	8,86	3,62	8,57

Praćenjem promjene Δb^* otisaka dužinom vremena izlaganja, utvrđuje se da kod otiska P_1B_1 procesi se dešavaju brže u odnosu na P_1B_2 i P_1B_3 (Δb^* P_1B_1 cijan za 100 % RTV 1 dana = 4,22; Δb^* P_1B_2 cijan za 100 % RTV 1 dana = 3,71; Δb^* P_1B_3 cijan za 100 % RTV 1 dana = 3,98).

Najveće povećanje Δb^* između jednodnevnog i petodnevnog termičkog starenja nastaje kod otiska P_1B_3 (Δb^* P_1B_3 cijan za 100 % RTV 5 dana – Δb^* P_1B_3 cijan za 100 % RTV 1 dan = 1,48), u odnosu na druga dva otiska. Svjetli tonovi, otisci s 30% raster tonske vrijednosti imaju nešto manje Δb^* vrijednosti u odnosu na otiske s 100 % RTV. Najveća razlika za jednodnevno izlaganje otisaka sa 100 % RTV i otiska s 30 % RTV, utvrđuje se za otisak P_1B_2 (Δb^* P_1B_2 cijan za 100 % RTV 1 dan - Δb^* P_1B_2 cijan za 30 % RTV 1 dan = 1,69).

U tabeli 5.4.3.2. prikazani su rezultati istraživanja Δb^* otisaka s cijan bojilom sa 100 % i 30 % RTV, izloženih ubrzanom termalnom starenju 1 dan i 5 dana, uz prisutnost različitih koncentracija NO_2 . Karakterističnost ove serije uzoraka je da otisci P_1B_1 , P_1B_2 i P_1B_3 sa 100 % RTV izlagani 1 dan sa 100 ppm NO_2 imaju veće Δb^* vrijednosti kada se uspoređuju s istim otiscima izlaganim s većom koncentracijom NO_2 i to 800 ppm (Δb^* P_1B_1 cijan za 100 % RTV 1 dan, 100 ppm - Δb^* P_1B_1 žuta za 30 % RTV 1 dan 800ppm = 0,02; Δb^* P_1B_2 cijan, 100 % RTV 1 dan, 100 ppm - Δb^* P_1B_2 cijan, 100 % RTV 1 dan 800ppm = 0,35; Δb^* P_1B_1 cijan 100 % RTV 1 dan, 100 ppm - Δb^* P_1B_1 cijan 100 % RTV, 1 dan, 100ppm = 0,30).

Tabela 5.4.3.2. Δb^* otisaka s cijan bojilom sa 100 % i 30 % RTV, izloženih ubrzanom termalnom starenju 1 i 5 dana uz prisutnost NO_2

Uzorak	100 % RTV 100 ppm NO_2 , 1 dan	100 % RTV 800 ppm NO_2 , 1 dan	100 % RTV 100 ppm NO_2 , 5 dana	100 % RTV 800 ppm NO_2 , 5 dana	30 % RTV 100 ppm NO_2 , 1 dan	30 % RTV 800 ppm NO_2 , 1 dan	30 % RTV 100 ppm NO_2 , 5 dana	30 % RTV 800 ppm NO_2 , 5 dana
P_1B_1	4,49	4,47	5,88	7,00	2,05	2,37	6,14	5,70
P_1B_2	3,96	3,61	5,96	6,09	2,59	2,75	5,51	5,50
P_1B_3	4,26	3,96	6,73	7,12	3,56	2,44	6,24	6,47

Na slikama 4.4.3.4 - 4.4.3.6. prikazane su Δb^* vrijednosti otisaka magenta bojila sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, nastalih ubrzanim termalnim starenjem i termalnim starenjem u prisutnosti NO_2

Na osnovu rezultata se utvrđuje da otisci P_1B_1 , P_1B_2 i P_1B_3 s magenta bojilom, raster tonske vrijednosti 100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV, ubrzano termalno starenje bez prisutnosti plinovitog zagađivala atmosfere NO_2 i uz njegovu prisutnost u koncentracijama 100 ppm i 800 ppm, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti.

Tabela 5.4.3.3. Δb^* otisaka magenta bojila 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju

Uzorak	100 % RTV, 1 dan termalno	100 % RTV, 5 dan termalno	30 % RTV, 1 dan termalno	30 % RTV, 5 dan termalno
P ₁ B ₁	4,84	6,70	2,80	6,00
P ₁ B ₂	3,77	6,23	2,20	5,70
P ₁ B ₃	4,47	6,73	2,40	6,80

Osnovna karakteristika P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ otisaka sa 100 % RTV je da svi imaju pozitivne Δb^* vrijednosti, čija se vrijednost nakon petodnevnog izlaganja ubrzanom termalnom starenju povećava. Najveći pomak u odnosu na vrijeme izlaganja je kod otiska P₁B₂. Otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ 30 % RTV imaju pozitivni Δb^* .

Rezultati istraživanja pokazuju da nakon 1, 2, 3, 4 i 5 dana termalnog izlaganja sa 100 ppm i jednog dana izlaganja s 800 ppm NO₂ kod otisaka P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ Δb^* vrijednosti zadržavaju pozitivan predznak.

Na slikama 4.4.3.7 - 4.4.3.9. prikazane su Δb^* vrijednosti otisaka žutog bojila sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, nastalih ubrzanim termalnim starenjem i termalnim starenjem u prisutnosti NO₂.

Na osnovu rezultata istraživanja utvrđuje se da otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ s žutim bojilom, raster tonske vrijednosti 100 %, 70 %, ubrzano termalno starenji bez prisutnosti plinovitog zagađivala atmosfere NO₂ i uz njegovu prisutnost u koncentracijama 100 ppm i 800 ppm, imaju svi negativne Δb^* vrijednosti. Otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ s žutim bojilom, raster tonske vrijednosti 50 %, 30 %, ubrzano termalno starenji bez prisutnosti plinovitog zagađivala atmosfere NO₂ i uz njegovu prisutnost u koncentracijama 100 ppm i 800 ppm, imaju pozitivne Δb^* vrijednosti osim otisaka P₁B₁ (Δb^* P₁B₁ žuta za 50 % RTV 1 dan = - 0,10), P₁B₃ (Δb^* P₁B₃ žuta za 50 % RTV 2 dan = - 0,10), P₁B₃ (Δb^* P₁B₃ žuta za 50 % RTV 3 dan = - 0,10), P₁B₃ (Δb^* P₁B₃ žuta za 50 % RTV 4 dan = -0,10), P₁B₃ (Δb^* P₁B₃ žuta za 50 % RTV, 100 ppm 1 dan = - 0,80), P₁B₃ (Δb^* P₁B₃ žuta za 50 % RTV, 100 ppm 2 dan = - 0,60), P₁B₃ (Δb^* P₁B₃ žuta za 50 % RTV, 100 ppm 5 dan = - 0,10), P₁B₃ (Δb^* P₁B₃ žuta za 50 % RTV, 200 ppm 2 dan = - 0,80), P₁B₃ (Δb^* P₁B₃ žuta za 50 % RTV, 200 ppm 5 dan = - 0,70).

U tabeli 5.4.3.4. prikazani su rezultati Δb^* otisaka s žutim bojilom, sa 100 % i 30 % raster tonskom vrijednosti, izloženi ubrzanom termalnom starenju.

Tabela 5.4.3.4. Δb^* otisaka s žutim bojilom 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju

Uzorak	100 % RTV, 1 dan termalno	100 % RTV, 5 dana termalno	30 % RTV, 1 dan termalno	30 % RTV, 5 dana termalno
P ₁ B ₁	-4,07	-6,09	0,90	2,90
P ₁ B ₂	-4,70	-5,97	2,10	5,70
P ₁ B ₃	-3,66	-6,08	1,10	2,70

Najveće povećanje Δb^* između jednodnevnog i petodnevnog termalnog starenja nastaje kod otiska P₁B₃ (Δb^*_{P1B3} žuta za 100 % RTV 5 dana - Δb^*_{P1B3} žuta za 100 % RTV 1 dan = -2,42), u odnosu na druga dva otiska.

Svjetli tonovi, otisci s 30% raster tonske vrijednosti imaju pozitivne Δb^* vrijednosti u odnosu na one s 100 % RTV. Najveća razlika između jednodnevnog i petodnevnog termalnog starenja nastaje kod otiska P₁B₂ (Δb^*_{P1B2} žuta za 30 % RTV 5 dana - Δb^*_{P1B2} žuta za 30 % RTV 1 dan = 3,60).

U tabeli 5.4.3.5. prikazuju se rezultati istraživanja Δb^* otisaka s žutim bojilom sa 100 % i 30 % RTV, izloženih ubrzanom termalnom starenju uz prisutnost različitih koncentracija NO₂.

Tabela 5.4.3.5. Δb^* otisaka s žutim bojilom sa 100 % i 30 % RTV, izloženih ubrzanom termalnom starenju uz prisutnost NO₂

Uzorak	100 % RTV	100 % RTV	100 % RTV	100 % RTV	30 % RTV	30 % RTV	30 % RTV	30 % RTV
	100 ppm NO ₂ , 1 dan	800 ppm NO ₂ , 1 dan	100 ppm NO ₂ , 5 dana	800 ppm NO ₂ , 5 dana	100 ppm NO ₂ , 1 dan	800 ppm NO ₂ , 1 dan	100 ppm NO ₂ , 5 dana	800 ppm NO ₂ , 5 dana
P ₁ B ₁	-3,79	-4,28	-6,11	-6,21	0,90	0,80	3,10	2,60
P ₁ B ₂	-4,80	-4,85	-6,08	-6,12	1,70	2,60	3,50	4,30
P ₁ B ₃	-3,39	-3,33	-4,72	-5,48	0,60	0,60	2,40	1,80

Svi otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ sa 100 % RTV i 30 % RTV izloženi ubrzanom termičkom starenju 5 dana s koncentracijom 100 ppm i 800 ppm NO₂ imaju veći Δb^* u odnosu na otiske izložene ubrzanom termičkom starenju od 1 dana.

Na slikama 4.4.3.10 - 4.4.3.12. prikazane su Δb^* vrijednosti otisaka P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ s crnim bojilom i raster tonskim vrijednostima: 100 %, 70 %, 50 % i 30 %, izloženih ubrzanom termičkom starenju i termičkom starenju u prisutnosti NO₂.

Svi otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ sa 100 % RTV izloženih ubrzanom termičkom starenju i termičkom starenju u prisutnosti NO₂ u vremenskom periodu 1, 2, 3, 4, i 5 dana imaju negativni Δb*, izuzev otiska P₁B₃ sa 100 % RTV izlaganog 4 dana termičkom starenju bez prisutnosti NO₂. Taj otisak ima Δb* P₁B₃ crna za 100 % RTV 4 dana = 0,12. Osim toga pozitivni Δb* imaju otisci P₁B₃ sa 100 % RTV kod petodnevnog izlaganja uz koncentraciju NO₂ 100 ppm i 800 ppm.

Otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ sa 70%, 50%, i 30% raster tonske vrijednosti izloženih ubrzanom termičkom starenju i termičkom starenju u prisutnosti NO₂ imaju pozitivne Δb* vrijednosti.

Tabela 5.4.3.6. Δb* otisaka s crnim bojilom 100% i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju

Uzorak	100 % RTV, 1 dan termalno	100 % RTV, 5 dan termalno	30 % RTV, 1 dan termalno	30 % RTV, 5 dan termalno
P ₁ B ₁	-0,09	-0,32	1,60	4,70
P ₁ B ₂	-0,71	-0,98	1,20	5,60
P ₁ B ₃	-0,34	-0,22	1,80	5,30

5.4.4. Vrijednosti ΔE* otisaka izlaganih ubrzanom termalnom starenju i termalnom starenju u prisutnosti NO₂ za separacije CMYK bojila

Na slikama 4.4.4.1 - 4.4.4.3. prikazane su ΔE* vrijednosti otisaka cijan bojila sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV nastalih ubrzanim termalnim starenjem i termalnim starenjem u prisutnosti NO₂.

Na osnovu rezultata se utvrđuje da otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ sa cijan bojilom, raster tonske vrijednosti 100 %, 70 %, 50 %, i 30 % RTV, ubrzano termalno starenj bez prisutnosti plinovitog zagađivala atmosfere NO₂ ima pozitivne ΔE* vrijednosti, koje se povećavanjem dana izlaganja povećavaju, a smanjenjem RTV smanjuju. U tabeli 5.4.4.1. prikazani su rezultati ΔE* otisaka ubrzanog termičkog starenja bez prisutnosti NO₂ za otiske cijana punog tona i 30 % RTV.

Tabela 5.4.4.1. ΔE^* otisaka cijana 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju

Uzorak	100 % RTV, 1 dan termalno	100 % RTV, 5 dana termalno	30 % RTV, 1 dan termalno	30 % RTV, 5 dana termalno
P ₁ B ₁	4,36	9,08	4,12	6,75
P ₁ B ₂	3,97	6,69	2,36	6,04
P ₁ B ₃	4,14	9,37	3,71	8,73

Vrijednosti ΔE^* jasno pokazuju utjecaj sastava bojila i duljine perioda izlaganja otiska. Otisak P₁B₂ s cijan bojilom, 100 % RTV i 30 % RTV, ima najmanji ΔE^* u odnosu na P₁B₁ i P₁B₃, za jednodnevno izlaganje kao i za petodnevno izlaganje, što znači najbolju svjetlo postojanost (ΔE^* P₁B₂, 100 % RTV, 1 dan = 3,97; ΔE^* P₁B₂, 100 % RTV, 5 dana = 6,69; ΔE^* P₁B₂, 30 % RTV, 1 dan = 2,36 i ΔE^* P₁B₂, 30 % RTV, 5 dana = 6,04).

Tabela 5.4.4.2. ΔE^* otisaka cijan bojila 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju uz prisutnost NO₂

Uzorak	100 % RTV	100 % RTV	100 % RTV	100 % RTV	30 % RTV	30 % RTV	30 % RTV	30 % RTV
	100 ppm NO ₂ , 1 dan	800 ppm NO ₂ , 1 dan	100 ppm NO ₂ , 5 dana	800 ppm NO ₂ , 5 dana	100 ppm NO ₂ , 1 dan	800 ppm NO ₂ , 1 dan	100 ppm NO ₂ , 5 dana	800 ppm NO ₂ , 5 dana
P ₁ B ₁	4,09	4,28	7,68	7,39	2,38	2,79	6,61	6,11
P ₁ B ₂	4,02	3,78	7,14	6,84	3,05	3,03	6,15	5,97
P ₁ B ₃	4,10	3,83	8,41	7,95	4,55	3,91	7,95	8,13

Kod većine otisaka kada se izlože djelovanju termalnog starenja uz 100 ppm NO₂ u odnosu na povećanje njegove koncentracije na 800 ppm ne dolazi do znatnijeg povećanja ΔE^* , a u nekim slučajevima ΔE^* se smanjuje. Najveći ΔE^* postiže otisak P₁B₃ 100 % RTV izlagan 1 dan s 800 ppm NO₂ (ΔE^* P₁B₃, 100 % RTV, 1 dan = 8,41), a najmanji ΔE^* postiže otisak P₁B₁ 30 % RTV izlagan 1 dan sa 100ppm NO₂ (ΔE^* P₁B₁, 30 % RTV, 1 dan = 2,38).

Na slikama 4.4.4.4 - 4.4.4.6. prikazane su ΔE^* vrijednosti otisaka magenta bojila sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, nastalih ubrzanim termalnim starenjem i termalnim starenjem u prisutnosti NO₂.

Na osnovu rezultata se utvrđuje da otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ s magenta bojilom, raster tonske vrijednosti 100 %, 70 %, 50 %, i 30 % RTV, ubrzano termalno starenji bez prisutnosti plinovitog zagađivala atmosfere NO₂ ima pozitivne ΔE^* vrijednosti, koje se povećavanjem dana izlaganja povećavaju, a smanjenjem RTV vrijednosti smanjuju. Isti trend ΔE^* utvrđuje se i kod otisaka s cijan bojilom. U tabeli 5.4.4.3. prikazani su rezultati ΔE^* otisaka ubrzanog termičkog starenja bez prisutnosti NO₂ za otiske magente punog tona i 30 % RTV.

Tabela 5.4.4.3. ΔE^* otisaka magente 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju

Uzorak	100 % RTV, 1 dan termalno	100 % RTV, 5 dan termalno	30 % RTV, 1 dan termalno	30 % RTV, 5 dan termalno
P ₁ B ₁	5,26	7,16	2,81	6,26
P ₁ B ₂	4,66	7,09	2,61	6,12
P ₁ B ₃	5,07	7,60	2,40	7,00

Utvrđuje se da otisak P₁B₂ s magenta bojilom, 100 % RTV i 30 % RTV, ima uglavnom najmanji ΔE^* u odnosu na P₁B₁ i P₁B₃, za jednodnevno izlaganje kao i za petodnevno izlaganje, što znači najbolju svjetlo postojanost ($\Delta E^*_{P_{1}B_{2}, 100\% RTV, 1 dan} = 4,66$; $\Delta E^*_{P_{1}B_{2}, 100\% RTV, 5 dana} = 7,09$ i $\Delta E^*_{P_{1}B_{2}, 30\% RTV, 5 dana} = 6,12$). Izuzetak je otisak P₁B₂ 30 % RTV izlagan 1 dan ($\Delta E^*_{P_{1}B_{2}, 30\% RTV, 1 dan} = 2,61$).

Tabela 5.4.4.4. ΔE^* otisaka magente 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju uz prisutnost NO₂

Uzorak	100 % RTV 100ppm NO ₂ , 1 dan	100 % RTV 800ppm NO ₂ , 1 dan	100 % RTV 100ppm NO ₂ , 5 dana	100 % RTV 800ppm NO ₂ , 5 dana	30 % RTV 100ppm NO ₂ , 1 dan	30 % RTV 800ppm NO ₂ , 1 dan	30 % RTV 100ppm NO ₂ , 5 dana	30 % RTV 800ppm NO ₂ , 5 dana
P ₁ B ₁	4,84	4,96	6,41	7,00	2,09	2,42	6,33	5,70
P ₁ B ₂	4,77	4,60	6,97	6,67	2,86	3,11	5,95	5,89
P ₁ B ₃	4,78	4,38	7,33	7,59	3,70	2,63	6,42	6,66

Otisci izlagani djelovanju termalnog starenja uz 100 ppm i 800 ppm NO₂ ne pokazuju izraziti trend ovisnosti u odnosu na uvjete eksponiranosti i ΔE^* za određeni otisak kao što je to bio slučaj s cijan bojilom. Utvrđeno je da najniža ΔE^* pripada otisku P₁B₁ 30 % RTV, za izlaganje 1 dan sa koncentracijom NO₂ od 100 ppm ($\Delta E^*_{P_{1}B_{1}, 30\% RTV, 1 dan} = 2,09$), a najviša otisku P₁B₁ 100 % RTV, za izlaganje 5 dana s koncentracijom NO₂ od 800 ppm.

Na slikama 4.4.4.7 - 4.4.4.9. prikazane su ΔE^* vrijednosti otisaka žutog bojila sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, nastalih ubrzanim termalnim starenjem i termalnim starenjem u prisutnosti NO₂.

Na osnovu rezultata se utvrđuje da otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ žutim bojilom, raster tonske vrijednosti 100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV, ubrzano termalno starenji bez prisutnosti plinovitog zagađivala atmosfere NO₂ ima pozitivne ΔE^* vrijednosti, koje se povećavanjem dana izlaganja povećavaju, a smanjenjem RTV vrijednosti smanjuju. Isti trend ΔE^* utvrđuje

se i kod otisaka s cijan i magenta bojilom. U tabeli 5.4.4.5. prikazani su rezultati ΔE^* otisaka ubrzanog termičkog starenja bez prisutnosti NO_2 za otiske žute punog tona i 30 % RTV.

Tabela 5.4.4.5. ΔE^* otisaka žute 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju

Uzorak	100 % RTV, 1 dan termalno	100 % RTV, 5 dan termalno	30 % RTV, 1 dan termalno	30 % RTV, 5 dan termalno
P ₁ B ₁	4,27	6,82	1,05	3,76
P ₁ B ₂	5,33	7,30	2,85	6,50
P ₁ B ₃	3,99	7,25	1,37	3,80

Utvrđuje se da otisak P₁B₂ s žutim bojilom, 100 % RTV i 30 % RTV, ima uglavnom najmanji ΔE^* u odnosu na P₁B₁ i P₁B₃, za jednodnevno izlaganje kao i za petodnevno izlaganje, što znači najbolju svjetlo postojanost ($\Delta E^*_{\text{P1B2, 100 \% RTV, 1 dan}} = 4,66$, $\Delta E^*_{\text{P1B2, 100 \% RTV, 5 dana}} = 7,09$ i $\Delta E^*_{\text{P1B2, 30 \% RTV, 5 dana}} = 6,12$). Izuzetak je otisak P₁B₂ 30 % RTV izlagan 1 dan ($\Delta E^*_{\text{P1B2, 30 \% RTV, 1 dan}} = 2,61$).

Otisci izlagani djelovanju termalnog starenja uz 100 ppm i 800 ppm NO_2 ne pokazuju veće razlike u odnosu na ΔE^* kada se uspoređuje 1 dan izlaganja manjoj i većoj koncentraciji ili 5 dan izlaganja manjoj i većoj koncentraciji NO_2 utvrđeno je da veći utjecaj na ΔE^* ima dinamika izlaganja povezana s koncentraciji NO_2 .

Tabela 5.4.4.6. ΔE^* otisaka žute 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju uz prisutnost NO_2

Uzorak	100 % RTV 100 ppm NO_2 , 1 dan	100 % RTV 800 ppm NO_2 , 1 dan	100 % RTV 100 ppm NO_2 , 5 dan	100 % RTV 800 ppm NO_2 , 5 dan	30 % RTV 100 ppm NO_2 , 1 dan	30 % RTV 800 ppm NO_2 , 1 dan	30 % RTV 100 ppm NO_2 , 5 dan	30 % RTV 800 ppm NO_2 , 5 dan
P ₁ B ₁	3,98	4,55	6,66	6,87	1,17	1,14	3,72	3,30
P ₁ B ₂	5,56	5,57	7,32	7,44	2,34	3,00	4,44	5,08
P ₁ B ₃	3,79	3,78	5,71	6,92	0,95	0,85	3,31	2,80

Utvrđeno je da najniža ΔE^* pripada otisku P₁B₃ 30 % RTV, za izlaganje 1 dan sa koncentracijom NO_2 od 100ppm ($\Delta E^*_{\text{P1B3,30 \% RTV, 1 dan 800 ppm}} = 0,85$), a najviša otisku P₁B₂ 100 % RTV, za izlaganje 5 dana s koncentracijom NO_2 od 800ppm ($\Delta E^*_{\text{P1B2, 100 \% RTV, 5 dana 800 ppm}} = 7,44$).

Na slikama 4.4.4.10 - 4.4.4.12 prikazane su ΔE^* vrijednosti otisaka crnog bojila sa 100 % RTV, 70 % RTV, 50 % RTV i 30 % RTV, nastalih ubrzanim termalnim starenjem i termalnim starenjem u prisutnosti NO_2 .

Na osnovu rezultata utvrđuje se da otisci P_1B_1 , P_1B_2 i P_1B_3 s crnim bojilom, raster tonske vrijednosti 100 %, ubrzano termalno starenje bez / sa prisutnosti plinovitog zagađivala atmosfere NO_2 sa povećanjem dana izlaganja otisaka smanjuju ΔE^* vrijednosti, dok kod otisaka 70 %, 50 %, i 30 % RTV to nije slučaj. U tabeli 5.4.4.7. prikazani su rezultati ΔE^* otisaka ubrzanog termičkog starenja bez prisutnosti NO_2 za otiske crne 100 % i 30 % RTV.

Tabela 5.4.4.7. ΔE^* otisaka crne 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju

Uzorak	100 % RTV, 1 dan termalno	100 % RTV, 5 dana termalno	30 % RTV, 1 dan termalno	30 % RTV, 5 dana termalno
P_1B_1	2,78	2,60	1,57	4,89
P_1B_2	5,02	4,44	1,67	6,08
P_1B_3	2,97	3,22	2,07	5,58

Utvrđuje se da otisak P_1B_1 s crnim bojilom, 100 % RTV i 30 % RTV, ima najmanji ΔE^* u odnosu na P_1B_2 i P_1B_3 , za jednodnevno izlaganje kao i za petodnevno izlaganje, što znači najbolju svjetlo postojanost ($\Delta E^*_{P_1B_1, 100\% \text{ RTV}, 1\text{ dan}} = 2,78$; $\Delta E^*_{P_1B_1, 100\% \text{ RTV}, 5\text{ dana}} = 2,60$; $\Delta E^*_{P_1B_1, 30\% \text{ RTV}, 1\text{ dan}} = 1,57$ i $\Delta E^*_{P_1B_1, 30\% \text{ RTV}, 5\text{ dana}} = 4,89$), dok otisak P_1B_2 ima najveći ΔE^* .

Tabela 5.4.4.8. ΔE^* otisaka crne 100 % i 30 % RTV izloženih ubrzanom termalnom starenju uz prisutnost NO_2

Uzorak	100 % RTV 100 ppm NO_2 , 1 dan	100 % RTV 800 ppm NO_2 , 1 dan	100 % RTV 100 ppm NO_2 , 5 dana	100 % RTV 800 ppm NO_2 , 5 dana	30 % RTV 100 ppm NO_2 , 1 dan	30 % RTV 800 ppm NO_2 , 1 dan	30 % RTV 100 ppm NO_2 , 5 dana	30 % RTV 800 ppm NO_2 , 5 dana
P_1B_1	2,67	2,87	2,94	2,39	1,10	1,59	4,71	4,38
P_1B_2	4,33	4,52	4,38	4,63	2,04	2,09	4,65	4,62
P_1B_3	2,63	2,41	3,43	2,81	1,84	1,59	4,44	4,45

Utvrđeno je da najniže ΔE^* pripadaju otisku P_1B_1 100 % RTV i 30 % RTV, za izlaganje 1 i 5 dana sa koncentracijom NO_2 od 100 ppm i 800 ppm ($\Delta E^*_{P_1B_1, 30\% \text{ RTV}, 1\text{ dan}} = 1,00$). Najveći $\Delta E^* = 4,63$ ima otisak P_1B_2 100 % RTV, za izlaganje 5 dana s koncentracijom NO_2 od 800 ppm.

5.5. Oporaba otisaka i povrat vlakana za ponovnu proizvodnju papira

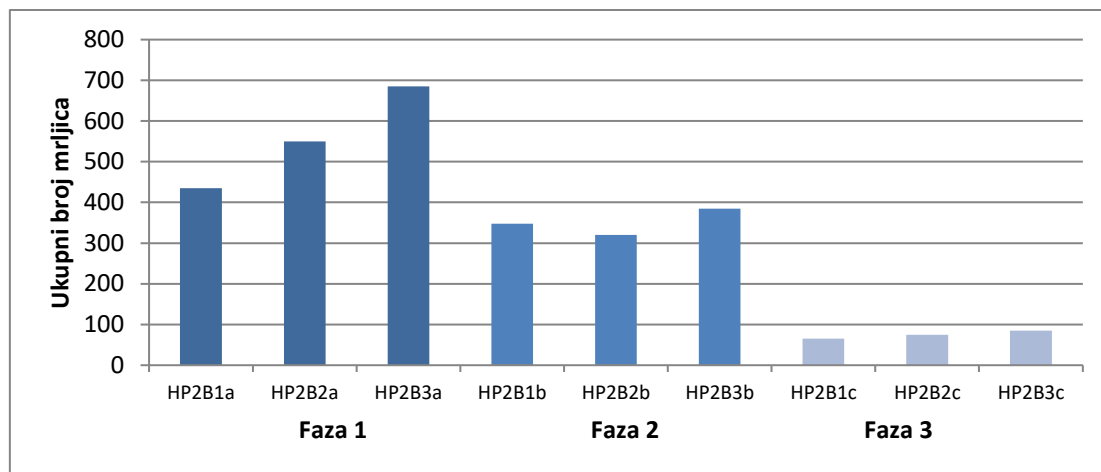
Ekološka održivost značajna je za razvoj, a uključuje protok energije i materijala, zatvoreni kružni tok i čiste tehnologije. Imajući to na umu i krajnji cilj, optimizaciju ponovne upotrebe vlakana, provedeno istraživanje daje odgovor na veličinu efikasnosti samog postupka, u odnosu na provedenu metodu uporabe u tri faze, ali i utvrđivanje optičkih karakteristika dobivenih vlakana. Ti rezultati osim znanstvenog doprinosa, bitni su u primjeni, tj. u proizvodnji finih grafičkih papira.

5.5.1. Oporaba otisaka s bojilima B₁, B₂ i B₃ na kartonu s algama iz Jadranskog mora metodom u tri faze

U poglavlju rezultata na slikama 4.5.1.1.- 4.5.1.6. prikazan je ukupni broj čestica – mrljica na laboratorijskim listovima raspoređenih prema klasama veličina obradom otisaka P₂B₁, P₂B₂ i P₂B₃ nakon faze 1, 2 i 3.

Rezultati su pokazali vidljivu ovisnost faza procesa na ukupni broj čestica na laboratorijski izrađenim listovima kako slijedi: $H_{P2B1a} / H_{P2B1b} = 39.8\%$; $H_{P2B1a} / H_{P2B1c} = 88.4\%$; $H_{P2B2a} / H_{P2B2b} = 19.3\%$, $H_{P2B2a} / H_{P2B2c} = 86.6\%$; $H_{P2B3a} / H_{P2B3b} = 43.6\%$; $H_{P2B3a} / H_{P2B3c} = 88.5\%$ (slika 5.5.1.1.)

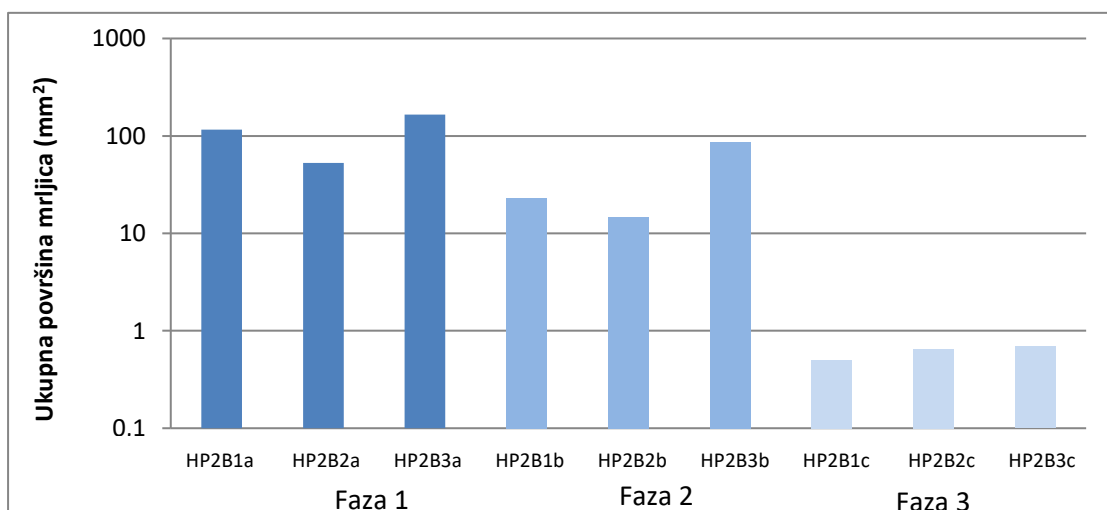
Učinkovitost uklanjanja čestica – mrljica iz vlakana ovisi o broju faza i o formulaciji bojila. Dakle, učinkovitost uklanjanja čestica se povećava u trećoj fazi u usporedbi s drugom fazom kako slijedi: bojilo B₁ = 48,6%, bojilo B₂ = 64,2%, bojilo B₃ = 44,9%. Učinkovitost uklanjanja mrljica postiže se opisanim postupkom uključujući sve faze, kako slijedi: B₁ = 88,4%, B₂ = 86,1% i bojilo B₃ = 88,5%. Najveća fragmentacija utvrđena je za otiske s bojilom na osnovi mineralnog ulja (B₃ ukupan broj čestica = 677), a najniža za otiske s bojilom na bazi biljnog ulja (B₁ ukupan broj čestica = 426).



Slika 5.5.1.1. Ukupni broj mrljica na laboratorijskim listovima nakon faza 1, 2 i 3 za otiske P_2B_1 , P_2B_2 i P_2B_3 [189]

Mehanizam odstranjivanja bojila s podloge i njegovo razumijevanje pod utjecajem je veličine površine čestica koju zauzimaju na laboratorijskom listu načinjenom od vlaknaca iz različitih faza opisanog procesa (slika 5.5.1.2.).

Rezultati potvrđuju prethodno prikazanu ovisnost broja faza, kao i formulacije bojila u odnosu na odvajanje i uklanjanje bojila s tiskovne podloge. Najveća ukupna površina pokrivena mrljicama je utvrđena na laboratorijskom listu načinjenom od vlaknaca iz faze 1 i bojila na bazi mineralnog ulja (HP_{2B3a} , površina mrljica = 166.00mm^2).

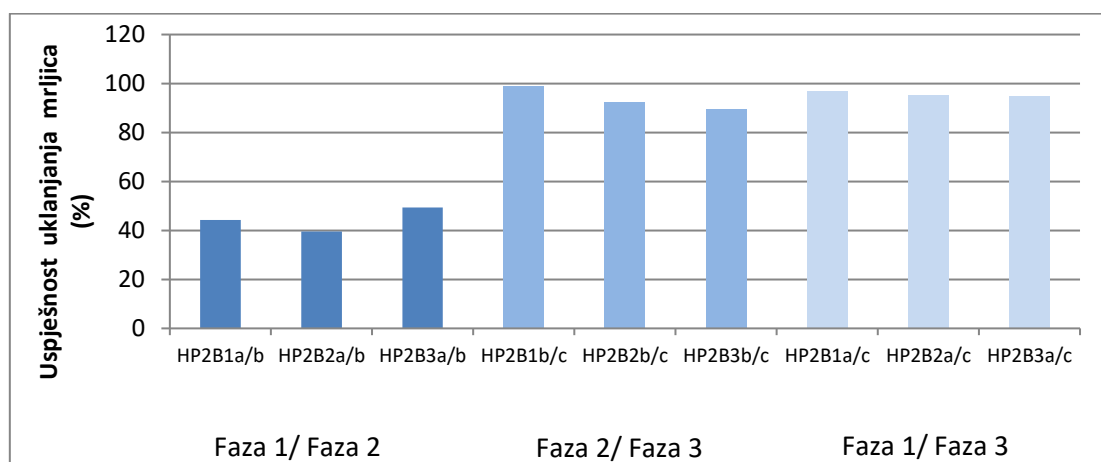


Slika 5.5.1.2. Ukupna površina koju mrljice zauzimaju na laboratorijskom listu načinjenim od vlaknaca iz faza procesa

Ovisnost ukupne površine mrljica o broju faza i formulaciji bojila je kako slijedi: $H_{P2B1a} / H_{P2B1b} = 77.3\%$; $H_{P2B1a} / H_{P2B1c} = 97.9\%$; $H_{P2B2a} / H_{P2B2b} = 79.7\%$, $H_{P2B2a} / H_{P2B2c} = 95.6\%$; $H_{P2B3a} / H_{P2B2b} = 4.9\%$; $H_{P2B3b} / H_{P2B3c} = 99.3\%$. U trećoj fazi povećava se učinkovitost uklanjanja čestica u usporedbi s drugom fazom kako slijedi: $B_1 = 19.2\%$, $B_2 = 18.6\%$, $B_3 = 42.2\%$.

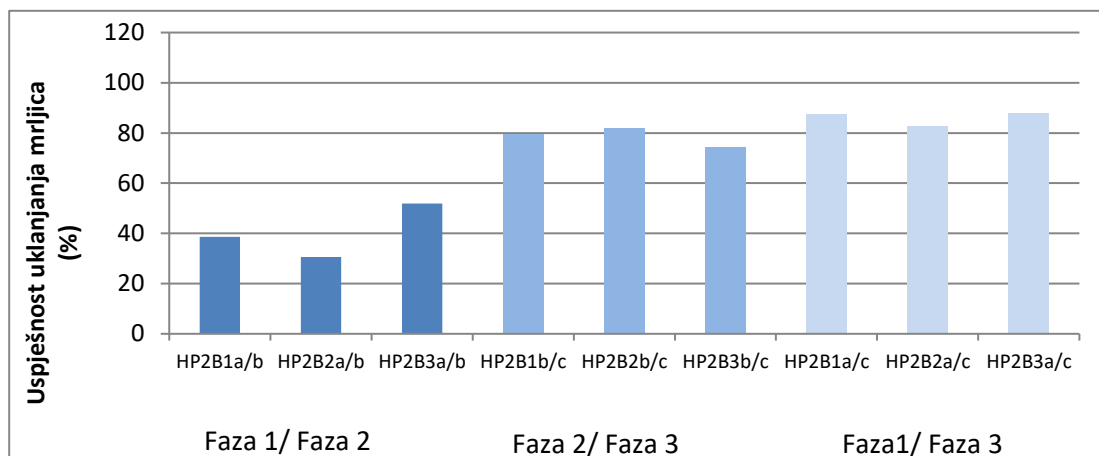
Za utvrđivanje površine mrljica koriste se različite metode detekcije. a rezultati su u funkciji njihovog uspješnog uklanjanja. Na slikama 5.5.1.3. i 5.5.1.4. prikazuje se uspješnost uklanjanja mrljica površine od $\geq 0.04 \text{ mm}^2$ kao i onih od $\leq 0.04 \text{ mm}^2$. Podaci pokazuju, da je svaki proces učinkovit za uklanjanje čestica u definiranoj veličini.

Slikovnom analizom utvrđena je distribucija mrljica u području 26 klasa veličina $0.001 - 0.005$ do većih ili jednako 5.000 mm^2 . Rezultati prikazani na slici 5.5.1.4. pokazuju uklanjanje mrljica površine $\geq 0.04 \text{ mm}^2$, koje su nevidljive prostim okom, a doprinose sivoći lista. Slika 5.5.1.3 prikazuje uspješnost uklanjanja čestica za klasu $\leq 0.04 \text{ mm}^2$, koje su vidljive i uzrokuju optičku ne homogenost lista.



Slika 5.5.1.3. Uspješnost uklanjanja mrljica za klasu $\leq 0.04 \text{ mm}^2$

Rezultati istraživanja pokazuju da je uklanjanje čestica ako se uključuju sve faze procesa, za klasu veličina $\geq 0.04 \text{ mm}^2$ vrlo slično u odnosu na korištena bojila i iznosi nešto više od 80 % (slika 5.5.1.4.).



Slika 5.5.1.4. Uspješnost uklanjanja čestica za klasu $>0.04\text{mm}^2$ [189]

Rezultati upućuju da se u svakoj fazi procesa može očekivati mrljica $\geq 5.000\text{ mm}^2$, što se prikazuje u tabeli 5.5.1.3.1. Slikovna analiza utvrđuje broj i površinu mrljica u klasi veličina od $0.001 - 0.005$ do $\geq 5.000\text{ mm}^2$ a rezultati su prikazani u tabeli 5.5.1.3.1.

Rezultati pokazuju da mrljice u klasi veličina $\geq 5\text{mm}^2$ ukonjene su za sve istraživane formulacije bojila u stopostotnom iznosu. Mrljice u klasi veličina $> 0.04\text{ mm}^2$ uklanjaju se u ovisnosti o formulaciji bojila.

Tabela 5.5.1.3.1. Broj mrljica na listu načinjenom od vlaknaca iz različitih faza procesa

Uzorci P ₂ B ₁	Mrljice $\leq 5\text{ mm}^2$	Mrljice $< 0.04\text{ mm}^2$	Mrljice $> 0.04\text{ mm}^2$
HP ₂ B _{1a}	3	43	301
HP ₂ B _{1b}	0	26	318
HP ₂ B _{1c}	0	2	55
Najveća klasa veličina (mm^2) s mrljicama HP ₂ B _{1c}	0.03 - 0.039 mm^2 Broj mrljica:1		
HP ₂ B _{2a}	4	61	480
HP ₂ B _{3b}	0	34	295
HP ₂ B _{1c}	0	2	61
Najveća klasa veličina (mm^2) s mrljicama HP ₂ B _{1c}	0.15 - 0.19 mm^2 Broj mrljica: 1		
HP ₂ B _{3a}	3	75	599
HP ₂ B _{3b}	0	38	288
HP ₂ B ₁₃	0	4	74
Najveća klasa veličina (mm^2) s mrljicama HP ₂ B ₁₃	0.09 - 0.09919 mm^2 Broj mrljica: 1		

Efikasnost uklanjanja mrljica ovisi o formulaciji bojila kako slijedi: B_1 - mrljice $> 0.04 \text{ mm}^2 = 96.8\%$; B_2 - mrljice $> 0.04 \text{ mm}^2 = 95.4\%$; mrljice $< 0.04 \text{ mm}^2 = 81.8\%$; mrljice $< 0.04 \text{ mm}^2 = 87.3$; B_3 - mrljice $> 0.04 \text{ mm}^2 = 94.7\%$, mrljice $< 0.04 \text{ mm}^2 = 87.7\%$. Veće mrljice u usporedbi s manjima uklanjaju se lakše, jer se primjenjeni postupak zasniva na mehaničkoj precipitaciji.

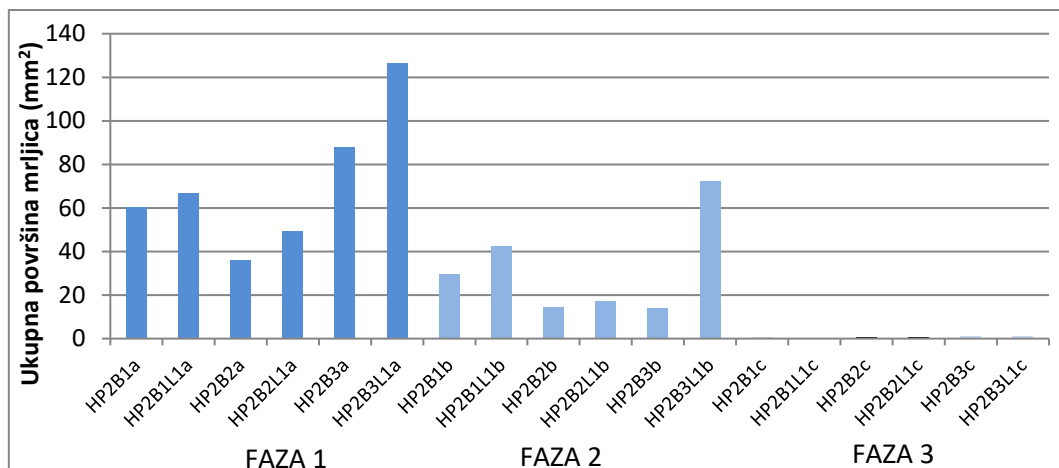
Princip procesa ofsetnog tiska i mehanizam sušenja bojila utječe na odvajanje bojila s tiskovne podloge. Bojila za ofsetni tisak na arke suše velikim dijelom oksidacijom, što je potrebno za sam process tiska. Komponente iz bojila absorbiraju kisik, što uzrokuje umreženu strukturu polimerizacije.

Bojila na biljnoj osnovi, posebno ona s nezasićenim biljnim uljima, mogu uzrokovati problem kod odvajanja bojila s otisaka i nastajanje mrljica na listovima načinjenim od vlakana iz procesa. Neke smole koje su sastojak bojila mogu uzrokovati prihvaćanje bojila na vlakanca nakon odvajanja, što je zapaženo kod nekih bojila na osnovi mineralnih ulja. U slučajevima kada biljna ulja u potpunosti zamjene mineralna ulja u formulacijama ofsetnih bojila mogu pogoršati sposobnost odvajanja bojila s otiska. Osim toga određene vrste smole mogu izazvati oksidaciju. To pojašnjava da bojila na osnovi mineralnog ulja dovode do slabe sposobnosti odvajanja bojila s otiska zbog drugih oksidativnih komponenata prisutnih u njihovoj formulaciji.

5.5.2. Oporaba otisaka s bojilima B_1, B_2 i B_3 na kartonu s algama iz Jadranskog mora lakiranih vododisperznim lakom i UV sušecim lakom

U poglavlju rezultata na slikama 4.5.2.1.- 4.5.2.12. prikazan je ukupni broj čestica – mrljica i ukupna površina na laboratorijskim listovima raspoređenih prema klasama veličina nakon obrade otisaka P_2B_1 , P_2B_2 i P_2B_3 lakiranih vododisperzivnim i UV sušecim lakom u odnosu na faze 1, 2, i 3 prema opisanoj metodi.

Parametar kakvoće koji karakterizira pulpu nakon procesa obrade u odnosu na čistoću je broj mrljica i njihova površina na laboratorijskom listu. Ukupna površina mrljica na listu iz faza procesa (HP_2B_1 , HP_2B_2 , HP_2B_3 , $HP_2B_1L_1$, $HP_2B_2L_1$ i $HP_2B_3L_1$) je prikazana je na slici 5.5.2.1.

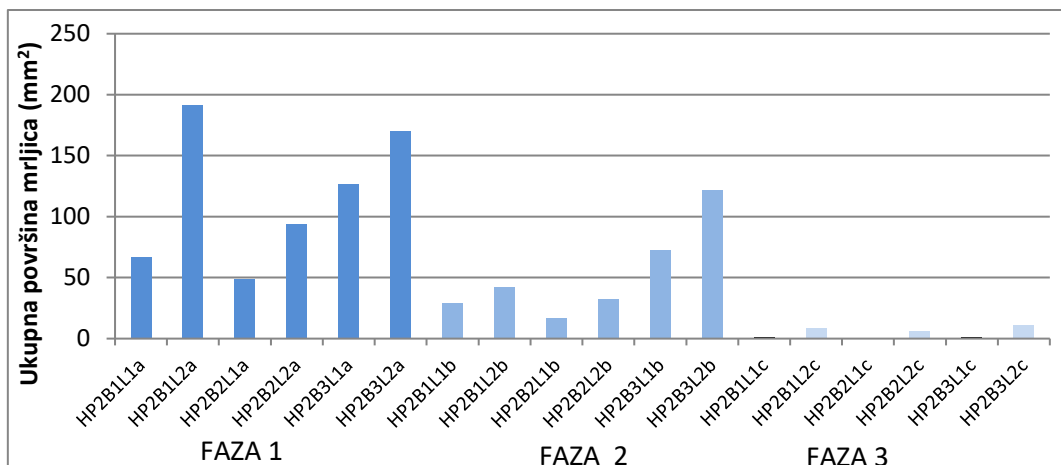


Slika 5.5.2.1. Ukupna površina mrljica na listu u ovisnosti o vrsti bojila i lakiranju otiska vodisdiperznim lakom [190]

Rezultati su pokazali vidljivu ovisnost ukupne površine mrljica na listu o vrsti bojila, a rezultati u prvoj fazi su kako slijedi: $H_{P2B1} = 60.6 \text{ mm}^2$, $H_{P2B2} = 36,0 \text{ mm}^2$ i $H_{P2B3a} = 87,7 \text{ mm}^2$. U daljnim fazama procesa ukupna površina mrljica se smanjuje: $H_{P2B1b} / H_{P2B1a} = 51,3\%$; $H_{P2B2b} / H_{P2B2a} = 59,4\%$; $H_{P2B3b} / H_{P2B3a} = 83,9\%$; $H_{P2B1c} / H_{P2B1a} = 98,7\%$; $H_{P2B2c} / H_{P2B2a} = 98,1\%$ i $H_{P2B3c} / H_{P2B3a} = 98,8\%$. U fazi 2 najviše se smanjuje površina mrljica na listu H_{P2B3b} u usporedbi s H_{P2B1b} i H_{P2B2b} dok u fazi 3 postižu se gotovo jednaki rezultati za sva istraživana bojila.

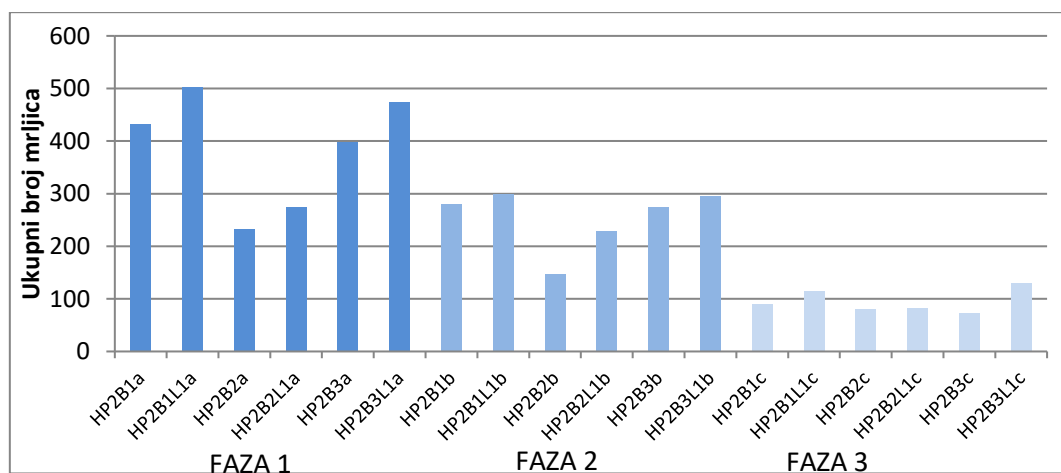
Otisci $P2B1$ i $P2B3$ lakirani vododisperznim lakom su manje uspješni u procesu faza 2 / faza1 ($H_{P2B1b} / H_{P2B1a} = 51,3\%$, $H_{P2B1L1b} / H_{P2B1L1a} = 36,6\%$; $H_{P2B3b} / H_{P2B3a} = 88,9\%$ i $H_{P2B3L1b} / H_{P2B3L1a} = 42,6\%$) u odnosu na ne lakirani otisak.

Ukupna površina mrljica na listovima načinjenim od vlakancaca iz faza 1, 2 i 3 za otiske $P2B1L1$, $P2B2L1$, $P2B3L1$, $P2B1L2$, $P2B2L2$ i $P2B3L2$ prikazana je na slici 5.5.2.2. Uklanjanje bojila s otisaka je nešto lošije u slučaju kada su otisci lakirani UV sušećim lakom u odnosu na otiske lakirane vododisperzivnim lakom: $H_{P2B2L2b} / H_{P2B2L2a} = 12,40\%$; $H_{P2B2L1b} / H_{P2B2L1a} = 65,23\%$; $H_{P2B3L2b} / H_{P2B3L2a} = 28,6\%$; $H_{P2B3L1b} / H_{P2B3L1a} = 42,6\%$.



Slika 5.5.2.2. Ukupna površina mrljica na listu u ovisnosti o vrsti bojila i lakiranju otiska vodisdiperznim i UV sušućim lakom [190]

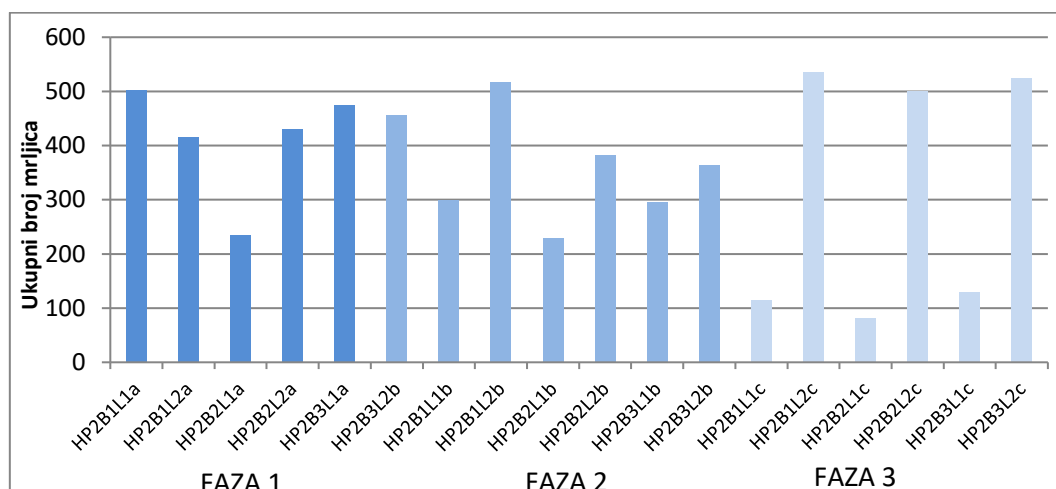
Bolji rezultati dobiju se usporedbom ukupne površine mrljica, odnosno usporedbom faze 1 i faze 3 ($HP_{2B1L1c} / HP_{2B1L1a} = 98,37\%$; $HP_{2B1L2c} / HP_{2B2L2a} = 95,57\%$; $HP_{2B2L1c} / HP_{2B2L1a} = 98,64\%$; $HP_{2B2L2c} / HP_{2B2L2a} = 93,37\%$; $HP_{2B3L1c} / HP_{2B3L1a} = 99,23\%$; $HP_{2B3L2c} / HP_{2B3L2a} = 9,43\%$).



Slika 5.5.2.3. Ukupni broj mrljica na listu u ovisnosti o vrsti bojila i lakiranju otiska vodisdiperznim lakom [190]

Rezultati prikazani na slici 5.5.2.3. prikazuju ovisnost ukupnog broja mrljica na listovima načinjenim od vlakancaca u ovisnosti o fazama procesa i vrsti bojila: $HP_{2B1b} / HP_{2B1a} = 35,3\%$; $HP_{2B1c} / HP_{2B1a} = 79,8\%$; $HP_{2B2b} / HP_{2B2a} = 36,9\%$; $HP_{2B2c} / HP_{2B2a} = 66,1\%$; $HP_{2B3ab} / HP_{2B3a} = 30,9\%$; $HP_{2B3c} / HP_{2B3a} = 81,4\%$. Rezultat pokazuje ovisnost vrste bojila na ukupni broj mrljica na listu načinjenom od vlakancaca iz 1. faze kako slijedi: $HP_{2B1a} = 433$, $HP_{2B2a} =$

233 i $H_{P2B3a} = 398$. Efikasnost uklanjanja mrljica je manja za otiske lakirane vodisperznim lakom u odnosu na ne lakirane, pa je u slučaju bojila B₃ $H_{P2B3c/a} / H_{P2B3L1c/a} = -4,78\%$.



Slika 5.5.2.4. Ukupni broj mrljica na listu u ovisnosti o vrsti bojila i lakiranju otiska vodisperznim lakom te UV sušćim lakom

Posve drugačiji rezultati su dobiveni usporedbom listova dobivenih od vlaknaca lakiranjem otisaka vododisperzivnim lakom u usporedbi s onim kada je za lakiranje korišten primer i UV sušći lak: $H_{P2B1L1a/b} - H_{P2B1L2a/b} = 29,77\%$; $H_{P2B2L1a/b} - H_{P2B2L2a/b} = 6,01\%$ i $H_{P2B3L1a/b} - H_{P2B3L2a/b} = 8,49\%$. Ukupni broj mrljica se povećava na listovima $H_{P2B1L2c}$, $H_{P2B2L2c}$ i $H_{P2B3L2c}$ (faza 3), što nije slučaj s ostalim uzorcima korištenim u istraživanju.

Lakiranje se koristi za povećanje sjaja ili matiranje površine grafičkog proizvoda, kao zaštita od struganja, ogrebotina i otiska prstiju. Prilikom odlučivanja treba li se lak koristiti, važno je razmotriti primjenu otiska i njegov vijek trajanja. U usporedbi s vododisperznim lakom, UV premazi pružaju ekstremno sjajnu površinu, mogu zaštititi od abrazije i ostvaruju otpornost na trenje.

5.5.3. Pokazatelji kvalitete listova dobivenih od vlaknaca oporabom otisaka metodom u tri faze – svjetlina i ERIC

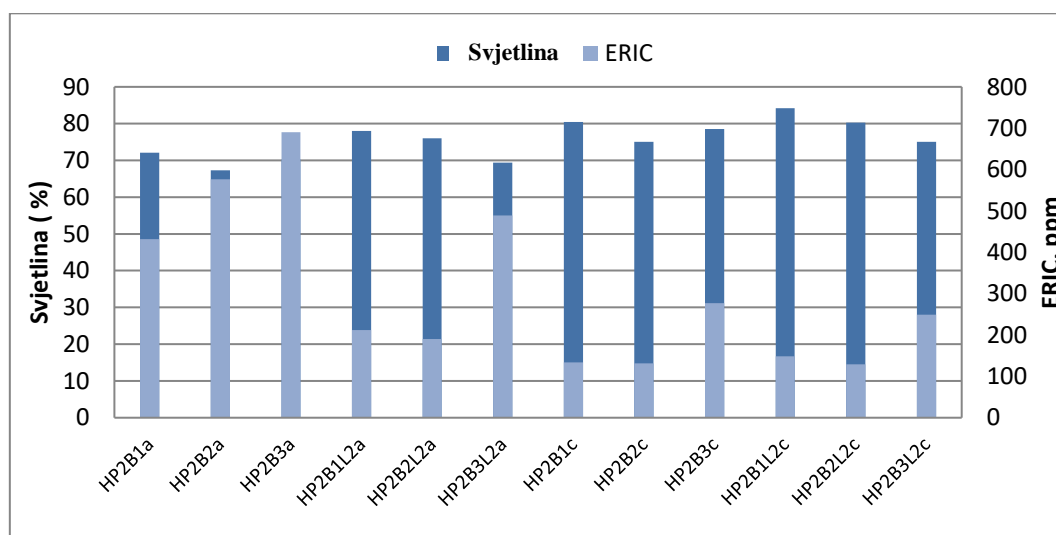
Za proizvođača oporabljene celuloze kriteriji kvalitete su čistoća i svjetlina listova dobivenih od vlaknaca iz sustava oporabe. Kriteriji za čistoću su minimalni broj mrljica.

Veliki broj velikih mrljica na papiru utječu na njegova mehanička svojstva, što može nepovoljno utjecati u procesu tiska.

Značajna specifikacija sekundarnih vlakana oporabljene pulpe je svjetlina. Učinkovito mjerenje koncentracije zaostalog bojila (ERIC) i mrljica u različitim fazama postupka uporabe daje informaciju o tome što se dogodilo s bojilom.

Određivanje efektivne koncentracije zaostalog bojila na listovima zahtjeva mjerenja reflektancije u infracrvenom području spektra, gdje je koeficijent apsorpcije za bojilo nekoliko redova veličine veći od koeficijenta apsorpcije vlakana, punila, sitneži (fines) i ostalih komponenti.

Na slici 5.5.3.1. prikazuje se svjetlina i efektivne koncentracije zaostalog bojila za listove načinjene iz vlakana dobivenih metodom u tri faze.



Slika 5.5.3.1. Svjetlina i efektivne koncentracije zaostalog bojila za listove načinjene iz vlakana dobivenih metodom u tri faze [190].

Rezultati pokazuju da listovi HP2B1L2c, HP2B2L2c i HP2B3L2c (otisci lakirani UV sušećim lakom) uglavnom imaju veću svjetlinu u pogledu HP2B1, HP2B2 i HP2B3. Takovi rezultati se pojašnjavaju činjenicom da listovi HP2B1L2c, HP2B2L2c i HP2B3L2c imaju veći broj većih mrljica, što uzrokuje optičku nehomogenost lista.

Veća fragmentacija je karakteristična za otiske HP2B1, HP2B2 i HP2B3, što uzrokuje sivoću, a time i manje vrijednosti mjerene svjetline. Rezultati pokazuju da se manja količina zaostalih

čestica pojavljuje na listu napravljenom od vlaknaca otiska s bojilom B₂. Ovaj uzorak ima povećanje svjetline, što je u skladu s prije spomenutim rezultatom.

Tehnika tiska, vrsta bojila, karakteristike površine papira, stanje pulpe i mehaničko djelovanje mogu modificirati veličinu čestica bojila. Svojstva bojila su važna, jer utječu na odvajanje bojila s površine tiskovne podloge. Uklanjanje čestica bojila ovisi o njegovoj formulaciji, svojstvima čestica bojila i karakteristikama površine čestica bojila.

Postupak ofsetnog tiska i mehanizam sušenja otisaka utječe na odvajanje bojila od podloge. Što je u vezi s činjenicom da bojila za ofsetni tisak na arke u formulaciji imaju komponente koje mogu oksidirati, jer je to neophodno za sam proces. Te komponente absorbiraju kisik iz zraka i dolazi do polimerizacije. Bojilo na osnovi biljnog ulja, osobito ako su ona zasićena, mogu uzrokovati probleme s odstranjivanjem bojila iz sustava.

Osobine površine kartona također su važne, jer utječu na odvajanje bojila s tiskovne podloge. Bojila otisnuta na premazanom kartonu općenito lakše se uklanjaju od onih slučajeva kada su bojila direktno u kontaktu s vlaknima na ne premazanoj podlozi.

Mrljice porijeklom od lakova većim dijelom su od UV sušećih lakova. Te mrljice imaju obično veliku površinu, a da bi se uklonili iz sustava trebaju biti fragmentirani.

5.6. Višefaktorska analiza varijanci za istraživani sustav

Da bi se utvrdio utjecaj različitih varijabli kao što su utjecaj vrste tiskovne podloge različitog sastava, ofsetnih bojila s određenim udjelom obnovljivih sirovina, vrste procesa lakiranja, raster tonske vrijednosti otisaka i utjecaja izlaganja otisaka sunčevu zračenju kroz prozorsko staklo na kromatska svojstva otisaka prateći separacije CMYK bojila, korištena je multifaktorska analiza varijanci.

Studirani su slijedeći faktori:

- vrsta tiskovne podloge (P1, P2)
- vrsta bojila (B1, B2, B3)
- vrsta otisaka (bez laka, L1, L2)
- raster tonska vrijednost otisaka
- vrijeme izlaganja sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo(dani)
- interakcija tiskovne podloge (P1, P2) i boje (B1, B2, B3)

- interakcija tiskovne podloge (P1, P2) i lakiranja otisaka (bez laka, L1, L2)
- interakcija boje (B1, B2, B3) i lakiranja otisaka (bez laka, L1, L2)

Analiza varijance za svojstva kvalitete otiska za cijan bojilo

Statistički značajni utjecaji su vrsta tiskovne podloge, vrsta bojila, vrsta otisaka, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste bojila, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste otisaka, te interakcija između vrste bojila i vrste otisaka. Korišteni utjecaji pojasnili su 56.5% varijabilnosti ΔL^* .

Kod Δa^* statistički značajni utjecaji su vrsta bojila, vrsta otisaka, interakcija između raster-tonske vrijednosti i dana izlaganja, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste bojila, te interakcija između vrste bojila i vrste otisaka. Korišteni utjecaji pojasnili su 58.6% varijabilnosti Δa^* .

U slučaju Δb^* statistički značajni utjecaji su vrsta otisaka, interakcija između raster-tonske vrijednosti i dana izlaganja, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste bojila, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste otisaka, te interakcija između vrste bojila i vrste otisaka. Korišteni utjecaji pojasnili su 85% varijabilnosti Δb^* .

Za ΔE^* statistički značajni utjecaji su vrsta tiskovne podloge, vrsta bojila, vrsta otisaka, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste bojila, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste otisaka, te interakcija između vrste bojila i vrste otisaka. Korišteni utjecaji pojasnili su 65.8% varijabilnosti ΔE^* .

Analiza varijance za svojstva kvalitete otiska za magenta bojilo

Statistički značajni utjecaji su vrsta tiskovne podloge, vrsta bojila, vrsta otisaka, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste bojila, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste otisaka, te interakcija između vrste bojila i vrste otisaka. Korišteni utjecaji pojasnili su 70.1% varijabilnosti ΔL^* .

Kod Δa^* statistički značajni utjecaji su vrsta bojila, vrsta otisaka, interakcija između raster-tonske vrijednosti i dana izlaganja, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste bojila, te interakcija između vrste bojila i vrste otisaka. Korišteni utjecaji pojasnili su 67.5% varijabilnosti Δa^* .

U slučaju Δb^* statistički značajni utjecaji su vrsta otisaka, interakcija između raster-tonske vrijednosti i dana izlaganja, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste bojila, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste otisaka, te interakcija između vrste bojila i vrste otisaka. Korišteni utjecaji pojasnili su 86,1% varijabilnosti Δb^* .

Za ΔE^* statistički značajni utjecaji su vrsta tiskovne podloge, vrsta bojila, vrsta otisaka, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste bojila, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste otisaka, te interakcija između vrste bojila i vrste otisaka. Korišteni utjecaji pojasnili su 79.9% varijabilnosti ΔE^* .

Analiza varijance za svojstva kvalitete otiska za žuto bojilo

Statistički značajni utjecaji su vrsta tiskovne podloge, vrsta bojila, vrsta otisaka, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste bojila, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste otisaka, te interakcija između vrste bojila i vrste otisaka. Korišteni utjecaji pojasnili su 63.8% varijabilnosti ΔL^* .

Kod Δa^* statistički značajni utjecaji su vrsta bojila, vrsta otisaka, interakcija između raster-tonske vrijednosti i dana izlaganja, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste bojila, te interakcija između vrste bojila i vrste otisaka. Korišteni utjecaji pojasnili su 62.6% varijabilnosti Δa^* .

U slučaju Δb^* značajni utjecaji su vrsta otisaka, interakcija između raster-tonske vrijednosti i dana izlaganja, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste bojila, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste otisaka, te interakcija između vrste bojila i vrste otisaka. Korišteni utjecaji pojasnili su 78,1% varijabilnosti Δb^* .

Za ΔE^* statistički značajni utjecaji su vrsta tiskovne podloge, vrsta bojila, vrsta otisaka, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste bojila, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste otisaka, te interakcija između vrste bojila i vrste otisaka. Korišteni utjecaji pojasnili su 76.2% varijabilnosti ΔE^* .

Analiza varijance za svojstva kvalitete otiska za crno bojilo

Statistički značajni utjecaji su vrsta tiskovne podloge, vrsta bojila, vrsta otisaka, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste bojila, interakcija između vrste tiskovne

podloge i vrste otisaka, te interakcija između vrste bojila i vrste otisaka. Korišteni utjecaji pojasnili su 62.9% varijabilnosti ΔL^* .

Kod Δa^* statistički značajni utjecaji su vrsta bojila, vrsta otisaka, interakcija između raster-tonske vrijednosti i dana izlaganja, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste bojila, te interakcija između vrste bojila i vrste otisaka. Korišteni utjecaji pojasnili su 19.4% varijabilnosti Δa^* .

Statistički značajni utjecaji su vrsta otisaka, interakcija između raster-tonske vrijednosti i dana izlaganja, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste bojila, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste otisaka, te interakcija između vrste bojila i vrste otisaka. Korišteni utjecaji pojasnili su 77.8% varijabilnosti Δb^* .

Statistički značajni utjecaji su vrsta tiskovne podloge, vrsta bojila, vrsta otisaka, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste bojila, interakcija između vrste tiskovne podloge i vrste otisaka, te interakcija između vrste bojila i vrste otisaka. Korišteni utjecaji pojasnili su 54.8% varijabilnosti ΔE^* .

6. ZAKLJUČAK

Kao rezultat studiranja faza životnog ciklusa kartonske ambalaže i utjecajnih čimbenika ekološke održivosti proizvoda u kombinaciji s definiranim varijablama sustava kako slijedi: kartoni (djevičanska vlakana, PIW reciklirana vlakna, FSC vlakna, alge iz Jadranskog mora), bojila (bez / sa mineralnim uljima, biljna ulja, različiti udjeli obnovljive sirovine, inovativne kombinacije smola / ulje, bez kobalta kao katalizatora sušenja, bez teških metala u pigmentima), lakovi (vodo-disperzivni, UV sušeći lak, nelakirani otisci), ofsetni otisci sa separacijama CMYK bojila za puni ton, 70 %, 50 % i 30 % RTV izloženi utjecaju definiranih uvjeta okoliša (utjecaj sunčevog zračenja kroz prozorsko staklo), otisci različitih kombinacija karton / bojilo izloženi termičkom starenju i termičkom starenju uz različite koncentracije plinovitog onečišćivača atmosfere NO₂, neka optička svojstva izloženih otisaka za utvrđivanje postojanosti, efikasnost uporabe otisaka, modificiranom, inovativnom metodom u tri faze bez korištenja površinsko aktivnih tvari i procesa flotacije, karakteristike dobivenih sekundarnih vlakana bitne za ponovnu proizvodnju kartona, te statistička obrada rezultata višefaktorskom analizom varijanci, sve s glavnim ciljem doprinosa ekološkoj održivosti, mogu se donijeti slijedeći zaključci:

- Utvrđen je udio endogenih i egzogenih čimbenika odgovornih za promjene u optičkim i kromatskim karakteristikama papira. Endogeni se čimbenici očituju obzirom na sirovine korištene u proizvodnji papira (P₁: troslojni premaz na gornjoj strani i jednoslojni na donjoj, P₂: sadrži alge), a egzogeni kroz uvjete okoliša.
- Rezultati pokazuju smanjenje ISO svjetline kartona P₁ > P₂ proporcionalno porastu vremena izlaganja kartona zračenju kroz prozorsko staklo. Smanjenje svjetline može biti uzrokovano oksidacijskom razgradnjom nisko molekularnog dijela ugljikohidrata.
- Utvrđeno je, uglavnom, manje smanjenje bjeline kartona P₂ izlaganog sunčevom zračenju nego P₁, a razlog može biti klorofil iz algi.
- Dokazano je da se opacitet podloge P₁ izlagane sunčevom zračenju kroz prozorsko staklo 7 i 14 dana neznatno povećava, da bi se nakon toga vratio gotovo na početnu vrijednost. Sličan trend utvrđen je i kod P₂ samo nešto većeg intenziteta.
- U skladu s teorijom Kubelka-Munk opacitet je određen vrijednostima koeficijenta raspršenja i adsorpcije, što implicira povećanje opaciteta kartona povećanjem koeficijenta raspršenja za konstantnu gramaturu kartona, što potvrđuju rezultati istraživanja.

- Pokazalo se da izlaganje uzoraka zračenju kroz prozorsko staklo smanjuje svjetlinu L^* podloga, kako P_1 tako i P_2 .
- Dokazano je da se sve kromatske vrijednosti a^* za karton P_1 nalaze u pozitivnom dijelu crveno - zelene osi a^* , dok je podloga P_2 izlagana do 28 dana u crvenom a^* području i tada prelazi u zeleno.
- Utvrđeno je da P_1 i P_2 imaju različiti trend b^* u odnosu na a^* . P_2 ima negativan b^* , a P_1 nakon 7 dana izlaganja ima pozitivan b^* koji se daljnjim izlaganjem povećava.
- Vidljivo je da P_1B_1 cijan, 100 % RTV, izlagan 7 dana sunčevom zračenju ima pozitivan ΔL^* , a P_1B_2 i P_1B_3 negativan. Daljnjim izlaganjem (112 dana) tih otisaka ΔL^* se smanjuje, što vrijedi i za otiske na kartonu s algama P_2 .
- Dokazano je da otisci cijana $P_1B_1L_1$, $P_1B_2L_1$ i $P_1B_3L_1$ 100 % RTV imaju isti ΔL^* trend za podlogu P_1 i podlogu P_2 s algama, izlagani 7 i 112 dana. Pozitivan ΔL^* ima $P_1B_3L_2$ i svi otisci na P_2 lakirani s L_2 .
- Otisci s magenta bojilima B_1 , B_2 i B_3 na P_1 i P_2 nelakirani i lakirani s L_1 i L_2 , sa 100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV imaju pozitivan ΔL^* , koji se povećava s vremenom izlaganja kroz prozorsko staklo. Dobiveni ΔL^* za P_1B_1 , P_1B_2 i P_1B_3 je za oko red veličine veći u odnosu na istu seriju uzoraka s cijan bojilom.
- Utvrđen je pozitivan ΔL^* otiska s žutim bojilom za P_1B_1 , P_1B_2 i P_1B_3 100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV, izlaganih zračenju kroz prozorsko staklo: 7, 14, 28, 56 i 112 dana 0,19 - 2,46, za lakirane otiske s L_1 0,07 - 1,90, za lakirane tiske s L_2 0,04 - 2,53. Svi otisci na kartonu s algama P_2 imaju pozitivne ΔL^* vrijednosti u području 0,31 - 2,58.
- Otisci s crnim bojilom nemaju izraziti trend ΔL^* vrijednosti. Karakteristična je $P_2B_3L_2$ serija radi visoke ΔL^* vrijednosti, a vrijednosti se povećavaju s vremenom izlaganja za 100 % i 70 % RTV.
- Otisci s cijan bojilima imaju uglavnom negativan Δa^* , a najviše pozitivnih vrijednosti ima serija P_2B_3 , lakirana s L_1 , L_2 i nelakirana. Pozitivne vrijednosti prevladavaju u slučaju lakiranja s L_2 .
- Utvrđeno je da od 180 kombinacija otisaka magente na P_1 , 100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV izloženih zračenju definirane dinamike u seriji P_1B_1 , $P_1B_1L_1$ i $P_1B_1L_2$ ima 5 otisaka s pozitivnim Δa^* , u seriji P_1B_2 , $P_1B_2L_1$ i $P_1B_2L_2$ 8 otisaka, dok su u seriji P_1B_3 , $P_1B_3L_1$ i $P_1B_3L_2$ svi otisci negativni.
- Vidljivo je da od 180 kombinacija otisaka magente na P_2 podlozi s algama, 100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV izloženih zračenju definirane dinamike, ima više pozitivnih Δa^* vrijednosti, u odnosu na P_1 , izuzetak su kombinacije s B_3 , koje su kao i kod kombinacija s P_1 negativne.

- Od 180 kombinacija žute 100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV izloženih zračenju definirane dinamike u seriji P_1B_1 , $P_1B_1L_1$ i $P_1B_1L_2$ ima 38 otisaka s negativnim Δa^* , u seriji P_1B_2 , $P_1B_2L_1$ i $P_1B_2L_2$ je 31, dok u seriji P_1B_3 , $P_1B_3L_1$ i $P_1B_3L_2$ ima 14 otisaka.
- Utvrđeno je da od 180 kombinacija žute na podlozi s algama P_2 , povećava se broj otisaka s negativnim Δa^* u odnosu na seriju s P_1 .
- Dokazano je da izlaganje 180 kombinacija otisaka s crnom na P_1 vrlo malo utječe na Δa^* vrijednost. Promjene su u negativnom području Δa^* i obzirom na bojila odnose se: $B_1 > B_3 > B_2$. Izlaganjem 180 kombinacija s P_2 utvrđen je isti trend utjecaja na Δa^* kao i kod otisaka na P_1 .
- Vidi se uglavnom pozitivno povećanje Δb^* otisaka cijana na podlozi P_1 s povećanjem vremena izlaganja i smanjenjem postotka RTV. Izlagane serije otisaka na podlozi od algi P_2 imaju više negativnih Δb^* u odnosu na P_1 .
- Utvrđeno je da od 180 kombinacija magenta otisaka na podlozi P_1 izlagani dinamikom 7, 14, 28, 56 i 112 dana otisci sa 100 % RTV imaju negativni Δb^* , dok oni s 70 %, 50 % i 30 % imaju pozitivnu Δb^* vrijednost što nije slučaj kod kartona s algama P_2 iz serije od 180 kombinacija.
- Utvrđeno je da od 180 kombinacija žute na P_1 oni s B_1 i B_2 100 % RTV imaju negativni Δb^* za otiske izložene 7, 14, 28, 56 i 112 dana, dok za 70 %, 50 % i 30 % RTV, Δb^* je pozitivan za izlaganje 7 dana. Otisci na kartonu s algama P_2 100 %, 70 %, 50 % i 30 % RTV do 56 dana izlaganja u kombinaciji 180 otisaka oni s B_1 i B_2 imaju pozitivni Δb^* .
- Otisci crne na P_1 s B_1 , B_2 i B_3 izuzev 100 % RTV izlagani prema opisanoj dinamici imaju pozitivni Δb^* . Na kartonu s algama P_2 180 kombinacija B_2 ima pozitivan Δb^* , dok 180 kombinacija B_1 i 180 kombinacija B_3 u velikoj većini ima pozitivan Δb^* .
- Utvrđeno je da se ΔE^* za cijan bojilo na podlozi P_1 povećava s povećanjem dana izlaganja i smanjenjem postotka RTV, a odnos bojila pri tome je $B_3 < B_1 < B_2$. Lakiranjem otisaka smanjuje se ΔE^* za L_1 , a još više za L_2 . Na podlozi s algama P_2 , ΔE^* se smanjuje za B_1 i B_2 .
- Smanjenje ΔE^* na otisku s P_2 u odnosu na P_1 može se tumačiti bržom apsorpcijom bojila na površinski sloj premaza, time su molekule bojila direktno eksponirane. P_2 je upojna podloga, bojilo prodire u strukturu papira, što ga štiti od izvora zračenja.
- Dokazano je da lakiranje u svim slučajevima ne štiti otisak od utjecaja zračenja kroz prozorsko staklo u odnosu na ΔE^* . Lakiranjem L_2 , povećava se svjetlo stabilnost otiska u kombinaciji karton P_1 i bojila B_3 , pa i B_2 . Na većini podloga cijan se odlikuje dobrom fotostabilnošću vjerojatno radi bakarftalocijanina kao kromofora. Metalni ion koordinacijskim mehanizmom smanjuje gustoću elektrona, što ga čini manje osjetljivim na oksidaciju.

- Na podlozi P₁ za magentu ΔE^* se povećava vremenom izlaganja i smanjenjem RTV, a odnos obzirom na bojila je $B_1 < B_3 < B_2$, a za karton s algama P₂ je $B_2 < B_3 < B_1$.
- Dokazano je da je veća stabilnost P₁ s magentom za otisak lakiran s L₁, a za P₂ s L₂. Svih 360 kombinacija s magentom imaju veći ΔE^* u odnosu na 360 kombinacija s cijanom. Razlog je vjerojatno oksidacijska degradacija azo – kromofora, što uključuje apsorpciju fotona i dovodi do degradacije napadom na azotautomer, a na kraju singlet kisika degradira bojilo.
- Na podlogama P₁ i P₂ za žutu boju ΔE^* se u većini slučajeva smanjuje sa smanjenjem postotka RTV, a povećava s vremenom izlaganja kroz prozorsko staklo, više na P₁ ($B_{3, 100\% RTV, 112 \text{ dana}} = 171,2$ puta) nego na P₂ ($B_{3,100\%RTV, 112 \text{ dana}} = 11,4$ puta). Lakiranje 360 kombinacija P₁ s L₁ i L₂ doprinijeti će stabilnosti, dok za P₂ ne. Razlog za ΔE^* je konjugirana aromatska struktura diazo žutog pigmenta s različitim supstituentima vezana uz proces fotolize i apsorpciju fotona.
- Vrijednosti ΔE^* na podlozi P₁ za crnu boju rastu vremenom izlaganja i smanjenjem RTV, a odnos obzirom na bojila je $B_2 < B_3 < B_1$, a za karton s algama P₂ je $B_2 < B_1 < B_3$. Crna ima stabilnu kemijsku strukturu, što objašnjava postojanost i niski ΔE^* .
- Utvrđeno je da se lakiranjem s L₁ i L₂ za 180 kombinacija na podlozi P₁ postiže povećanje stabilnosti otisaka, što nije slučaj za 180 kombinacija s podlogom P₂.
- Otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ sa cijanom i 100 %, 70 %, 50 %, i 30 % RTV, ubrzano termalno stareni bez / sa 100 ppm i 800 ppm NO₂ imaju negativne ΔL^* vrijednosti.
- Otisci magente termalno stareni bez / sa NO₂, 100 % RTV imaju pozitivan ΔL^* , za 70 % do 50 % postupno se povećava broj negativnih ΔL^* , da bi kod 30 % RTV svi bili negativni. Izlaganje sa 800 ppm NO₂, ΔL^* se povećava u odnosu na 100 ppm.
- Razlog tome može biti što zagađivala na papiru dovode do acidifikacije, kartoni sadrže slobodne kiselinske specije, nastaje kiselo hidratizirana hidroliza celuloze, koja katalizirana ionima metala prelazi u oksido – redukcijski proces i pogoršavaju se svojstva podloge.
- Kombinacije P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ sa žutom, 100 %, 70 %, 50 %, i 30 % RTV, ubrzano termalno stareni bez / sa 100 ppm ili 800 ppm NO₂, imaju negativan ΔL^* . Istu karakteristiku predznaka ΔL^* imaju i otisci s cijan bojilom, samo što su u ovom slučaju dobivene uglavnom veće negativne vrijednosti.
- Dokazano je da ΔL^* otisaka s crnom imaju puno sličnosti s otiscima s magenta bojilom.
- Otisci s kombinacijama P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ s cijan bojilom, 100 % RTV ubrzano termalno stareni bez NO₂, imaju negativne Δa^* vrijednosti, koje se uglavnom povećavanjem vremena izlaganja povećavaju, a to znači pomiču u crveno područje.

- Nakon jednog dana izlaganja otisaka cijana ne dolazi do većeg utjecaja povećanjem koncentracije NO₂ na Δa^* . Povećanjem koncentracije NO₂ Δa^* se pomiče u smjeru crvenog (P₁B₁), u smjeru prema akromatičnosti (P₁B₂) ili ne mijenja vrijednosti (P₁B₃).
- Utvrđuje se da otisci P₁B₁, P₁B₂ i P₁B₃ s magentom i crnom, 100 %, 70 %, 50 %, i 30 % RTV, ubrzano termalno stareni bez / sa 100 ili 800 ppm NO₂, imaju uglavnom negativne Δa^* vrijednosti, dok s žutom imaju pozitivne vrijednosti.
- Najveće povećanje Δb^* između termičkog starenja od 1 do 5 dana nastaje kod otiska cijana P₁B₃ u odnosu na P₁B₁ i P₁B₂. Kod većine otisaka cijana kada se izlože djelovanju termalnog starenja uz 100 ppm NO₂ u odnosu na 800 ppm ne dolazi do znatnijeg povećanja ΔE^* .
- Utvrđuje se da otisak P₁B₂ s magenta bojilom, 100 % RTV i 30 % RTV, ima uglavnom najmanji ΔE^* u odnosu na P₁B₁ i P₁B₃, izlaganih termalnom starenju od 1 do 5 dana.
- Otisci magente izlagani termalnom starenju uz 100 ppm ili 800 ppm NO₂ ne pokazuju izraziti trend ovisnosti.
- Otisak P₁B₂ s žutom, 100 % RTV i 30 % RTV, ima uglavnom najmanji ΔE^* u odnosu na P₁B₁ i P₁B₃, za izlaganje 1 dan kao i za 5 dana.
- Utvrđuje se da otisak P₁B₁ s crnim bojilom, 100 % RTV i 30 % RTV, ima najmanji ΔE^* u odnosu na P₁B₂ i P₁B₃, izlaganje 1 i 5 dana, a najniže ΔE^* vrijednosti pripadaju otiscima P₁B₁ 100 % RTV i 30 % RTV, za izlaganje 1 i 5 dana s koncentracijom NO₂ od 100 ppm ili 800 ppm.
- Potvrđuje se uspješnost za modificirani inovativni proces oporabe otisaka na alternativnom kartonu od algi u odnosu na ukupni broj čestica na laboratorijski izrađenim listovima od vlakancaca iz procesa $H_{P2B3a} / H_{P2B3b} = 43,6\%$, $H_{P2B3a} / H_{P2B3c} = 88,5\%$.
- Utvrđuje se uspješnost za modificirani inovativni proces oporabe otisaka na alternativnom kartonu od algi u odnosu na ukupnu površinu mrljica na laboratorijski izrađenim listovima od vlakancaca iz procesa u ovisnosti o broju faza i formulaciji bojila: $H_{P2B1a} / H_{P2B1b} = 77,3\%$; $H_{P2B1a} / H_{P2B1c} = 97,9\%$; $H_{P2B2a} / H_{P2B2b} = 79,7\%$; $H_{P2B2a} / H_{P2B2c} = 95,6\%$; $H_{P2B3a} / H_{P2B2b} = 4,9\%$; $H_{P2B3b} / H_{P2B3c} = 99,3\%$.
- Utvrđeno je da su mrljice u klasi veličina $\geq 5 \text{ mm}^2$ uklonjene za sve istraživane sustave u 100 % iznosu.
- Veće mrljice uklanjaju se lakše, iz razloga što se primjenjeni postupak zasniva na mehaničkoj precipitaciji.
- Utvrđena je veća fragmentacija za otiske H_{P2B1}, H_{P2B2} i H_{P2B3}, što oporabom daje vlakanca, koja na izrađenim listovima uzrokuju sivoću.

- Dokazana je manja količina zaostalih čestica na listu od vlaknaca otiska B₂. Ovaj uzorak ima povećanje svjetline, što je u skladu s prije spomenutim rezultatom.
- Dokazano je višefaktorskom analizom varijanci kroz definiranih 9 faktora da su statistički značajni utjecaji za separacije CMYK bojila pojasnili postotak varijabilnosti za ΔL^* , Δa^* , Δb^* i ΔE^* .

7. LITERATURA

1. United Nations (1987) Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, Transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/1 427-Development and international cooperation: environment. UN WCED, Geneva
2. Brundtland, G., H. (1987) Our common future. United Nations World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, Oxford
3. Jörby, S. (2002) Local Agenda 21 in four Swedish municipalities a tool towards sustainability, *Journal of Environmental Planning and Management* , 45(2) 219-244; doi: 10.1080/04640560220116314
4. Smardon, R. (2008) A comparison of local Agenda 21 implementation in North American, European and Indian cities, *Management of Environmental Quality*, 19(1) 118-137, doi:10.1108/14777830810840408
5. Leggett, J., A. Carter, N.,T. (2012) Rio +20: The United Nations Conference on Sustainable Development, <https://fas.org/sgp/crs/row/R42573> Preuzeto:20.8.2017.
6. Elkington, J. (1997) *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Capstone Publishing Limited, UK
7. Program of the Amsterdam Global Conference on Sustainability and Transparency (2010), http://ecogreeneu.org/uploads/documements/Program_Book_final_pdf? Preuzeto: 20. 8. 2017.
8. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development (2015) <http://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingworld>, Preuzeto: 20.8.2017.
9. European Commission (2008) Action Plan Sustainable Consumption and Production & Sustainable Industrial Policy (COM (2008) 397/3 [www. Orgaline.org/ sites/default/ files/positive-papers/PP_AP_SCP_16%20september%202008](http://www.Orgaline.org/sites/default/files/positive-papers/PP_AP_SCP_16%20september%202008), Preuzeto: 20.4.2018.
10. Ehrenfeld, J., R. (2005) Eco-efficiency: Philosophy, theory and tools, *Journal of Industrial Ecology*, 9(4) 6 - 8
11. Figge, F., Hahn, T. (2004) Sustainable value added - measuring corporate contributions to sustainability beyond eco-efficiency, *Ecological Economics*, 48, 173 - 187
12. Cagno, E., Micheli G. (2012) Eco-efficiency for sustainable manufacturing: an extended environmental costing method. *Production Planning & Control* 23(2-3), 134 - 144
13. Braungart, M., McDonough, W. (2008) *Cradle to cradle: remaking the way we make things*. North Point Press, New York

14. Alston, K. (2010) Cradle to cradle design: Positive sustainability agenda for products and packaging: the limitations of eco efficiency. Address to packaging for tomorrow, 7 December 2010. 3 Pillars Network, Melbourne
15. World Business Council for Sustainable Development (2006) WBCSD learning tool helps companies to adopt, implement and integrate eco-efficiency. <http://www.wbcd.org/plugins/Doc.Search/details.asp?type=MTgwMjc>, Preuzeto: 20.4.2017
16. Verfaillie, H. Bidwel, R. (2000) Measuring eco-efficiency: a guide to reporting company performance. World Business Council for Sustainable Development. WBCSD
17. White, P. (2009) Building a sustainability strategy into a business. *Corp.Gov.* 9 (4) 386 - 394
18. Verghese, K., Lewis, H. (2007) Environmental innovation in industrial packaging: a supply chain approach. *Int. J. Prod. Res.* 45(18-19) 4381 - 4401.
19. Fitzpatrick, L., Verghese, K., Lewis, H. (2012) Developing the strategy, in *Packaging for sustainability*. Verghese, K., Lewis, H., Fitzpatrick, L., (Eds.) Springer, London, 6
20. Lewis, H., Sonneveld, K., Fitzpatrick, L., Nicol, L. (2002) Towards sustainable packaging. <http://www.sustainablepack.org/packaging/database/files>, Preuzeto: 6. 5.2015
21. Lewis, H. (2012) Design for sustainability. In: *Packaging for sustainability*. Verghese, K., Lewis, H., Fitzpatrick, L. (Eds.) Springer, London 20, 44, 47, 48, 54, 78
22. Envirowise (2008) *Packguide: a guide to packaging eco-design*. Envirowise, Didcot, Oxfordshire.
23. Koklacova, S., Atstaja, D. (2011) Paper and cardboard packaging innovative Life Cycle Solutions, *Scientific Journal of Riga Technical University* (1), 40 - 45
24. The consumer goods forum, (2010) *A global language for packaging and sustainability*, Paris 22.
25. Michaeli, G. J. I., Cagno, E., Tappia, E. (2018) Improving eco-efficiency through waste reduction beyond the boundaries of a firms. *Sustainability*, 10, 167 - 183
26. Back, V., Berger, M., Henssler M., Kirchner, M., Leiser, S., Rother, E., Ruhland K., Schneider, L., Tihana, C. (2016) Integrated method to assess resource efficiency, *J.Clean. Prod.* 137, 118 - 130
27. Wroblewska - Krepoztul, J., Rydzkowski, T., Borowski, G., KumarThakur V., (2018) Recent progress in biodegradable polymers and nanocomposite - based packaging materials for sustainable environmental, *International Journal of Polymer Analy*
28. Cagno, E., Micheli, G., J., L. (2012) Eco-efficiency for sustainable manufacturing. An extended environmental costing method. *Prod. Plan. Control*, 23, 34 - 144

29. Tamani, N., Mosse, P., Croitorn, M., Buche, P., Guillard, V., Guillaume C., Contard N. (2016) An argumentation system for eco-efficient packaging material selection, *Agriculture*, 113, 174 - 192 doi.10.1016/j.2015.02.012
30. Wever, R., Vogtländer, E. (2013) Eco efficient value creation: An alternative perspective on packaging and sustainability, *Packag. Technol. Sci.* 26, 229 - 248, doi 10.1002/pts 1978
31. Brannan, D., B.Heeter, J., Bird, L. (2012) Made with renewable energy, Technical Report NREL/TP-6 A20 - 53764
32. Vogtländer, J., G., Bijma, A., Brezet, H. (2002) Communicating the eco-efficiency of products and services by means of the Eco – cost / Value model. *Journal of Cleaner Production*, 10 (1) 57-67. DOI: 10.1016/S0959-6526(01)00013-0
33. Honkimo, P., (2013) Assessment of packaging material life cycle, Oulu University of Applied Science. China
34. Lee, S, G., Xu, X., (2005) Design for environment: life cycle assessment and sustainable packaging issues, *International Journal of Environmental Technology and management* 5(1) 35 - 41
35. EUROPEAN (2018) Continuous environmental improvement of the packaging supply chain in Europe
36. Worrel, E. (2014) Recycling of packaging. In *Handbook of recycling*, Elsevier, Amsterdam
37. Lundquist, L., Letterrier, Y., Sunderland P., Manson, J. A. E. (2000), *Life cycle engineering of plastics*, Elsevier, Amsterdam
38. Vezzoli C., Manzoni E. (2008) Selection of non-toxic and harmless resources, in *Design for environmental sustainability*; Springer, London, 105-112
39. Fixsel, J. (2012) *Design for Environment, Design for detoxification*, Mc Graw Hill, New York, 134 - 138
40. FSC® International; What is FSC® Certification? <https://ic.fsc.org/en/document-center/id/170>
41. Bolanča, Z. (2001) Printing on the packaging and environment, *Proceedings of the Conference Printing on the Packaging*, Marošević, G. (Ed.), Tectus, Zagreb 2001, 143 - 149
42. Bajpai, P., (2010) *Environmentally friendly production of pulp and paper, Effluent toxicity*. Wiley, Hoboken, 48

43. Australian Packaging Covenant, The sustainable packaging guidelines (SPGs), 3.5. Minimize risk associated with potentially toxic and hazardous materials <https://www.packagingcovenant.org.au/documents/item/1091>
44. Lewis, H. (2008) Eco design of food packaging materials, In Environmentally compatible food packaging. Woodhead Publishing, ISBN
45. Castle, L. Damant, A., Honeybone, C., Johans, H., Jickells. S., Sharman, M., Gillbert, J. (2007) Migration studies from paper and board food packaging materials, Part 2. Survey for residual of dialkilaminobenzofenon UV cure ink photoinitiator, Food Addit. Contam. 14 (1) 45 - 5
46. Kim, B., Kwon, B., Jang, S., Kim, P.G., Ji, K. (2016), Major benzophenone concentration and influence of food consumption among the general population I Korea, and the association with oxidative stress biomarker, Science of the Total Environment, 565, 649 - 655
47. Vezzoli, C., Manzoni E. (2008) Tools for design for eco-efficiency, in Design for environmental sustainability Springer, London, 247 - 250
48. Boylston, S. (2009) Designing Sustainable packaging. Laurence King Publishing, London
49. Dunphy, D., Griffiths A., Benn, S. (2003) Organisational change for corporate sustainability. Routledge, London
50. Smith, R., Lourie, B. (2009) Slow death by rubber duck, Definitions of primary, secondary and tertiary packaging are based on the European Packaging and Packaging Waste Directive, University of Queensland Press, St. Lucia
51. EUROOPEN and ECR Europe (2009) Packaging in the sustainability agenda: a guide for corporate decision makers. The European Organisation for Packaging and the Environment (EUROOPEN) and ECR Europe, Brussels
52. Vezzoli, C., Manzoni, E. (2008) Design criteria and guidelines: Minimize material consumption in Design for environmental sustainability Springer, London, 263
53. Vezzoli, C., Manzoni, E. (2008) Design for minimize energy consumption during pre - production and production, in Design for environmental sustainability Springer, London, 264
54. Pöll, G., Schneider, F. (2003) Returnable and nonreturnable packaging, James & James, London
55. WRAP (2009) Reusable transit packaging reduces cost packaging, improves efficiency and build s brand value, <http://www.wrap.org.uk/> Preuzeto 12. 3. 2018

56. PIRA International, (2000) Strategic futures: multi-trip versus single-trip secondary packaging PIRA International, Leatherhead
57. Australian Packaging Covenant: a commitment by governments and industry to the sustainable design, use and recovery of packaging (2010) APC Secretariat: Sydney
58. Grant, T., James, K., Lundie, S., Sonneveld, K., (2001) Stage 2 report for life cycle assessment for paper and packaging waste management scenarios for Victoria, Melbourne
59. PIRA International Ltd and ECOLAS N.V (2005) Study on the implementation of Directive 94/62/EC on Packaging and Packaging Waste and options to strengthen prevention and re-use of packaging, final report, Surrey, UK
60. FoA (2006) Use of recycled plastics in food packaging: chemistry considerations. Second edition: <http://www.fda.gov/food/guidancecomplianceregulatoryinformation/GuidanceDocuments/FoodIngredientsandPackaging/ucm120762.htm> Preuzeto: 20. 4. 2017.
61. FDA (2006) Use of recycled plastics in food packaging: chemistry considerations. Second edition: [http://www.fda.gov/food/guidancecomplianceregulatoryinformati/GuidanceDocuments/FoodIngredientsandPackaging/ucm120762.htm](http://www.fda.gov/food/guidancecomplianceregulatoryinformation/GuidanceDocuments/FoodIngredientsandPackaging/ucm120762.htm), Preuzeto: 20. 3. 2017.
62. Rodgers, M. Large scale demonstration of the viability of recycled PET (rPET) in retail packaging. Coca Cola Enterprises Ltd, Banbury
63. ISO (2008) 15270: Plastic-guidelines for recovery and recycling of plastics waste. International Standards Organization ISO, Geneva
64. Bindarup, M., Pedersen, G., Vinggaard, A., Rasmussen, E., Rosenquist, H., Cederberg, A., (2002) Toxicity testing and chemical analyses of recycled fiber-based paper for food contact. *Food Addit. Contam.* 19 (1) 13 - 28
65. Parry, S., Aston D., Migration of inorganic contaminants into dry food from packaging made from recycled paper and board (2004) *Food Addit. Contain.* 21 (5) 506 - 511
66. Gärtner, S., Analysis and migration of phthalates in infant food packed in recycled paperboard. *Agric. Food Chem.* 57 (22) 10675 - 10681
67. Swiss canton laboratory (2010) Question and answer on migration of mineral oil from packaging materials to foodstuffs, Zurich, 2010
68. SPC (2006) Design guidelines for sustainable packaging, version 1.0. Sustainable packaging Coalition Charlottesville, Virginia

69. Commission of the European communities (2009) Quantities of packaging waste generated in the Member State and recovered or incinerated at waste incineration plants with energy recovery within or outside the Member State, Brussels, 2007
70. Putz, H., J., (2000), Collection systems, sources, and sorting of recovered paper, in Recycled fiber and deinking, Göttching, L., Pakarinen, H. (Eds) Fapet Oy Helsinki
71. LahewooBrown, M., A., (2014) Introduction to renewable energy technology, Lahewood High School, Lahewood
72. Fiksel, J., (2012) DFE in energy innovation, in Design for environment, 2th Edition, Mc Graw Hill, New York
73. Domeno, C., Aznar, H., Nerin, C., Isella, F., Fedeli, M., Bosetti, O. (2017) Safety by design of printed multilayer materials intended for food packaging, Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk. Assess. 34 (7) 1239 - 1250
74. European Printing Industry Association (2007) Exclusion list for printing inks and related products. <http://www.cepe.org/EPUB/easnet.dll/GetDoc?Preuzeto:20.3.2017>.
75. Consumers Union (2009) Concern over canned foods. <http://www.consumersreports.org/cro/magazine-archive/decembe2009/food/bpa/overview/bisphenol-a-ov.htm/> Preuzeto: 20.3.2017.
76. Environment California. Bisphenol overview. <http://www.environmentcalifornia.org/Environmentalhelth/stoptoxic/bisphenola-overview%20/> Preuzeto: 20.3.2017.
77. Health Canada (2008) Government of Canada protect Families with Bisphenol A regulations. Press release <http://www.hc-sc.gc.ca/ahc/asc/media/nr-cp/:2008/2008-167-eng.php> Preuzeto: 20.3.2017
78. Halden, R., U., (2010) Plastic and health risk, annual Review of Public Health 31, 179 - 194
79. Hauser, R., Calafat, A., M. (2005) Phthalates and human health. Occup. Environ. Med. 62, 806 - 818
80. Tickner, J., A., Schettler, T., Gudotti, T. McCally, M., Rosi, M. Health risks posed by use of Di-2-ethylhexyl phthalate (DEHP) in PVC medical devices Critical review, American Journal of Industrial Medicine, 39 (1) 100 - 111
81. European Parliament legislative resolution of 18 April 2018 in the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 94/62/Eco on packaging and packaging waste www.europarl.europa.eu/getDoc.do?
82. Report to the US Environment Protection Agency (2007) Toxics in packaging. An assessment of heavy metals in packaging

83. Bolanča Mirković, I. (2013) Emisija VOC spojeva u grafičkoj i pratećim industrijskim procesima, te njihov utjecaj na okoliš, Predavanja u okviru kolegija Industrija i okoliš, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
84. Bajpai, P., (2005) Environmentally benign approaches for pulp bleaching. Elsevier Science, Netherlands, 277
85. Bajpai, P., Baipai, P., K. (2001) Organochlorine compounds in bleach plant effluents- genesis and control. PIRA International, Leatherhead, Surrey
86. Horne, R., Life cycle assessment: principles and context. In: Horne, R., Grant T., Verghese, K., (Eds.) Life cycle assessment: principles, practice and prospects. CSIRO Publishing, Collingwood
87. El - Haggag, S., (2012) Traditional life cycle analysis: cradle to grave, In Sustainable industrial design and waste management, Elsevier, Amsterdam 13 - 16
88. Curan, M., A. (2006) Life cycle assessment: principles and practice, US Environmental Protection Agency, Ohio
89. Keolein, G., A., Meanery, D. Sustainable development: Review of life cycle design and related approaches, J. AWAME 44 (1994) 664
90. UNEP SATAC (2009) Guidelines for social life cycle assessment of products, United Nations Environment Programme ISBN 978 – 92 – 807 – 3021 – 0
91. ISO 14040:2016, Environmental management - Life cycle assessment-Principles and framework, International Standards Organization ISO, Geneva
92. ISO14041:1996, Environmental management - Life cycle assessment, Goal and scope definition and inventory analysis, International Standards Organization ISO, Geneva
93. Hischer, R., (2003) Special LCA Discussion Forum, Session “Packaging” Schweizer Zentrum für Ökoinventare Packaging, <https://ecoinvent.org/files/200312>, Preuzeto: 18. 6. 2018.
94. BUWAL databse, GaBi LCA Database documentation, Ökoinventare für Verpackungen, Buval, Bern, www.gabi-software.com Preuzeto: 20. 4. 2017.
95. ISO 14042:2006, Environment management - Lifecycle assessment - Life cycle impact assessment. International Standards Organization ISO, Geneva
96. ReCiPe Mid / Endpoint metode (2016) National Institute for Public Health and the Environmental, Netherland
97. Goedkoop, M., J., Heijungs, R., Huijbregts, M., A., J., Stuijs, J. (2009) ReCiPe 2008, Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment, UROM

98. Tukker, A., (2000) Life cycle assessment as a tool in a environmental impact assessment, review 20, <http://media.leidenv.nl/legacy/chainet> Preuzeto: 20. 4. 2017
99. Dalhielm, R., Axelsson, U. (1996) Life cycle analyse for graphic production. Technical Report, 4, 95 – 116
100. Larsen, H.,F., Housen H.,S. (2006), Ecolabeling of printed matter
101. Bolanča, Z., Bolanča Mirković, I. Razvoj i ekološka održivost u području grafičke tehnologije, Godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske, Andročec, V., (Ed.), HATZ, (2017) 41 - 5
102. ISO 14043:2000 Environment management - Life cycle assessment - Life cycle interpretation. International Standards Organization ISO, Geneve
103. ISO 14044: 2006 Environment management-Life cycle assessment- Requirement and guideline, International Standards Organization ISO, Geneve
104. Salamon, S., (2007) IPCC Fourth Assessment report: Climate Change 2007, Cambridge University Press, 2007.
105. IPCC, (2011) Third Assessment Report-Climate Change 2001UNEP/GRID-Arendal [http://www. Guide.no/publication/other/ipcc_tar](http://www.Guide.no/publication/other/ipcc_tar) Preuzeto: 22. 1. 2018.
106. PAS 2050 Carbon footprint, <http://sgs.com/en/sustainability/> Preuzeto 22. 3 2028
107. ISO 14025:2006, Environmental labels and declarations - Type III - Principles and procedures
108. ISO 14067:2018, Grenhause gases- Carbon footprint of products. International Standards Organization ISO, Geneve
109. Garcia, J., Peltola, H., Zabizarreta Gerandion, A., Kellomäki, S. (2007) Impact of forest landscape structure and management on timber production and carbon stockes in the forest ecosystem under changing climate. *Forest Ecology and Management*243-257
110. Luyssaert, S., Detlef Schulze, E., Börner, A., Kuohl, A., Hessenmöller, D., Law, B., E., Ciais, P., Grace, J., (2008) Old-grow forest as global carbons inks, *Nature* 455 (11) 213 – 215
111. Kujaupää, M., Pajula, T., Hohenthal, C., (2009) Carbon footprint of a forest product- challenges of biogenic carbon and carbon sequestration in the calculations, VTT Symposium life cycle assessment of products and technology, 2009
112. Pajula, T., Pihkola H., Nors, M. (2009) Challenges in carbon footprint calculation and interpretation, 36th IARIGAI Conference, Stockholm, 2009
113. Song, V. (2009) Electronic ink: Paperless Display technology saves tress and the environment, <http://www.toronto.sun.com/life/green.pl/> Preuzeto: 22. 2. 2017

114. Sany-Mengual, E., Lozano, R., G, Oliver-Sola, J., Gasol J., O., Gasol, C., M., Rievadevale, J.(2014) Eco –design and product carbon footprint use in the packaging sector In book Assessment of carbon footprint in different industrial sectors, Muthu, S.,S. (Ed) Chapter 14, Springer, London
115. Christ, A., Calculation of a carbon footprint for corrugated packaging, (2010) <http://www.fefco.org/sites/default/files/documents> Preuzeto: 21. 3. 2017
116. CEPI (2009) Key statistic 2009. European Pulp and Paper Industries, June 2010, <http://www.cepi.org/docshare/docs/1/> Preuzeto: 23. 3. 2017
117. CEPIPRINT - CEPIFINE (2010) CEPIPRINT and CEPIFINE's user guide to the carbon footprint of graphic paper v 1.0, CEPIPRINT - CEPIFINE 30th June 2010. http://www.cepifine.org/images_page/ Preuzeto: 24. 3. 2017.
118. CEPI (2007) Framework for the development of carbon footprints for paper and board products. Appendices September, 2007
119. ENVIMAT, MFA fin - Finnish material flow accounts, Method description (2017)
120. Mäenpää, I., (2015) Comparison of environmental multipliers of monetary and physical Leontief inverse, <http://www.ymparioto.fi/default.asp?> Preuzeto: 21. 4. 2017
121. Mäenpää, I., Savolainen, H., Heihkinen, M., ENVIMAT - an environmentally extended long - term simulation model of the Finnish economy, principles and design (2017), Envimat model summary, <ftp://www.onlu.fi>
122. Seppälä, L., Mäenpää, I, Koshela, S., Mattila, T., Towards an advanced methodology for assessing the global environmental impacts caused by the material flows of a national economy, OECD-UNEP, Conference on resource efficiency, Paris 23 - 25 April 2008
123. Pihkola, H., et al. (2010) Communicating the environmental impacts of print products, VTT, Julkaisija
124. Pihkola, H., Ners, M., Kujanpää, M., Helin, T., Karinierni, M., Pajula, T., (2010) Carbon Footprint and environmental impacts of print products from cradle to grave, VIT, Julkaisija 29 - 32
125. Strlič, M., Kolar, J., (Ed.) (2005) Ageing and stabilization of paper, National and University library, Ljubljana
126. Zervos, S., (2010) Natural and accelerated ageing of cellulose and paper In: Structure and properties, derivates and industrial uses, Nova Science Publishers INC. Athens

127. Karlovits, M., Gregor – Svetec, D., (2012), Durability of cellulose Synthetic papers exposed to various methods of accelerated ageing. *Acta Polygraphica Hungarica*, 9 (6) 81 - 100
128. Sindić, I., Bolanča Mirković, I., Bolanča Z., (2010) Stability of wide format ink jet prints for out door applications, *Technical Gasette*
129. Bajpai, P. (2014) *Recycling and deinking of recovered paper*, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Piego, San Frncisco, Singapore, Sydney, Tokyo : Elsevier, 2014
130. Kesalkar, V. P., Khedikar, I. S., Sudome, A. M. (2012). “Physico-chemical characteristic of wastewater from paper industry,” *International Journal of Engineering Research and Applications*, (2), 137 - 143
131. Shivhare, I. P., Vimlesh, B., Arvind, S., Mathur, R., M. (2012). “Issues related to bleaching of wheat straw pulp”, *Indian Pulp and Paper Technical Association*, (24), 3: 99 – 103
132. Sibani, B., Sandhyamayee, S., Sabita P., Mishra, B., K. (2012). “Sisal fiber: A potential raw material for handmade paper”. Abstract. *Indian Pulp and Paper Technical Association*, (24), 2: 37
133. Qin, C., R., Jiang, I., Fu, X., Y., Wang, Q., Yi, H., G. (2011). “The study on pulping and paper making performance of banana stem and leaf.” *Advanced Materials Research*, (295), 760 - 764
134. Mossello, A., Harun, J., Tahir, P., M., Resalati, H., Ibrahim, R., Syamsi, S., R., Mohammed, F. (2010). “A review of literatures related of using kenaf for pulp production (Beating, fractionation and recycled fiber)”, *Modern Applied Science*, (49), 9: 21 - 29
135. Egbewole, Z. T., Rotowa, O. J., Omoake, P. (2015). “Evaluation of fibre quality of *Bambusa Vulgaris* (bamboo) as a raw material for pulp and paper production”, *PAT*, (11), 2: 188 - 202
136. Gomes, F., B. J., Jorge, L. C., Batalha, L. A., R., Demuner, L. F., Brunet, A., Moirera, B. (2013). “Potential of Eleplant Grass for pulp production”, *BioResources*, (8), 3: 4359 - 4379
137. Favero, A., Thomas, V. M., Luetgen, C. (2017) *Life cycle and marked review of the major alternative fibers for paper production*. Georgia Institute of Technology, Atlanta, 2017

138. Knoshaug, E., P., Shi, B., Shannon, T., G., Mleziva M., M., Pienkos, P., T. (2013). "The potential of Photosynthetic aquatic species as sources of useful cellulose fibers-a review", *Journal of Applied Phycology*, (25), 4: 1123 - 1134
139. Mukherjee, P., Prakash Keshri, J. (2018). "Present status and development of algal pulp formed paper making technology; A review". *Advances in Plants & Agriculture Research*, (8), 1: 00284 - 303
140. Lee, M., W., Han, S., O., Seo, W., Han, S., O., Seo, Y., B. (2008). "Red algae fiber/poly (butylene succinate) biocomposites. The effect of fiber content on their mechanical and thermal properties", *Composites Science and Technology*, (68), 1266 - 1272
141. Seo, Y.,B., Lee, Y., E., Lee, C., H., You, H., C. (2010). "Red algae and their use in paper making," *Bioresource Technology*, (101), 2549 - 2553
142. Lopez, M., Moral, A., Aguado, R., Campana, M., L., Tijero, A., (2013). "Evaluation of bloom algae as raw material for papermaking" 13th European Workshop on Lignocellulosics and Pulp, 527 - 530
143. Martone, P., T., Estevez, J., M., Lu, F., Ruel, K., Denny, M., W., Somerville, C., Ralph J. (2009). "Discovery of lignin in sea weed reveals convergent evolution of cell wall architecture", *Current Biology*, (19), 2: 169 - 178
144. Marsin P., Toasz, J. (2005). "Introductory studies on the morphology of the genus *Cladophora* from the Gulf of Gdansk," *Oceanological and Hydrobiological Studies*, (24), 3:187 - 193
145. Mihranyan, A., (2010). "Cellulose from cladophorales green algae: from environmental problem to high-tech composite materials," *Journal of Applied Polymer Science*, (119), 4: 2449 - 2460
146. Technical Data Sheet SunLit™ Diamond SunLit, Sun Chemical, www.sunchemicals.com.pl/Diamond/SunLit_Diamond.pdf. Preuzeto 11. 11. 2017.
147. ISO 2846-1:2017 Graphic technology - Colour and transparency of printing ink sets for color printing Part 1. Sheet - fed and heat - set web offset lithographics printing. ISO, 2017
148. ISO 12647-2:2013 Graphic technology - Process control for the production of half - tone colour separations, proof and production prints-Part 2: Offset lithographic processes ISO, 2013
149. Zakon o provedbi Uredbe (EZ) 1907/2006 Evropskog parlamenta <https://narodne-novine.hr/clanci>

150. Technical Data Sheet SunLit[®] Express www.sunchemicals.com.pl/Express.pdf.
Preuzeto: 11. 11 2017
151. A Material Safety Data Sheet, www.totalgraphics.co.uk/sunlitskf-technicalinformation.pdf. Preuzeto: 11. 11. 2017
152. Technical Data Sheet Hi-Tech, Coat W 6000. www.starlett.iv7jml/offset_printing/TDS-W6000.pdf Preuzeto 11. 11. 2017.
153. A Material Safety Dana Sheet, www.vegra.de/utilities/createProductPDF.php?
Preuzeto: 11. 11. 2017
154. Technical specification Kromopak[™] Code No 12172, www.antalisto.com/medias/pdf
Preuzeto: 11. 11. 2017
155. Favini, Shiro Alga Carta, www.favini.com/gs/finepapers/features-applications,
Technical Data Sheet, Preuzeto: 24. 2. 2018.
156. Technical Data Sheet Machine ROLAND 705, www.rolandsheetfed.com/en-GB/documentspdf. Preuzeto: 24. 2. 2018
157. Technical Data Sheet Spectrophotometer X-Rite DTP 20 Pulse, www.xrite.com/categories.pdf
158. Bolanča Mirković, I., (2007) Ekološki prihvatljivije ofsetne boje i mehanizmi deinkinga otisaka, Doktorski rad, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2007
159. ISO 877-2:2009 Window glass-filtered solar radiation - Method B, Geneva, International Organization for Standardization, 2009.
160. ISO 5630-5:2008, Paper and board - Accelerated ageing; Part 5 Exposure to elevated temperature at 100⁰C, Geneva, International Organization for Standardization, 2008.
161. ISO 5630-6:2008, Paper and board-Accelerated ageing; Part 5 Exposure to atmospheric pollution, nitrogen dioxide, Geneva, International Organization for Standardization, 2008.
162. ISO 5269-2: 2002. Pulp - Preparation of laboratory sheets for optical testing. Part 2. Rapid Köthern methods, <https://www.iso.org/standard/39341.html> Preuzeto:11.11. 2017
163. ISO 13322-1 (2014). Particle size analysis methods- Part 1: Static image analysis methods <https://www.iso.org/standard/51257.html> Preuzeto: 11. 11. 1017
164. ISO 2470-1 (2016). Paper, board and pulps Measurement of diffuse blue reflectance factor, Indoor daylight conditions (ISO Brightness) <https://www.iso.org/standard/69090.html> Preuzeto 11. 11. 2017

165. TAPPI T 567 om -09, (2009) Determination effective residual ink concentration (ERIC) by infrared reflectance measurement <https://www.techstreet.com/standards/tappi-t-567-om-15?> Preuzeto: 11. 11. 2017.
166. R Core Team (2017), R: A Language and environment for statistical computing <https://www.t-project.org> Preuzeto 15. 6. 2018.
167. Malešić, J., Kolar, J., Strlič, M., Fromageot, D., Lemaire, J., Halliant, O., (2005) Photo-induced degradation of cellulose, *Polymer Degradation and Stability*, 89 (1) 64 - 69
168. Bolanča Mirković, I. (2007) Ekološki povoljnije ofsetne boje i mehanizam deinking otisaka, Doktorska disertacija, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
169. Chovancova – Lovell, V., Fleming II P. D. (2006), Effect of optical brightening agents and UV protective coatings on print stability, *Proceedings of the IST-NIP 22*, Denver, 2006, 216 - 223
170. Bolanča, I., Bolanča, Z., The Characteristic of Recycled Fibres in the Function of the Natural and Accelerated Ageing of Prints. in *Waste Management*, Popov, V., Itoh, H., Brebbia C.A., Kungolos S., (Eds), Wit Press, Boston, (2004), 153 - 167
171. Lopez, M., (2015) Evaluation of bloom algae as raw material for papermaking. 13th European Workshop on Lignocellulosics and Pulp. Seville, <http://www.researchgate.net>, Preuzeto: 24. 8. 2017.
172. Scott, W., E., Trosset, S., (1999) *Properties of paper: An introduction*. TAPPI Press: Norcross, GA
173. Kubelka, P., Munk, F. (1931) Ein Beitrag zur Optik der Farbenstriche, *Zeitschrift für technische Physik*, 12, 593 - 620
174. Lehtonen, I., K., Dyer, T., J., (2005) Light scattering coefficient as a measure of specific surface area in mechanical pulp laboratory sheets. *Pap. Puu* 87, 517 - 524
175. Luo, M., R. (2015) CIE Tristimulus values, in *Encyclopedia of colour science and technology* Luo, M. (Ed.) Springer, doi 10.1007/978-3-642-27851-8_1
176. Czarnecki, R., (2010) *Printing ink handbook*, 6th Ed. NAPIM, Appelton
177. Field, G., G. (2004) *Color and its reproduction*, GAFT, Pittsburg
178. Coccato, A., Moens, L., Voudenabeele, P., (2017) On the stability of inorganic pigments: a literature review, *Heritage Science* 5(1), 1-8, DOI: 10.1186/40494-017-0125.6
179. Slata, R., Dyrda, G., (2014) UV Photostability of metal phthalocyanides in organic solvents, *Inorg.Chem.* 2003, 42 (18)5743-5750 DOI 10.1021/ic 0260217

180. Lazzan, M., Chiantore, O., (1999) Drying and oxidative degradation, *Polym. Degrad. Stabil.* 65, 303 - 313
181. ESMA VZW (2012): Light Fastness and Weather Resistance of Printed Products, ESMA – Driving Print Excellence, Leuven, [http://www.esma.com/images/downloads/techpapers/light fastness _uk.pdf](http://www.esma.com/images/downloads/techpapers/light%20fastness_uk.pdf). Preuzeto: 3. 4. 2018.
182. Faulkner, E. B. and Schwartz, R. J. (2009): High performance pigments, Wiley-VCH, Weinheim.
183. Csepregi, Zs., Aranyosi, P., Rusznak, L., Töke, L., Frankl, J., Vig, A. (2008) The light stability of azo-dyes and azo - dyeings 1. Light stability of dyeing switch reactive and non - reactive derivatives, respectively, of two selected azo -chromophores. *Dyes and Pigment.* 48 (1) 1 - 14.
184. Lee, K., Urlaub, J., Bagvel, A., S., MacDonald, J., G., Nohr, R., S., (2009) Properties of ink containing novel lightfastness additives, *Ink and Media*,(6) 444 - 446
185. Oleari, C.,(2016), *Standard Colorimetry: Definition, Algorithms and software*, Wiley & Sons Ltd, UK
186. Salminen, L., (2014), *The influence of solar reflective black pigments on the durability*, Thesis, Helsinki Metropolia University of Applied Sciences, Helsinki
187. Bolanča Mirković, I., Rehakova, M., Medek, G., Bolanča, Z., Accelerated thermal ageing with / without NO₂ of the offset prints with different raster tone values (u pripremi za publiciranje)
188. Williams, E. L., Grosjean, D, (2002), Exposure of deacidified and untreated paper to ambient levels of sulfur dioxide and nitrogen levels of sulfur dioxide and nitrogendioxide: nature and yields of reaction products, *Journal of the American Institute for Conservation*, 41 (4) 199 - 212
189. Bolanča Mirković, I., Medek, G., Bolanča, Z., (2016), Cardboard packaging from algae for environment sustainability, 4th International Symposium on Environmental Management – Towards Circular Economy
190. Bolanča Mirković, I., Medek, G., Bolanča, Z. (2018), Ecologically sustainable printing: Aspects of Printing Materials, *Tehnički Vjesnik / Technical Gazette*, Print: ISSN 1330-3651, Online: ISSN 1848-6339, Vol. 26/No. 3 (published June 2019)

8. ŽIVOTOPIS I POPIS RADOVA

Goran Medek rođen je 23. kolovoza 1971. godine u Karlovcu. U Karlovcu je završio osnovnu i srednju školu. Po završetku srednje škole, stiče stručni naziv strojarskog tehničara. Nakon mature upisao je Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, koji je završio 1998. godine i stekao stručni naziv diplomirani inženjer grafičke tehnologije. Diplomski rad na temu “Projekt pogona za izradu kartonskih kutija” radio je pod mentorskim vodstvom dr. sc. Darka Babića red. prof.

Iste godine se zaposlio u Lana Karlovačkoj tiskari d.d. gdje radi na poslovima tehnološke pripreme proizvodnje.

Akadske godine 2002/2003 godine upisao je poslijediplomski znanstveni studij – grafičko inženjerstvo, Grafičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Akadske godine 2008/2009 godine završio je poslijediplomski znanstveni studij – grafičko inženjerstvo, Grafičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te je stekao akademski stupanj magistar znanosti. Magistarski rad na temu “ Tehnološke pretpostavke kvalitetnog projektiranja u doradnom odjelu ” radio je pod mentorskim vodstvom dr. sc. Darka Babića red. prof.

Poslijediplomski doktorski studij Grafičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu upisao je akademske godine 2008/2009.

Od 2009. godine radi kao rukovoditelj tehnološke pripreme u Lana Karlovačkoj tiskari d.d.

Dvije školske godine, 2008/2009 i 2009/2010, predavao je predmet „Grafička tehnologija“ u srednjoj školi Prirodoslovna škola u Karlovcu.

Tijekom 2010. godine uspješno je položio seminar za internog auditora ISO 9001:2008.

POPIS RADOVA

1. Kvalifikacijski radovi

Medek, G. (1998), Projekt pogona za izradu kartonskih kutija, Diplomski rad, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Medek, G. (2008), Tehnološke pretpostavke kvalitetnog projektiranja u doradnom odjelu, Magistarski rad, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu

2. Objavljeni recenzirani znanstveni radovi u tercijarnim časopisima

2.1. Bolanča Mirković, I., Medek, G., Bolanča, Z. (2018), Ecologically sustainable printing: Aspects of Printing Materials, Tehnički Vjesnik / Technical Gazette, Print: ISSN 1330-3651, Online: ISSN 1848-6339, Vol. 26/No. 3 (published June 2019)

2.2. Bolanča Mirković, I., Medek, G., Rehakova, M., Bolanča, Z. (2018), Exccelerate thermal ageing with/without NO₂ of the prints with different raster tone walues, u pripremi za publiciranje

3. Objavljeni recenzirani znanstveni radovi u sekundarnim časopisima

3.1. Bolanča, Z., Medek, G., Bolanča Mirković, I. (2018), Material recovering from offset prints on paper with alternative fibers, Jubilee Annual 2017.-2018. of Croatian academy of Engineering, Croatian Academy of Engineering - HATZ, 205-2016, 2018, ISSN 1332-3482

4. Objavljeni recenzirani znanstveni radovi s međunarodnog znanstvenog skupa

4.1. Bolanča Mirković, I., Medek, G., Bolanča, Z., (2016), Cardboard packaging from algae for environment sustainability, 4th International Symposium on Environmental Management – Towards Circular Economy

4.2. Bolanča Mirković, I., Medek, G., Bolanča, Z., (2016), Influence of environment on optical properties of some packaging materials, 16th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Blaž Baromić

4.3. Bolanča Mirković, I., Medek, G., Bevandić, J., Bolanča, Z., (2016), Recovery of the laminated cardboard packaging, 16th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Blaž Baromić

4.4. Banić, D., Salamon, V., Medek, G., (2005), Održavanje strojnog parka tiskara, Međunarodno savjetovanje tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija „Blaž Baromić“, Zbornik radova Blaž Baromić 2005, Bolanča, Zdenka; Mikota, Miroslav (ur.). Zagreb: Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Matica Hrvatska Ogranak Senj; Inštitut za celulozo in papir, Ljubljana, 2005. 249-252.

4.5. Marić-Marsenić, J., Musulin, N., Medek, G., (2011), Osobine uputa farmaceutskih proizvoda za USA tržište, 15. međunarodna konferencija tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija „Blaž Baromić“, Zbornik sažetaka Blaž Baromić 2011, Mikota, Miroslav (ur.). Zagreb: Hrvatsko društvo grafičara, Hrvatska, 2011. 52-52

4.6. Medek, G., Čuljak, I., (2010), Usklađenost tiskane komercijalne kutije s mjerilima za korištenje znaka „Prijetelj okoliša“, 14. međunarodno savjetovanje tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija „Blaž Baromić“, Zbornik sažetaka Blaž Baromić 2010, Mikota, Miroslav (ur.). Zagreb: Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Matica Hrvatska Ogranak Senj ; Inštitut za celulozo in papir, Ljubljana ; Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Slovenija, 2010. 41-41

5. Ostali objavljeni znanstveni i stručni radovi

5.1. Marić-Marsenić, J., Musulin, N., Demšić, Z., Medek, G., (2009), Zbrinjavanje otpisanog papirnog pakovnog materijala farmaceutske industrije, 13th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Blaž Baromić, Proceedings Blaž Baromić 2009, Bolanča, Zdenka (ur.). Zagreb: Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Matica Hrvatska Ogranak Senj; Inštitut za celulozo in papir, Ljubljana, 2009. 95-99.

5.2. Medek, G., Marić-Marsenić, J., Musulin, N., (2008), Karakteristike tiskane jedinične kutije za potrebe strojne opreme u farmaceutskoj industriji, 12th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Blaž Baromić, Proceedings Blaž Baromić 2008, Bolanča, Zdenka (ur.). Zagreb: Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Matica Hrvatska Ogranak Senj ; Inštitut za celulozo in papir, Ljubljana, 2008. 127-130.

5.3. Medek, G., (2007), Tradicija i razvoj tiskarstva u Karlovcu, 11th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Blaž Baromić, Proceedings Blaž Baromić 2007, Bolanča, Zdenka (ur.). Zagreb: Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu ; Matica Hrvatska Ogranak Senj ; Inštitut za celulozo in papir, Ljubljana, 2007. 91-93.

5.4. Medek, G., Marić-Marsenić, J., (2006), Dizajn i konstrukcija tiskane kutije za potrebe farmaceutske industrije, 10. međunarodno savjetovanje tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija „Blaž Baromić“, Zbornik radova Blaž Baromić 2006, Bolanča, Zdenka; Mikota, Miroslav (ur.). Zagreb: Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Matica Hrvatska Ogranak Senj ; Inštitut za celulozo in papir, Ljubljana, 2006. 215-220.

5.5. Medek, G., Banić, D., (2005), Ambalaža u funkciji branda, 9. međunarodno savjetovanje tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija „Blaž Baromić“, Zbornik radova Blaž Baromić 2005, Bolanča, Zdenka; Mikota, Miroslav (ur.).Zagreb: Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Matica Hrvatska Ogranak Senj ; Inštitut za celulozo in papir, Ljubljana, 2005. 51-54.

5.6. Medek, G., (2004), Brailleovo pismo u funkciji humanosti i zaštite tiskane komercijalne ambalaže, 8. međunarodno savjetovanje tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija „Blaž Baromić“, Zbornik radova Blaž Baromić 2004, Bolanča, Zdenka ; Mikota, Miroslav (ur.).Zagreb: Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu ; Matica Hrvatska Ogranak Senj, 2004. 219-222.

5.7. Medek, G., (2003), Prilog karakterizaciji indeksa zaštite okoliša u grafičkoj industriji,7. međunarodno savjetovanje tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija „Blaž Baromić“, Zbornik radova Blaž Baromić 2003, Bolanča, Zdenka (ur.).Zagreb : Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu ; Matica Hrvatska Ogranak Senj, 2003. 251-256

6. Sudjelovanje na stručnim skupovima

6.1. Medek, G., (2011), 2D kod na tiskanoj komercijalnoj ambalaži u funkciji zaštite proizvoda od krivotvorenja, 18. Savjetovanje stručnjaka konditorske industrije Hrvatske – Opatija.

6.2. Medek, G., (2010), Izrada artworka za tiskane kutije u prehrambenoj industriji, 17. Savjetovanje stručnjaka konditorske industrije Hrvatske – Malinska.