

Prijemčivost tiskovnih podloga za modificirane ofsetne boje

Selmanović, Natali

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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:216:481129>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-29**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB**

ZAVRŠNI RAD

Natali Selmanović

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB

Smjer: Dizajn grafičkih proizvoda

ZAVRŠNI RAD

**PRIJEMČIVOST TISKOVNIH PODLOGA ZA
MODIFICIRANE OFFSETNE BOJE**

Mentor:

doc. dr. sc. Maja Stržić Jakovljević

Student:

Natali Selmanović

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

Getaldićeva 2

Zagreb, 11. 9. 2023.

Temeljem podnijetog zahtjeva za prijavu teme završnog rada izdaje se

RJEŠENJE

kojim se studentu/ici Natali Selmanović, JMBAG 0128066028, sukladno čl. 5. st. 5. Pravilnika o izradi i obrani završnog rada od 13.02.2012. godine, odobrava izrada završnog rada, pod naslovom: Prijemčivost tiskovnih podloga za modificirane ofsetne boje, pod mentorstvom doc. dr. sc. Maje Stričić Jakovljević.

Sukladno čl. 9. st. 1. Pravilnika o izradi i obrani završnog rada od 13.02.2012. godine, Povjerenstvo za nastavu, završne i diplomske ispite predložilo je ispitno Povjerenstvo kako slijedi:

1. prof. dr. sc. Lozo Branka, predsjednik/ica
2. doc. dr. sc. Stričić Jakovljević Maja, mentor/ica
3. izv. prof. dr. sc. Jamnicki Hanzer Sonja, član/ica


Dekan
Prof. dr. sc. Klaudio Pap

SAŽETAK

U završnom radu ispitivana je prijemčivost tiskovnih podloga za modificirane offsetne boje. Prijenos boje na tiskovnu podlogu ovisi o mnogim parametrima u tisku, kao što su količina dozirane boje i njena viskoznost, tiskovni pritisak i brzina tiska, upojnost i glatkost tiskovne podloge. U ovom istraživanju korištena je komercijalna boja, INKredible Eco-perfect dry Magenta 42EP350, u koju su za ispitivanje dodane nanočestice TiO_2 (A), TiO_2 (R) i SiO_2 . Ispitivanje se vršilo na 4 različite vrste papira detaljnije opisane u nastavku rada. U teorijskom dijelu rada objašnjen je mehanizam sušenja brzосуšećih boja. Brzina sušenja bitan je faktor u procesu tiskanja. Ukoliko boja ne suši dovoljnom brzinom može doći do sljepljivanja otiske te time i do stvaranja kontraotisaka. U eksperimentalnom dijelu rada provedena su ispitivanja korištenjem standardiziranih IGT metoda i uređaja te su detaljno opisane korištene metode, materijali i uređaji. Pomoću dobivenih rezultata odredio se i prijenos tiskarske boje (g/m^2)s tiskovne forme na svaku od korištenih tiskovnih podloga te se na taj način utvrdila prijemčivost pojedinog papira za svaku od korištenih boja. Na otiscima su ispitivane i spektrometrijske vrijednosti ($L^*a^*b^*$ vrijednosti) pomoću spektrofotometra Techkon SpectroDens B703902.

Svi rezultati su prikazani u tablicama te su potkrijepljeni i vizualnim prikazom pomoću dijagrama te je na temelju rezultata doveden zaključak o provedenom istraživanju.

Ključne riječi: nanočestice, tiskarska boja, prijemčivost, prijenos boje

ABSTRACT

The receptivity of printing substrates for modified offset inks was examined in this final thesis. Ink transfer of the colors on the printing substrates depends on various parameters in printing, such as the amount of ink applied, its viscosity, printing pressure, printing speed, as well as the absorbency and smoothness of the printing substrate. In this research ink was used..... *INKredible Eco-perfect dry Magenta 42EP350* to which nanoparticles TiO_2 (A), TiO_2 (R) i SiO_2 were added for testing purposes. The testing was conducted on four different types of paper which are described in more detail in the following sections of this thesis. In the theoretical part of the thesis the mechanism of drying of quickset inks is explained. Drying speed is a crucial factor of the printing process. If the ink does not dry quickly enough, it can lead to ink adhesion and the creation of reverse impressions. In the experimental part of the thesis tests were conducted using standardized IGT methods and equipment which are in detail described in the thesis. The obtained results were used to determine the ink transfer (g/m^2) from the printing form to each of the used printing substrates, thereby establishing the receptivity of each paper for each of the used ink types. The prints were also examined for spectrometric values ($L^*a^*b^*$ values) using the Techkon SpectroDens B703902 spectrophotometer. All results are presented in tables and supported by visual representations through diagrams. Based on the results, conclusions were drawn regarding the conducted research.

Keywords: nanoparticles, printing ink, receptivity, ink transfer

SADRŽAJ

1 UVOD	1
2 TEORIJSKI DIO	2
2.1 Tiskarske boje	2
2.2 Mehanizam brzog sušenja tiskarske boje	3
2.2.1 Sušenje prodiranjem/upijanjem (penetracijom) veziva u podlogu	4
2.2.2 Sušenje oksipolimerizacijom	4
2.3 Nanočestice	5
2.3.1 Svojstva nanočestica	6
2.3.2 Silicijev dioksid	7
2.3.3 Titanijev dioksid	8
2.3.4 Dobivanje anatasa i rutila	8
3 EKSPERIMENTALNI DIO	9
3.1 Materijali	9
3.1.1 Tiskovne podloge	9
3.1.2 Tiskarske boje i nanočestice	11
3.2 Metode	12
3.2.1 Proces otiskivanja	12
3.2.2 Prijenos tiskarske boje s tiskovne forme na tiskovnu podlogu (Ink transfer test)	15
3.2.3 Mjerenje spektrofotometrijskih vrijednosti suhih otisaka	16
3.3 Rezultati i rasprava	18
4 RASPRAVA REZULTATA ISPITIVANJA	28
5 ZAKLJUČAK	30
6 IZVORI	31
7 POPIS SLIKA, TABLICA, DIJAGRAMA	31

1 UVOD

Napretkom grafičke tehnologije dolazi do i potrebe za većom otpornošću grafičkih proizvoda na vanjske uvjete. Dobrim otiskom smatra se onaj otisak kod kojeg je postignuta povezanost između boje i podloge te dobra otpornost na otiranje, brisanje i pritisak. Jedan od čimbenika koji ima veliki utjecaj na kvalitetu boje je proces sušenja same boje koji se mora odvijati isključivo na otisnutom proizvodu, ne na stroju za vrijeme tiska. U ovom radu ispitivali smo prijemчивost tiskovne podloge (papira) za određenu tiskarsku boju. To je moguće utvrditi IGT metodom određivanja prijenosa boje (eng. *Ink transfer*). Osim boje kojom se tiska, za dobar otisak vrlo je bitan odabir i priprema tiskovne podloge kako bi se postigla optimalna reprodukcija boja i detalja. Cilj ovog rada je odrediti prijemчивost tiskovnih podloga za offsetne tiskovne boje pri korištenju nemodificiranih offsetnih boja te sa modificiranjem offsetnih boja dodatkom nanočestica. Nanočestice su se kao dodatak u grafičkoj industriji pojavile kako bi se nastojala poboljšati već postojeća svojstva boja (veličina, oblik, mehanička svojstva...) Najkorištenije nanočestice u industriji boja su titanijev dioksid i silicijev dioksid koji su korišteni i u izradi eksperimentalnog dijela rada. Eksperimentalni dio rada uključuje otiskivanje offsetnih boja na različite vrste nepremazanih papira, proizvedenih iz primarnih vlakana i s udjelom reciklirane sirovine. Na suhim otiscima ispitat će spektrometrijske vrijednosti te na temelju rezultata donijeti zaključak.

2 TEORIJSKI DIO

2.1 Tiskarske boje

Tiskarska boja je tvar koja posjeduje određeno obojenje i ima sposobnost da se u toku procesa tiska veže za podlogu na koju se otiskuje. Tiskarske boje su fina smjesa pigmenata i /ili bojila, veziva, punila i pomoćnih sredstava (sušila, voskove...). Glavna funkcija boje je da stvori kontrast za svaki detalj otisnute cjeline. Tiskarske boje se na tiskovne podloge prenose preko niza različitih tehnika i postupaka te je stoga izrazito bitno prilagoditi svojstva boje svakoj vrsti tiskovne forme, tehnici, načinu razribavanja, principu nanošenja na tiskovne forme, debljini nanosa na otisku, duljini puta od bojanika do otiska, brzini sušenja, brzini tiska, fizikalnim i kemijskim svojstvima... Prema konzistenciji tiskarske boje možemo podijeliti na pastozne (guste) i tekuće (rijetke, fluidne). Osim prema konzistenciji, boje se mogu i podijeliti i na boje za visoki tisak, boje za plošni tisak, boje za duboki tisak, boje za sitotisak, boje za digitalne tehnike tiska i specijalne boje. Za izradu tiskarskih u današnje vrijeme se koristi niz novih modificiranih materijala. Modificiranim prirodnim materijalima nastoje se proizvesti boje koje su ekološki prihvatljivije. U bojama za prehrambenu industriju izbjegavaju se štetne tvari radi zdravstvene ispravnosti namirnice. Osnovni i sastavni dio tiskarske boje koji je vidljiv oku pri tisku su pigmenti. Najvažnije svojstvo pigmenta je njihova boja koja ovisi o apsorpciji i refleksiji vidljivog dijela spektra te selektivnom apsorpcijom i refleksijom svjetlosti daju boji obojenje. Određena svojstva pigmenata su jasan i čisti ton, sposobnost dispergiranja, pokritnost i izdašnost, svjetlostalnost, otpornost na blage kiseline i lužine, otpornost prema vodi, lakiranju i povišenoj temperaturi. Prema podrijetlu ih možemo podijeliti na prirodne i umjetne, a prema kemijskom sastavu na anorganske i organske. Također moguće ih je dijeliti i prema boji, strukturi, namjeni... Osim pigmenta tiskarskih boja, vrlo bitni faktori tiskarske boje su i punila, veziva, sušila, voskovi, ulja, masti, antioksidanski, tvari za močenje, tvari protiv sljepljivanja otisaka, mirisi...

2.2 Mehanizam brzog sušenja tiskarske boje

Pri postizanju kvalitetnog otiska važno je adekvatno sušenje boje, odnosno postizanje dobre povezanosti tiskarske boje s tiskovnom podlogom. Kvalitetnim otiskom smatramo onaj otisak koji je otporan na otiranje, brisanje i pritisak. Sušenje otisnutog sloja boje možemo odijeliti na faze početnog sušenja boje (eng. *set*), gdje se otisak doima suh na dodir no još nije u potpunosti suh te faza završnog otvrdnjavanja (eng. *dry*) gdje otisak postaju u potpunosti suh. Razlikujemo 3 osnovna mehanizma sušenja tiskarskih boja:

sušenje prodiranjem/upijanjem (penetracijom) veziva u podlogu,

sušenje taloženjem,

sušenje oksidacijom (oksidolimerizacijom)

te sušenje hlapljenjem (isparavanjem).

Procese koji se odvijaju tijekom sušenja tiskarskih boja možemo podijeliti na fizikalne i kemijske procese. Procesi isparavanje otapala i penetracija mineralnih ulja u tiskovnu podlogu spadaju pod fizikalne procese dok pod kemijske procese spadaju kemijske reakcije uzrokovane promjenom agregatnog stanja tiskarskih boja iz tekućeg u kruto. Kemijske promjene mogu se primijetiti kod boja koje suše oksidolimerizacijom, kod boja koje suše dovodenjem IR energije te kod dvokomponentnih boja kod koje je potrebno izazvati kemijsku reakciju katalizatorom. Vrijeme potrebno za sušenje tiskarskih boja određeno je vrstom tiskarskih boja, krajnjom upotrebom tiskarskih boja, vrsti podloge, debljini nanosa sloja boje, vlažnosti i temperaturi radioničke atmosfere te temperaturi izloženosti boje nakon nanošenja na tiskovnu podlogu. (6,7)

Brzo sušenje (eng. *quicksetting*) složeni je mehanizam sušenja koji se sastoji od procesa upijanja (penetracije) i procesa oksidolimerizacije te je temeljni mehanizam sušenja većine offsetnih boja i boja za visoki tisak prilikom tiskanja otiska na papire i kartone.

Boje koje suše ovim mehanizmom sušenja pripremljene su na bazi kompozicijskih veziva te su sastavljena od dvije komponente: vrlo viskozne otopine krute smole u sušivom ulju i mineralnog ulja male viskoznosti kojemu dispergira prva komponenta. Sušenjem mehanizmom brzog sušenja dolazi do brzog početnog sušenja boje jer komponenta male

viskoznosti selektivno penetrira u tiskovnu podlogu dok druga komponenta (smolasta komponenta) s pigmentom ostaje na samoj površini tiskovne podloge.

Negativne strane mehanizma brzog sušenja boja

Ljepljivost otiska se povećava prilikom odjeljivanja komponenata te se zatim smanjuje na suhom otisku što može rezultirati stvaranju kontra otisaka te se stoga prilikom upotrebe ove vrste boje rabe rašci protiv sljepljivanja (eng. *anti-set-off spray powder*) ili se sušenje ubrzava zračenjem IR zrakama. Brzosušećim bojama se ne otiskuje na neupojne podloge iz razloga što premazani papiri posjeduju poroznu strukturu premaza koja pospješuje odjeljivanje komponenata brzosušećih boja. Među negativne strane brzosušećih boja spadaju povratna vlaženja otiska (eng. *swet back*) gdje dolazi do reverzibilne reakcije nakon sušenja boje odnosno dolazi do omekšavanja otiska. Omekšavanje otisaka uzrokuju keljiva koja onemogućuju raspršivanje boje po papira te dovode do oksidacije te boljeg prihvaćanja otapala. [6,7, 8]

2.2.1 Sušenje prodiranjem/upijanjem (penetracijom) veziva u podlogu

Vrsta sušenja prodiranjem /upijanjem (penetracijom) veziva u tiskovnu podlogu smatra se najjednostavnijim načinom sušenja iz razloga što ne dolazi do kemijskih promjena u vezivu. Ovaj mehanizam možemo podijeliti na primarnu i sekundarnu penetraciju koja ovisi o vremenskom periodu prodiranja te o samom načinu prodiranja veziva. Primarnu penetraciju razlikujemo od sekundarne zbog prodiranja veziva u pore tiskovne podloge uz manji zaostatak veziva na površini gdje na sebe veže pigment. Pri optimalnoj kombinaciji taj proces traje između 19 i 20 minuta. Sekundarna penetracija obilježava proces polaganog prodiranja veziva u kapilarne šupljine tiskovne podloge i taj postupak može trajati i mjesecima. Boje koje suše penetracijom se suše vrlo brzo te je njihova stabilnost na tiskarskom stroju izvrsna. [6, 7, 8]

2.2.2 Sušenje oksipolimerizacijom

Boje koje imaju vezivo koje sadrži sušiva ili polusušiva ulja većinom suše procesom oksipolimerizacije zato jer ulja apsorbiraju kisik iz zraka te se polimeriziraju u kruti film koji se nalazi na površini otiska. Sušiva ulja koja se nalaze u bojama sadrže nezasićene masne kiseline kod kojih se proces oksidacije ili polimerizacije odvijaju na nezasićenim dvostrukim kovalentnim vezama te ti otisci imaju glatku i zatvorenu površinu. U boji se nalaze i sušila koja pospješuju proces sušenja otiska tj, djeluju kao katalizatori. Reakciju je moguće dodatno ubrzati procesom zagrijavanja no i dalje je sušenje oksipolimerizacijom presporo za tisak. Boje koje suše procesom oksipolimerizacije nisu prigodne za tisak prehrambenih proizvoda zbog oslobađanja neugodnog mirisa te se te reakcije odvijaju danima, čak i tjednima, nakon otiskivanja. Ukoliko je papir velike relativne vlažnosti i neadekvatne pH vrijednosti može doći do značajnog usporavanja procesa sušenja. [6, 7, 8]

2.3 Nanočestice

Prefiks nano (grč. Nanos - patuljak) znači faktor 10^{-9} i primjenljiv je na vrijeme (nanosekunde), volumen (nanolitar), masu (nanogram) ili duljinu (nanometar). Nanočestice zbog svoje izrazito male veličine mogu ulaziti dublje u mjesta gdje veće čestice ne mogu te svojom velikom specifičnom površinom utječu na ostala svojstva. Nanomaterijalima ili nanostrukturama nazivamo sve površine kojima se barem jedna dimenzija nalazi na nanoskali. Povijest nanomaterijala te njihovo detaljno proučavanje započinje sredinom osamdesetih godina 20. stoljeća, ali njihovu primjenu pronalazimo i u doba starih Rimljana koji su prije više od 2000 godina otkrili da dodavanjem staklu vrlo malih količina zlata (u metalnom obliku ili obliku metalnih soli) postiže obojenje stakla u tamno crvenu boju. Nakon otapanja i hlađenja na sobnu temperaturu zlato daje staklu blijedo žutu boju. Slične efekte moguće je postići pomoću bakra ili selena. Do te pojave dolazi zbog stvaranja čestica metalnih kristala nanoveličina u staklu. Zbog svoje male veličine one ne raspršuju vidljivu svjetlost te stoga staklo zadržava prozirnost, ali s druge strane te čestice snažno apsorbiraju svjetlost malih valnih duljina te se na taj način postigao efekt boje. Smanjenje veličina čestica raste omjer između atoma na površini i u masi pa nanočestice mogu biti mnogo reaktivnije i djelotvornije kao katalizatori ili punila u kompozitnim materijalima. Nanočestice i nanoprahovi se mogu proizvesti u obliku koloida, sol-gelova i aerogelova. Silicijev dioksid, titanijev dioksid, aluminijski dioksid i cinkov dioksid se koriste više od pola stoljeća kao dodaci u pigmentima i

kozmetici, a od ostalih često korištenih nanomaterijala u industriji boja su i aluminijev oksid, cerijev dioksid i bakrov oksid. Što je čestica manja to je omjer između broja atoma na površini i onih u masi veći te su nanočestice reaktivnije i djelotvornije. [2, 3, 9]

2.3.1 Svojstva nanočestica

Nanočestice se dodaju tiskarskoj boji kako bi se poboljšala postojeća svojstva boja (veličina, oblik, veličina površine, mehanička i fizikalna svojstva otiska, otpornost na vodu, otpornost na mikrobe i ogrebotine, UV – zaštita, produljenje vijeka trajanja boja...). Ovisno o vrsti i funkcionalnosti tiskarske boje nanomaterijali se mogu integrirati u sustav poput prašaka, stabiliziranih čestica u disperziji ili se mogu ugraditi u osnovnu maticu tiskarske boje. Nanočestice su kemijski minerali koji su otporni na kiseline i lužine, netopivi su u vodi i vrlo su inertni što za posljedicu ima dobivanje kvalitetnog otiska. Najznačajniji materijali u industriji boja su silicijev i titanijev dioksid a nakon njih cinkov oksid aluminijev oksid, srebro, cerijev oksid, bakreni oksid i magnezijev oksid. Nanočestice svoju primjenu mogu naći i u reologiji boje, mehaničkoj zaštiti sloja boje, poboljšanju kolorimetrijskih vrijednosti nakon starenja...[2, 3, 4, 9]

2.3.2 Silicijev dioksid

Silicijev dioksid (SiO_2) je prirodni mineral kamen najrasprostranjeniji u Zemljinoj kori, u prirodi ga se može pronaći u dvadesetak kristalnih i amornih modifikacija. Velike je čvrstoće i visokog tališta (temperatura tališta doseže i do $1713\text{ }^\circ\text{C}$), netopljiv je u vodi, kiselinama i lužinama te kemijski vrlo inertan. Najrasprostranjeniji i najvažniji mineral silicijevog dioksida je kvarc (kremen) koji je vrlo tvrd, optički aktivan i piezoelektričan. Spojeve silicija u plinovitom stanju mogu se pronaći u međuzvezdanim plinovima a u čvrstom stanju na meteorima i zvjezdanoj prašini. Osim u Svemiru, silicij možemo pronaći i u stabljikama, dlakama, perju, zubima, ljušturama algi... Silicijev dioksid ima industrijsku primjenu u farmaceutskim proizvodima, hrani, kozmetici, elektronicima, keramici, industriji boja... Često ga se koristi kao sredstvo protiv pjenjenja u proizvodnji papira, boja i tekstila te kao punilo u proizvodnji raznih različitih materijala. Koloidni silicijev dioksid je jedan od najistraženijih anorganskih čestica te se može podijeliti u 3 faze veličine; prva se sastoji od primarnih čestica veličine $5 - 50\text{ nm}$, druga prelazi u stabilne fraktalne agregate veličine $100 - 500\text{ nm}$ te zatim u aglomerate veličine mikrona. Silicijev dioksid se u prirodi javlja u tri alotropska kristalna oblika: kvarc, tridimit i kristobalit koji se najčešće nalazi u obliku kremena. Najčešće korišten oblik silicijevog dioksida je kvarc od kojeg se dobiva kvarcno staklo. Dodavanjem nanočestica silicijevog dioksida u tiskarske boje može doći do poboljšanja čvrstoće boje i otpornosti na abraziju i otiranje, no može doći do smanjenja elastičnosti boja te do smanjenja otpornosti bubrenju i skupljanju što je povezano s promjenom temperature i vlage.[4, 9]

2.3.3 Titanijev dioksid

Titanijev dioksid se javlja u tri polimorfne modifikacije: rutil, anatas i brukit. Titanijev dioksid je biološki i kemijski inertan, fotokatalitički stabilan te relativno lake proizvodnje. Razlika među polimorfnim modifikacijama je u vrsti kristalnog sustava gdje kristaliziraju; rutil i anatas kristaliziraju u tetragonskom kristalnom sustavu dok brukit kristalizira u rompskom kristalnom sustavu. Rutil ima vrlo veliki indeks loma te optičku disperzivnost veću od dijamanta, te ga se upotrebljava i kao titanijevo bjelilo, bijela boja velike pokritne moći. Anatas ima veću aktivnost od rutila i brukita te se najlakše proizvodi i najprikladniji je za fotoanalitičke reakcije. Zagrijavanjem anatasa i brukita dolazi do njihovog prelaska u termičko stabilniju modifikaciju rutil. Titanije dioksid najčešće dobivamo obradom rutilne sirovine solnom kiselinom gdje nastaje titanijev tetraklorid koji se zatim dodatno spaljuje i nastaje oksid. Titanije oksid ima visoki indeks loma te se stoga često koristi u industriji boja, pogotovo u bojama za zidove, ali se može naći i u prehrambenoj industriji i kozmetičkoj (kreme, pasta za zube), u punilima za različite materijale te u području fotokatalize, fononaponskih ćelija, poluvodiča, nanocijevi i sl. [1,3,11]

2.3.4 Dobivanje anatasa i rutila

Za razliku od rutila, anatas ima dužu vertikalnu os u kristalnoj rešetci što dovodi do drugačijih svojstava. Anatas je kinetički stabilan za razliku od rutila koji je termodinamički stabilan te kada se zagrije na temperaturu od 550 °C do 1000 °C. prelazi u ravnotežnu fazu rutil. Anatas se dobiva putem kloridnih i sulfitnih procesa. Ukoliko želimo dobiti čisti TiO_2 s većim udjelom anatasa mineral ilmenit (FeTiO_3) mora se pretvoriti u TiCl_4 tako da se reducira s koksom i oksidira u plinovitom kloru pri 1000 °C gdje se zatim TiCl_4 destilira i odmah oksidira u struji kisika što daje željeni produkt. Pri dobivanju čistog TiO_2 s većinskom rutilnom fazom ilmenit se otapa u sumpornoj kiselini gdje se zatim FeSO_4 iskristalizira i filtrira te daljnjim procesom dolazi do dobivanja željenog produkta. [1].

3 EKSPERIMENTALNI DIO

3.1 Materijali

Popis kratica

Papiri:

N100 – Navigator 100 gm⁻²

N160 – Navigator 160 gm⁻²

NC – Nautilus Classic 80 gm⁻²

RW – Recyclingpapier Weissegrad ISO 70 80 gm⁻²

Nanočestice:

TiO² (A) – titan dioksid (anatas)

TiO² (R) – titan dioksid (rutil)

SiO² – silicijev dioksid

Boja:

INK_M - INKredible Eco-perfect dry Magenta 42EP350

3.1.1 Tiskovne podloge

U radu su korištene četiri vrste papira.

Navigator 100 gm⁻² je iznimno kvalitetan papir velike bjeline i glatkoće primjeren za sve vrste uređaja te je visoke kvalitete kod ispisa punog kolora. Gramatura papira iznosi 100 g/m².

Navigator 160 gm⁻² je poput N100 također kvalitetan papir visoke bjeline i optimalne glatkoće te je savršen za laserski inkjet ispis i kopiranje. Odličan je za jednostrane i obostrane ispis. Gramatura papira iznosi: 160 g/m². *Nautilus Classic 80 gm⁻²* reciklirani papir branda Mondi, visoke kvalitete za kopiranje te prigodan za InkJet i Laser pisače; izrađen od 100% recikliranog materijala. Gramatura papira iznosi: 160 g/m². *Recyclingpapier Weissegrad ISO 70 80 gm⁻²*. Gramatura ovog papira je 80 g/m² te je izrađen od 100% recikliranog materijala.

Tablica 1 : Specifikacije tiskovnih podloga

Uzorak papira – tržišni naziv	Kratice u radu	Gramatura (g/m ²)	Sastav (ili namjena), bilo kakvi dodatni podaci o papiru
<i>Navigator 100 gm⁻²</i>	N100	100	Visoka bjelina i glatkoća, prigodan za sve uređaje
<i>Navigator 160 gm⁻²</i>	N160	160	Visoka bjelina i glatkoća, prigodan laserski inkjet
<i>Nautilus Classic 80 gm⁻²</i>	NC	80	Od 100 % recikliranih materijala, prigodan za inkjet i laserske pisače
<i>Recyclingpapier Weissegrad ISO 70 80 gm⁻²</i>	RW	80	Od 100% recikliranih materijala, prigodan za inkjet i laserske pisače

3.1.2 Tiskarske boje i nanočestice

Papiri su izrezani na 16 uzorka. Uzorci su zatim otisnuti komercijalnom brzосуšećoj (*quickset*) tiskarskom bojom: INKredible Eco-perfect dry Magenta 42EP350, u koju su u određenim koncentracijama (30g boje – 0.3g nanočestica) dodane nanočestice TiO₂ (A), TiO₂ (R) i SiO₂. Svaka boja se ispitivala na 4 uzoraka papira; dva puta otisnuti sa jedne strane papira (A strana) te dva puta otisnuti s druge strane papira (B strana).

Tablica 2: Specifikacije tiskarskih boja

Tiskarska boja	Modifikacija TB/vrsta nanočestica	Koncentracija dodataka tiskarskoj boji
Offsetna boja INK_M	Ne/0	/
INK_M + TiO ₂ (A)	Da/titan dioksid (anatas)	30g boje / 0.3g nanočestica
INK_M + TiO ₂ (R)	Da /titan dioksid (rutil)	30g boje / 0.3g nanočestica
Ink_M + SiO ₂	Da /silicijev dioksid	30g boje / 0.3g nanočestica

3.2 Metode

3.2.1 Proces otiskivanja

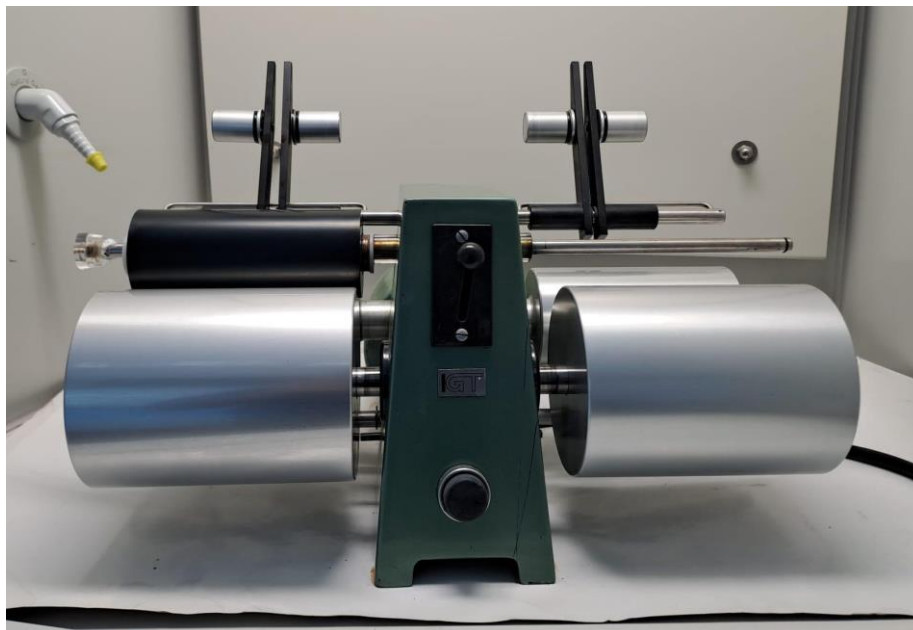
Za nanošenje boje korištena je IGT pipeta za boju koja služi za precizno doziranje određene količine boje na IGT uređaj za razribavanje boje. Volumen pipete iznosi 2.00 cm^3 , a točnost doziranja je 0.01 cm^3 .



Slika 1: IGT pipeta za boju

Izvor: Autor

Proces razribavanja boje na IGT uređaju za razribavanje odvija standardiziranim procesom razribavanja 2 x 4 minute. IGT uređaj za razribavanje sastoji se od dva odvojena agregata za razribavanje boje koji imaju zajednički pogon.



Slika 2: IGT uređaj za razribavanje

Izvor: Autor

Tiskovne forme za ispitivanja su IGT tiskovne forme od aluminija širine 5 cm. Nakon razribavanja boje razribana boja se nanosi sa poliuretanskog valjka na IGT tiskovnu formu. Zatim se tiskovna forma prebacuje na IGT uređaj za određivanje pogodnosti tiskarskih boja i tiskovnih podloga za tisak (tip A2), IGT AIC 2-5 Printability Tester, koji se sastoji od temeljnog cilindra sa gumenom navlakom gdje se pričvršćuje tiskovna podloga, dviju osovina na koji se pričvršćuju tiskovne forme i utega koji je spojen s osovinom s tiskovnim segmentom.

Za otiskivanje korišten je IGT AIC 2-5 uređaj koji je podešen na tiskovni pritisak od 1000N te brzinu otiskivanja od 0.2m/s. Za otiskivanje korištena je IGT metoda određivanja prijenosa boje na tiskovnu podlogu (ink transfer). Prema IGT metodi određivanja prijenosa boje moguće je gravimetrijskom metodom odrediti količinu tiskarske boje koja se prenese s tiskovne forma na tiskovnu podlogu prilikom otiskivanja te pomoću tih podataka moguće je odrediti prijemčivost tiskovne podloge za odabranu boju s kojom otiskujemo. IGT metoda nam omogućava određivanje debljine filma boje na tiskovnoj formi ali ne i količinu boje koja će se s tiskovne forme prenijeti na papir. Veličina samog otiska iznosi 5 x 20.6 cm.



Slika 3: IGT AIC 2-5 uređaj za otiskivanje

Izvor: Autor

3.2.2 Prijenos tiskarske boje s tiskovne forme na tiskovnu podlogu (Ink transfer test)

Od svake vrste papira izrezalo se 16 traka dimenzija 5.5 cm x 25 cm kako bi se za svaku boju moglo odraditi ispitivanje na 4 uzorka. IGT pipetom dozirali smo 0.5 cm³ boje na IGT uređaj za razribavanje te smo započeli proces razribavanja boje na način da se nanese boja ostavi na valjcima da se razriba 2 x 4 min uz okretanje valjka. Sljedeći korak je nanošenje boje na tiskovnu formu širine 5 cm u trajanju od 90 sekundi. Kako bi se uspješno odredio prijenos boje s tiskovne forme na tiskovnu podlogu moramo prije otiskivanja tiskovnu formu (valjak) izvagati na analitičkoj vagi (određivanje mase 1, G₁), zatim otisnuti boju na tiskovnu podlogu (papir) te tiskovnu formu (valjak) opet izvagati (određivanje mase 2, G₂) nakon što je određeni dio boje ostao na papiru. Mjerenjem tiskovnih formi te njihovim oduzimanjem saznaje se količina boje koja se sa tiskovne forme prebacila na tiskovnu podlogu izražena u gramima. Zatim se IGT pipetom dozira opet 0.04 cm³ boje na IGT uređaj za razribavanje. Postupak se ponavlja dok se ne dosegne željeni broj uzoraka. Nakon dobivenih podataka računa se prijenos boje prema sljedećoj formuli:

$$\text{Prijenos boje (Ink Transfer)} = \frac{10\,000}{L \times W} \times (G_1 - G_2)$$

L – duljina otiska na papiru u cm

W – širina otiska papira u cm

G₁ – masa tiskovne forme s tiskarskom bojom prije otiska

G₂ – masa tiskovne forme s tiskarskom bojom nakon otiska



Slika 4: Analitička vaga

Izvor: Autor

3.2.3 Mjerenje spektrofotometrijskih vrijednosti suhih otisaka

Nakon izrade otisaka pomoću spektrofotometra Techkon SpectroDens B703902 izmjerene su $L^*a^*b^*$ spektrometrijske vrijednosti, pod kutom svjetlosti primarnog osvjetljenja od 45° i s funkcijom 2° standardnog promatrača pod dnevnim svjetlom, D50. U spektrofotometru se iz bijelog svjetla pomoću monokromatora dobivaju pojedinačne valne duljine kojima se osvjetljava ispitivani uzorak i spectralon koji reflektira praktično svo upadno svjetlo). Mjerenje je provedeno 10 puta na svakom uzorku za promjenom pozicije.



Slika 5: Techkon SpectroDens B703902 spektrofotometar

Izvor: Autor

3.3 Rezultati i rasprava

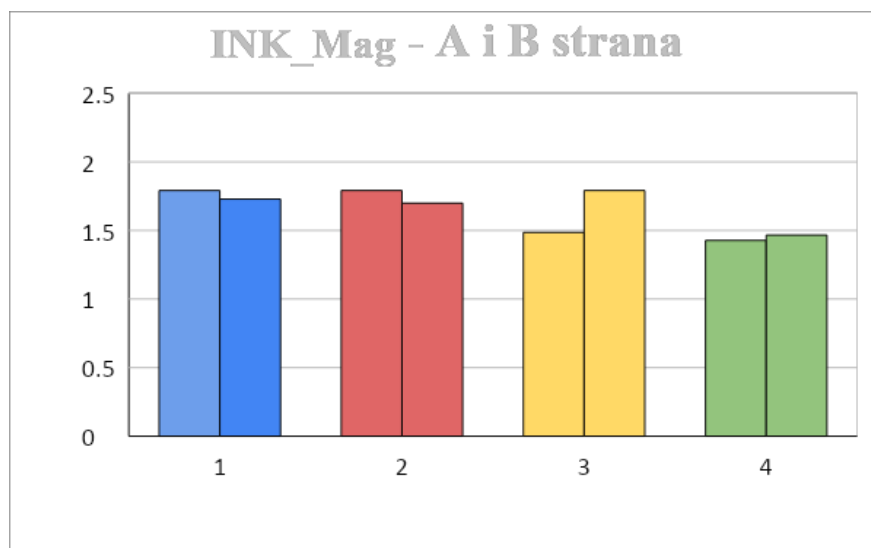
Tablica 3: Pojedinačna mjerenja prijenosa boje za nemodificiranu offsetnu boju (INK_M)

NAVIGATOR 100g	A1	A2	B1	B2
G1	196,6099	196,7385	196,6053	196,7366
G2	196,5915	196,72	196,5881	196,7182
PRIJENOS BOJE	1,786407767	1,796116505	1,669902913	1,786407767
NAVIGATOR 160g	A1	A2	B1	B2
G1	196,6036	196,7334	196,6028	196,7338
G2	196,5849	196,7152	196,5863	196,7153
PRIJENOS BOJE	1,815533981	1,766990291	1,601941748	1,796116505
RW	A1	A2	B1	B2
G1	196,6057	196,7355	196,7349	196,6066
G2	196,5905	196,7201	196,7171	197
PRIJENOS BOJE	1,475728155	1,495145631	1,72815534	1,854368932
NC	A1	A2	B1	B2
G1	196,7354	196,6062	196,7353	196,6068
G2	196,7211	196,5911	196,7205	196,5914
PRIJENOS BOJE	1,388349515	1,466019417	1,436893204	1,495145631

G1, G2 su oznake za masu 1 (masu prvog mjerenja tiskovne forme) i masu 2 (masu drugog mjerenja tiskovne forme odnosno nakon otiska.)

Iz dobivenih rezultata za prijenos boje izračunate su srednje vrijednosti za a stranu (A1, A2) i za b stranu (B1, B2) iz kojih je izrađen dijagram:

Dijagram 1: Usporedba prijenosa boje A i B strane papira svih tiskovnih podloga, za nemodificiranu offsetnu boju



PLAVA boja- N100

CRVENA boja – N160g

ŽUTA boja - RW

ZELENA boja – NC

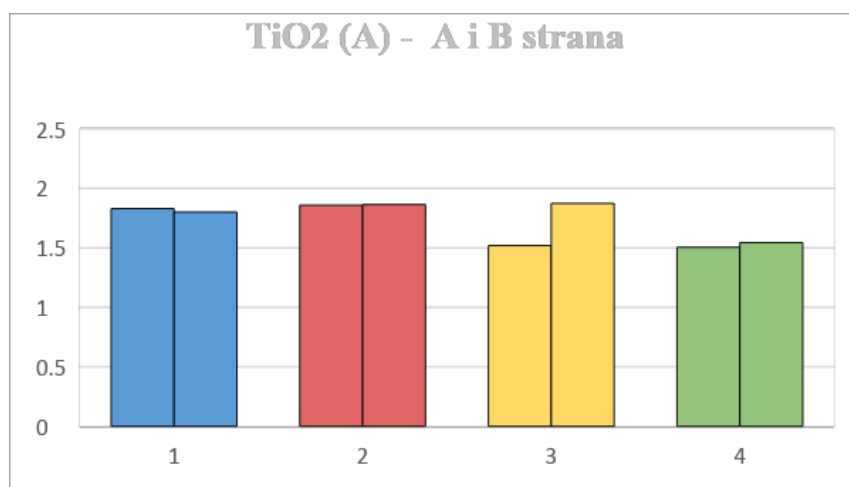
Najveća razlika u prijenosu boje između dvije strane uzorka vidljiva je kod RW papira, gdje B strana ima vidljivo veći prijenos boje. Kod ostalih vrsta papira razlike prijenosima boje su gotovo nezamjetne. Kod N100 i N160 A strana tiskovne podloge ima nešto veći prijenos boje dok NC tiskovna podloga ima gotovo identični prijenos.

Sljedeća tablica je tablica podataka i izračuna na četiri vrste papira kod izrade otisaka sa bojom u koju su dodane nanočestice titanijeva dioksida (anatas)

Tablica 4: Pojedinačna mjerenja prijenosa boje za modificiranu offsetnu boju (TiO₂ (A))

TITAN II-OKSID ANATAS 1%				
NAVIGATOR 100g	A1	A2	B1	B2
G1	196,6282	196,7491	196,6258	196,7579
G2	196,6093	196,7303	196,6071	196,7395
PRIJENOS BOJE	1,834951456	1,825242718	1,815533981	1,786407767
NAVIGATOR 160g	A1	A2	B1	B2
G1	196,6221	196,7533	196,6212	196,7557
G2	196,6025	196,7346	196,6027	196,7358
PRIJENOS BOJE	1,902912621	1,815533981	1,796116505	1,932038835
RW	A1	A2	B1	B2
G1	196,7536	196,6231	196,755	196,6239
G2	196,7384	196,607	196,7363	196,604
PRIJENOS BOJE	1,475728155	1,563106796	1,815533981	1,932038835
NC	A1	A2	B1	B2
G1	196,7555	196,6246	196,7554	196,6253
G2	196,7402	196,6089	196,7398	197
PRIJENOS BOJE	1,485436893	1,524271845	1,514563107	1,572815534

Dijagram 3: Usporedba prijenosa boje A i B strane papira svih tiskovnih podloga, za modificiranu offsetnu boju (TiO₂(A))



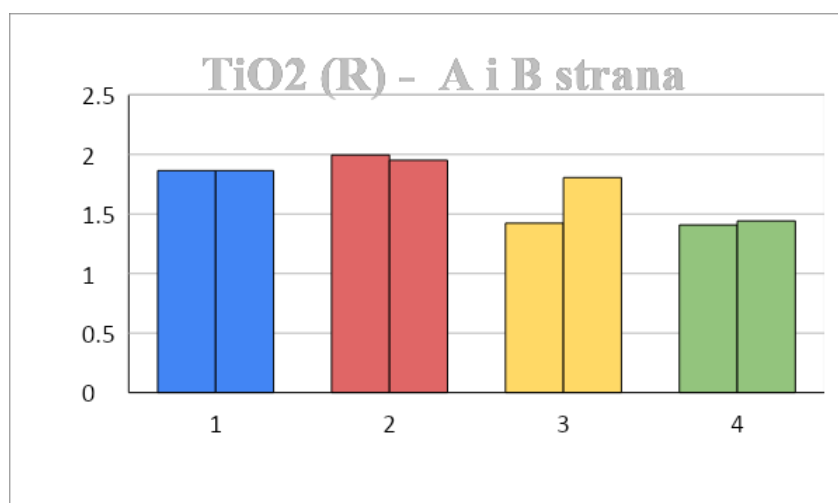
Kao i kod prethodne boje, najveća razlika u prijenosu boje između dvije strane uzorka je kod RW papira, gdje B strana ima vidljivo veći prijenos boje. Kod ostalih vrsta papira razlike prijenosima boje su gotovo identične.

U sljedeću boju dodane su nanočestice titan dioksida (rutil);

Tablica 5: Pojedinačna mjerenja prijenosa boje za modificiranu offsetnu boju (TiO₂ (R))

TITAN DIOKSID RUTIL				
NAVIGATOR 100g	A1	A2	B1	B2
G1	196,6261	196,7576	196,6234	196,7557
G2	196,607	196,7383	196,6047	196,736
PRIJENOS BOJE	1,854368932	1,873786408	1,815533981	1,912621359
NAVIGATOR 160g	A1	A2	B1	B2
G1	196,6225	196,754	196,6225	196,7539
G2	196,6019	196,7335	196,6026	196,7336
PRIJENOS BOJE	2	1,990291262	1,932038835	1,970873786
RW	A1	A2	B1	B2
G1	196,6222	196,753	196,6224	196,7533
G2	196,6074	196,7385	196,6038	197
PRIJENOS BOJE	1,436893204	1,40776699	1,805825243	1,805825243
NC	A1	A2	B1	B2
G1	196,7535	196,6229	196,7535	196,6226
G2	196,739	196,6084	196,7386	196,6078
PRIJENOS BOJE	1,40776699	1,40776699	1,446601942	1,436893204

Dijagram 3: Usporedba prijenosa boje A i B strane papira svih tiskovnih podloga, za modificiranu offsetnu boju (TiO₂(R))



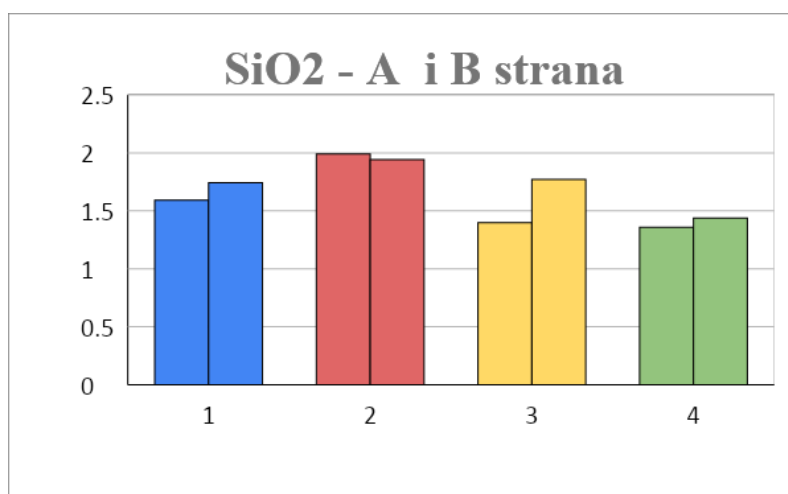
Kao i kod prethodnih boja, najveća razlika u prijenosu boje između dvije strane uzorka je kod RW papira, gdje B strana ima vidljivo veći prijenos boje. Kod ostalih vrsta papira razlike prijenosima boje su gotovo identične.

Posljednja tablica prikazuje tablicu podataka i izračuna na četiri vrste papira kod izrade otisaka sa bojom u koju su dodane nanočestice silicijeva dioksida.

Tablica 6: Pojedinačna mjerenja prijenosa boje za modificiranu offsetnu boju (SiO₂)

SILICIJEV DIOKSID				
NAVIGATOR 100g	A1	A2	B1	B2
G1	196,7593	196,6287	196,7605	196,6289
G2	196,7438	196,6114	196,7425	196,611
PRIJENOS BOJE	1,504854369	1,67961165	1,747572816	1,737864078
NAVIGATOR 160g	A1	A2	B1	B2
G1	196,7608	196,6281	196,761	196,6294
G2	196,7402	196,6077	196,741	196,6094
PRIJENOS BOJE	2	1,980582524	1,941747573	1,941747573
RW	A1	A2	B1	B2
G1	196,7589	196,6278	196,7604	196,6276
G2	196,7447	196,6132	196,7421	197
PRIJENOS BOJE	1,378640777	1,417475728	1,776699029	1,766990291
NC	A1	A2	B1	B2
G1	196,7575	196,6281	196,7592	196,627
G2	196,7441	196,6135	196,7445	196,6121
PRIJENOS BOJE	1,300970874	1,417475728	1,427184466	1,446601942

Dijagram 4: Usporedba prijenosa boje A i B strane papira svih tiskovnih podloga, za modificiranu offsetnu boju (SiO₂)



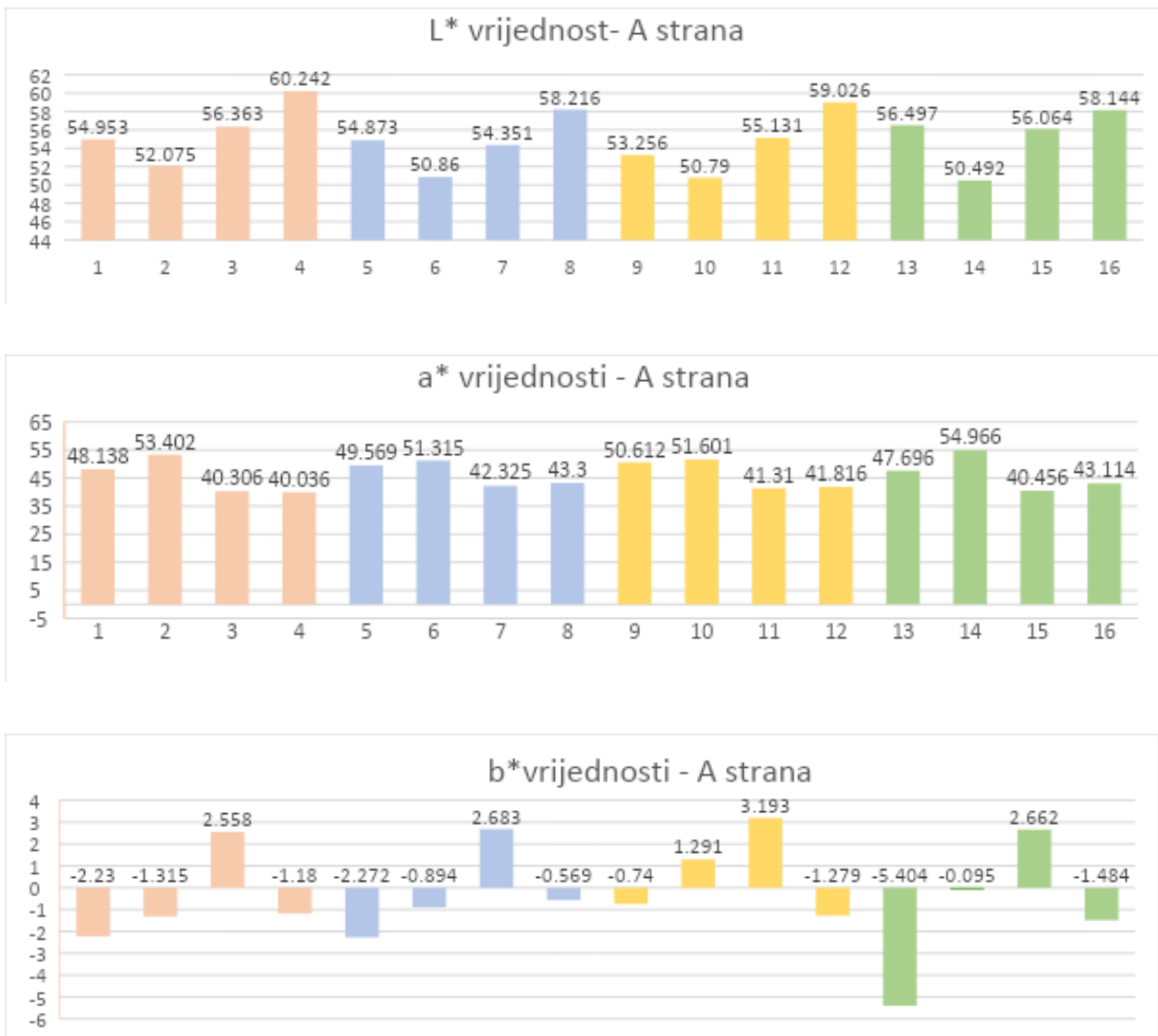
Kao i kod prethodnih boja, najveća razlika u prijenosu boje između dvije strane uzorka je kod RW papira, gdje B strana ima vidljivo veći prijenos boje. Kod ostalih vrsta papira također je moguće uočiti razliku kod prijenosa boja gdje kod N100 i NC tiskovnih podloga B strana ima veći prijenos boje, a samo kod N160 tiskovne podloge A strana tiskovne podloge ima nešto veći prijenos boje.

Tablica 7: Srednje vrijednosti prijenosa boje za A i B stranu za sve podloge

Tiskarska boja	A – prijenos boje (g/m ²)	B – prijenos boje (g/m ²)
Offsetna boja INK_M	1,299	1,671
INK_Mag + TiO ₂ (A)	1,343	1,417
INK_Mag + TiO ₂ (R)	1,672	1,766
INK_Mag + SiO ₂	1,585	1,723

Rezultati spektrometrijskih mjerenja

Dijagram 5: Prikazi L*a*b* vrijednosti na A strani tiskovnih podloga



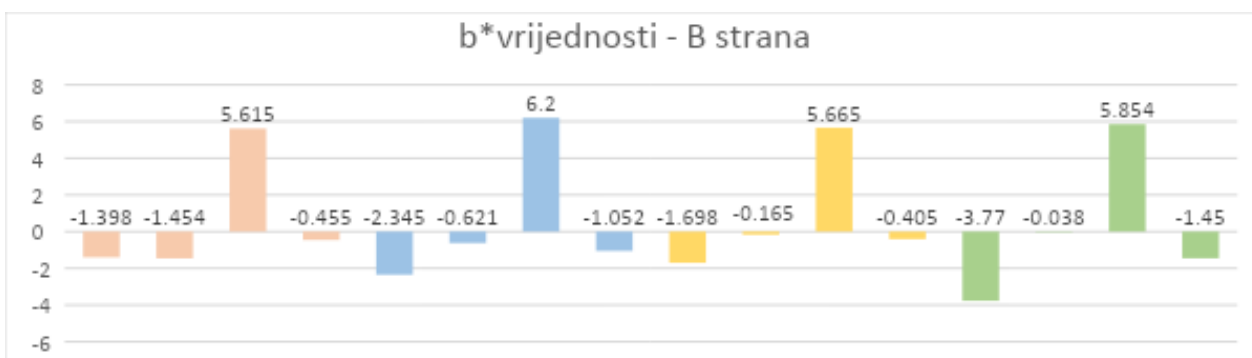
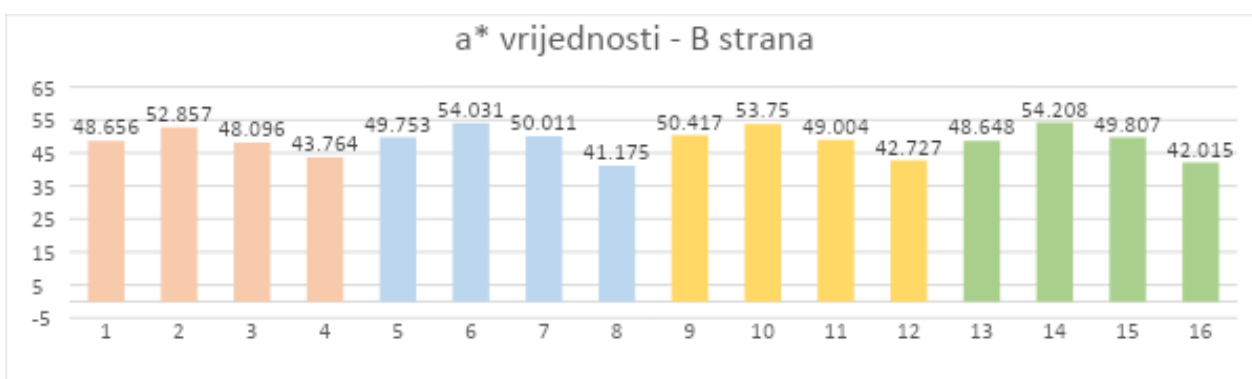
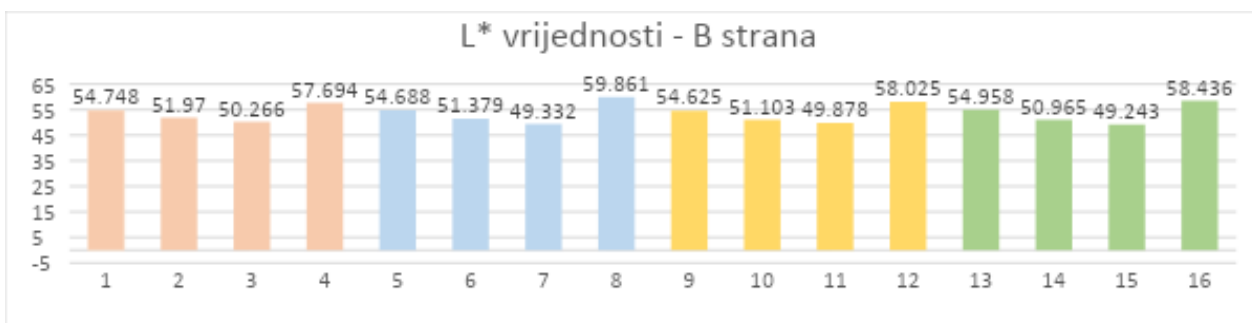
ROZA boja (1 - 4) – INK_M

PLAVA boja (5 - 8) – INK_Mag + TiO₂ (A)

ŽUTA boja (9 - 12) - INK_Mag + TiO₂ (R)

ZELENA boja (13 - 16) - INK_Mag + SiO₂

Dijagram 6: Prikazi L*a*b* vrijednosti na B strani tiskovnih podloga



ROZA boja (1 - 4) – INK_M

PLAVA boja (5 - 8) – INK_Mag + TiO₂ (A)

ŽUTA boja (9 - 12) - INK_Mag + TiO₂ (R)

ZELENA boja (13 - 16) - INK_Mag + SiO₂

4 RASPRAVA REZULTATA ISPITIVANJA

Postoji značajna razlika u prijenosu boje između različitih tiskovnih podloga. Osim između različitih vrsta tiskovnih podloga, kod određenih uočljiva je i značajna razlika u prijenosu boja između različitih strana podloge, pri čemu je u ovom istraživanju najveća razlika uočljiva kod RW papira, gdje B strana pokazuje znatno veći prijenos boje u usporedbi s A stranom. Osim toga, kod N100 tiskovne podloge primjećujemo da je razlika nezamjetna osim kod boje modificirane silicijevim dioksidom gdje B strana tiskovne podloge ima veći prijenos boje naspram A strane. N160 tiskovna podloga kod svih boja ima gotovo neprimjetnu razliku između A i B strana te najveći prijenos boje naspram ostalih podloga. Na ovoj podlozi najveća razlika je uočena kod nemodificirane boje INK_M gdje A strana ima bolji prijenos boje. Kod ostalih modificiranih boja ta razlika se izjednačuje. NC tiskovna podloga ima najmanji ukupni prijenos boje te se modificiranjem boje nije promijenio prijenos boje kod kojeg je B strana konstantno pokazivala minimalno veći prijenos tiskarske boje.. Ovi rezultati ukazuju na važnost odabira odgovarajućeg papira te odgovarajuće strane papira ovisno o specifičnim zahtjevima tiskanja i željenoj kvaliteti prijenosa boje. Također možemo zaključiti da se kod određenih podloga dodatkom nanočestica može izjednačiti prijenos boje sa A i B strana (najuočljivije kod N160 tiskovne podloge gdje prilikom korištenja nemodificirane boje uočavamo razliku između prijenosa boje između A i B strane a ta razlika se izjednačava prilikom korištenja modificiranih offsetnih boja).

Kod spektrometrijskih mjerenja kod A strane papira općenito najveću L^* vrijednost ima NC papir, a najmanju N160. Najveća postignuta vrijednost je kod korištenja nemodificirane boje s dodatkom na NC tiskovnoj podlozi (60,242), a najmanja kod korištenja tiskarske boje modificirane nanočesticama silicijeva dioksida pri korištenju N160 tiskovne podloge (50,492).). Općenito najveću a^* vrijednost ima N160 papir, a najmanju RW papir. Najveća postignuta vrijednost je kod korištenja modificirane boje s dodatkom silicijeva dioksida na N160 tiskovnoj podlozi (54,966), a najmanja kod korištenja nemodificirane tiskarske boje pri korištenju NC tiskovne podloge (40,036). Kod b^* vrijednosti, općenito najveću b^* vrijednost ima RW papir, a najmanju N100 papir. Najveća postignuta vrijednost je kod korištenja modificirane boje s dodatkom titanijeva dioksida (rutil) na RW tiskovnoj podlozi (3,193), a najmanja kod korištenja tiskarske boje modificirane nanočesticama silicijeva dioksida pri korištenju N100 tiskovne podloge (-5,404).

B strana tiskovnih podloga ukupno prosječno ima veće $L^*a^*b^*$ vrijednosti. Kod B strane općenito najveću L^* vrijednost ima N160 papir, a najmanju NC papir. Najveća postignuta vrijednost je kod korištenja modificirane boje s dodatkom titanijeva dioksida (anatas) na N160 tiskovnoj podlozi (59,861), a najmanja kod korištenja tiskarske boje modificirane nanočesticama titanijeva dioksida (rutil) pri korištenju NC tiskovne podloge (49,243). Općenito najveću a^* vrijednost ima N160 papir, a najmanju NC papir. Najveća postignuta vrijednost je kod korištenja modificirane boje s dodatkom silicijeva dioksida na N160 tiskovnoj podlozi (54,208), a najmanja kod korištenja tiskarske boje modificirane nanočesticama titanijeva dioksida (anatas) pri korištenju NC tiskovne podloge (41,175). Kod b^* vrijednosti, općenito najveću b^* vrijednost ima RW papir, a najmanju N100 papir. Najveća postignuta vrijednost je kod korištenja modificirane boje s dodatkom titanijeva dioksida (anatas) na RW tiskovnoj podlozi (6,2), a najmanja kod korištenja tiskarske boje modificirane nanočesticama silicijeva dioksida pri korištenju N100 tiskovne podloge (3,77). Mjerenje spektrometrijskih vrijednosti ima ključnu važnost prilikom izbora tiskarske boje, jer omogućava precizno određivanje karakteristika boje, što je esencijalno za postizanje željenih rezultata u tiskanju. Spektrometrijskim vrijednostima omogućeno je mjerenje spektralnih karakteristika boje što omogućuje praćenje konzistencije i dosljednosti boje tijekom cijelog procesa tiskanja što može dovesti i do smanjenja potrebe za ponovnim tiskanjem čime se smanjuju troškovi materijala i otpada te poboljšava zadovoljstvo kupca jer se zadržava dosljednost dizajna na svim proizvodima te se smanjuju troškovi proizvodnje.

5 ZAKLJUČAK

U ovom istraživanju promatrana je razlika u količini prijenosa boje između različitih tiskovnih podloga kao i između različitih strana istih podloga. Kod RW papira uočena je najveća razlika između dvije strane iste podloge. N160 tiskovna podloga ističe se kao podloga s gotovo neprimjetnom razlikom između dviju strana te najvećim ukupnim prijenosom boje naspram ostalih podloga. Ovdje se razlika u prijenosu boje uočava kod otiskivanja nemodificiranom bojom dok se kod ostalih modificiranih boja ta razlika izjednačava. Također, primjećujemo da NC tiskovna podloga ima najmanji ukupni prijenos boje, a a modificiranje boje nije značajno utjecalo na razliku između strana podloge. Uzorke smo otiskivali nemodificiranim i modificiranim bojama. Boju smo modificirali dodatkom nanočestica titanijeva dioksida (anatas), titanijeva dioksida (rutil) te silicijeva dioksida. Nakon laboratorijskog istraživanja došli smo do zaključka da se dodatkom nanočestica mogu mijenjati neka svojstva tiskarskih boja te da ta promjena ovisi o odabiru boje i tiskovnim podlogama no i brojnim drugim vanjskim čimbenicima poput izbora strane papira doziranja boje, njena konzistencija, sastav boje... Sve čimbenike je bitno pomno promotriti i odabrati odgovarajuće ovisno o specifičnim potrebama tiskanja i željenoj kvaliteti. Također bitan faktor za izradu kvalitetnog otiska su spektrometrijska mjerenja koja omogućuju precizno određivanje karakteristika boje i praćenje dosljednosti boje tijekom tiskarskog procesa kao i mogućnost smanjenja troškova materijala i otpada zbog smanjenja potrebe za ponovnim otiskivanjem te održavanjem dosljednosti dizajna na svim proizvodima. U konačnici, ovo istraživanje ističe važnost odabira tiskovnih podloga, strana papira i tiskarskih boja za postizanje željene kvalitete otiska i smanjenje troškova otpada. Također, ističe važnost istraživanja nanočestica iz razloga što se modificiranjem boje mogu mijenjati određena svojstva boja što može rezultirati velikom napretku u poboljšanju kvalitete otisaka.

6 IZVORI

1. Tomljanović V., (2015) Termogravimetrijska analiza uzoraka titanijevog dioksida i cinkovog oksida, završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju
2. Penava M. (2022) Mogućnost poboljšanja optičkih, površinskih i mehaničkih svojstava otisaka s dodatkom nanoočestica u uvjetima ubrzanog starenja u tehnici fleksotisak, diplomski rad, Grafički fakultet u Zagrebu
3. Huljev M. (2021) Ispitivanje efekta luminiscencije i funkcionalnih svojstava slojeva fluorescentne boje modificirane silicijevog i titanijevog dioksida, Grafički fakultet u Zagrebu,
4. Slišković A. (2021) Određivanje funkcionalnih svojstava premaza dobivenih UV fluorescentnom bojom s dodatkom nanočestica u tehnici fleksotisak, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu
5. Filetin T. (2003) Primjena nanomaterijala u tehnici
6. Kovač M. (2016) Određivanje brzine apsorpcije (penetracije) ofsetnih tiskarskih boja, završni rad, Sveučilište u Zagrebu
7. Gamulin Lucija (2015) Kriterij odabira tiskarskih boja za primjenu na prehrambenoj ambalaži, završni rad, Sveučilište u Zagrebu
8. [http://materijali.grf.unizg.hr/media/REOLOGIJA_opca%20svojstva%20TB%20\[Compatibility%20Mode\].pdf](http://materijali.grf.unizg.hr/media/REOLOGIJA_opca%20svojstva%20TB%20[Compatibility%20Mode].pdf) /Katedra za materijale u grafičkoj tehnologiji/ Nastavni materijali/ Reologija, preuzeto 01. Rujna, 2023
9. Bota, J., Kratofil Krehula, L., Katančić, Z., Brozović, M. & Hrnjak-Murgić, Z. Surface 51 characteristics and enhancement of water vapour properties of paperboard coated with polycaprolactone nanocomposites. *J. Adhes. Sci. Technol.* 31, 466–486 (2017).
10. Bota, J. Optimizacija svojstava premazane kartonske ambalaže s obzirom na oblikovanje. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, (2017).
11. Jurišić I. (2022) Dualna uloga nanočestica u fleksotiskarskim bojama za konvencionalne otiske i zaštitne UV luminiscentne elemente

7 POPIS SLIKA, TABLICA, DIJAGRAMA

Popis slika

Slika 1: IGT pipeta za boju

Slika 2: IGT uređaj za razribavanje

Slika 3: IGT AIC 2-5 uređaj za otiskivanje

Slika 4: Analitička vaga

Slika 5: Techkon SpectroDens B703902 spektrofotometar

Popis tablica

Tablica 1: Specifikacije tiskovnih podloga

Tablica 2: Specifikacije tiskarskih boja

Tablica 3: Pojedinačna mjerenja prijenosa boje za nemodificiranu offsetnu boju (INK_M)

Tablica 4: Pojedinačna mjerenja prijenosa boje za modificiranu offsetnu boju (TiO₂ (A))

Tablica 5: Pojedinačna mjerenja prijenosa boje za modificiranu offsetnu boju (TiO₂ (R))

Tablica 6: Pojedinačna mjerenja prijenosa boje za modificiranu offsetnu boju (SiO₂)

Tablica 7: Srednje vrijednosti prijenosa boje za A i B stranu za sve podloge

Popis dijagrama

Dijagram 1: : Usporedba prijenosa boje A i B strane papira svih tiskovnih podloga, za nemodificiranu offsetnu boju

Dijagram 2: : Usporedba prijenosa boje A i B strane papira svih tiskovnih podloga, za modificiranu offsetnu boju (TiO₂))

Dijagram 3: : Usporedba prijenosa boje A i B strane papira svih tiskovnih podloga, za modificiranu offsetnu boju (TiO₂)

Dijagram 4: Usporedba prijenosa boje A i B strane kod svih podloga za određenu boju

Dijagram 5: Prikazi $L^*a^*b^*$ vrijednosti na A strani tiskovnih podloga

Dijagram 6: Prikazi $L^*a^*b^*$ vrijednosti na B strani tiskovnih podloga