

EKOLOŠKI PRIHVATLJIVE BOJE U GRAFIČKOJ INDUSTRIJI**ECO-FRIENDLY DYES IN GRAPHIC INDUSTRY**Ana Novković, Miljana Prica, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

Kratak sadržaj – U ovom radu je kroz teorijske osnove opisana trenutna ekološka svest u grafičkoj industriji, zašto su ekološki prihvatljive boje bolji izbor, kao i vrste ekološki prihvatljivih boja. U eksperimentalnom delu je opisano istraživanje sprovedeno uz pomoć ankete, rezultati iste, kao i zaključci doneseni na osnovu rezultata.

Ključne reči: Grafičke boje, ekološki prihvatljive boje, životna sredina

Abstract – This paper outlines the current state of environmental awareness in the graphic industry through theoretical foundations, explaining why eco-friendly dyes are a better choice, as well as the types of eco-friendly dyes. The experimental section describes the research conducted through a survey, the results obtained, and the conclusions drawn based on those results.

Keywords: Printing dyes, Eco-friendly dyes, Environment

1. UVOD

U savremenom društvu, ekološka svest postaje sve prisutnija u različitim industrijama, uključujući i grafičku industriju. Tradicionalni procesi štampanja često koriste boje koje sadrže toksične hemikalije, što predstavlja rizik po životnu sredinu, kao i po ljudsko zdravlje. Emisije isparljivih organskih jedinjenja (VOC), teški metali i otpadne vode bogate štetnim materijama rezultat su ovih konvencionalnih metoda. S obzirom na sve veću brigu o očuvanju prirodnih resursa i smanjenju štetnog uticaja industrijskih aktivnosti, ekološki prihvatljive boje postaju ključni faktor u održivoj proizvodnji štampe.

Ove boje, često na bazi biljnih ulja, vode ili prirodnih pigmenta, predstavljaju alternativu koja omogućava kvalitetnu štampu uz smanjen negativan uticaj na čoveka i životnu sredinu. Njihova upotreba ne samo da smanjuje zagađenje, već doprinosi i smanjenju emisije ugljen-dioksida, čime grafička industrija aktivno učestvuje u borbi protiv klimatskih promena.

Cilj ovog rada je da analizira prednosti, mane i izazove u implementaciji ekološki prihvatljivih boja u grafičkoj industriji. Takođe, istražiće se uticaj ove promene na kvalitet štampe, troškove proizvodnje i zadovoljstvo korisnika, kao i perspektive budućeg razvoja u ovoj oblasti.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Miljana Prica, red. prof.

Kako bismo efikasno rešili izazove vezane za usvajanje ekološki prihvatljivih štamparskih boja, primenićemo sistematski pristup, koji će biti usmeren na kreiranje i implementaciju sveobuhvatne ankete. Na osnovu analize ankete, biće razvijene ciljne preporuke za rešavanje identifikovanih problema.

2. EKOLOŠKI PRIHVATLJIVE BOJE

Boje za štampanje su složene mešavine hemijskih jedinjenja koje boje površinu da bi se dobila slika, tekst ili uzorak. Ljudi ih koriste na površinama kao što su papir, plastika, staklo, tekstil i drugi tipovi proizvoda.

Tri glavna svojstva štamparskih boja su boja, sjaj i prozirnost. U zavisnosti od procesa štampe i ciljne podloge, ova svojstva se postižu različitim proporcijama veziva, sastojaka boje i aditiva u smeši boje [1].

Grafička boja je koloidno ili molekulski disperzni sistem sa disperznom fazom (pigmentom ili bojiлом) u disperznom sredstvu (vezivu), kao osnovnim komponentama grafičke boje.

Osnovna razlika pigmenta u odnosu na bojila je nerastvorljivost pigmenta u vezivu ili rastvaraču. Bojila su rastvorljiva u vezivu ili rastvaraču i imaju nekoliko nedostataka u odnosu na pigmente, kao što su niža otpornost na svetlost i niža otpornosti vodi.

Prema veličini čestica disperzne faze, disperzni sistemi se dele na:

- grube (čestice veće od 0,1 μm),
- koloidne (čestice od 0,001 do 0,1 μm),
- molekularne (čestice manje od 0,001 μm).

Pigmenti grade koloidne, a bojila molekulske disperzne sisteme [2].

Ekološki prihvatljive boje su štamparske boje formulisane sa obnovljivim i održivim resursima dizajniranim da minimiziraju uticaj na životnu sredinu tokom njihovog životnog ciklusa. Za razliku od tradicionalnih boja na bazi nafte, ekološki prihvatljive boje se prave od sastojaka kao što su voda, sojino ulje i smole biljnog porekla.

Ono što ove boje čini ekološki prihvatljivim je njihovo smanjeno oslanjanje na neobnovljive resurse i niža emisija isparljivih organskih jedinjenja (*volatile organic compounds (VOCs)*), koja doprinose zagađenju vazduha i degradaciji životne sredine.

Davanje prioriteta obnovljivim materijalima i minimiziranje toksičnih komponenti čine ekološki prihvatljive boje ekološki odgovornijom opcijom za štampanje i pakovanje [1]. Ekološki prihvatljive boje igraju ključnu ulogu u podršci inicijativama cirkularne

ekonomije omogućavajući reciklabilnost i kompostabilnost štampanih materijala.

Postoji više vrsta ekološki prihvatljivih boja: boje na bazi vode, na bazi biljaka (najčešće od sojinih, palminih, pirinčanih mekinja, kukuruza, lanenog semena ili drugih biljnih ulja [2]), boje na bazi soje, boje na bazi algi, UV boje, boje sa recikliranim sadržajem, boje na bazi nanotehnologije koje se koriste na visokotehnološkim materijalima za ambalažu, kao što su pametne etikete, RFID tagovi (vrsta sistema koji koristi pametne bar kodove za identifikaciju artikala) i ambalaža otporna na falsifikate.

Boje na bazi vode koriste vodu kao vezivno sredstvo umesto naftnih rastvarača, značajno smanjujući emisiju VOC-a tokom procesa štampanja. Ove boje se sastoje od pigmenta ili boja raspršenih u vodi, zajedno sa aditivima za poboljšanje intenziteta boje, vremena sušenja i adhezije.

Boje na bazi biljnih ulja (najčešće od sojinih, palminih, pirinčanih mekinja, kukuruza, lanenog semena ili drugih biljnih ulja) mogu izgledati živopisnije (što je jedna od retkih prednosti boja na bazi sintetičkih polimera), a proces štampe može biti ubrzan [3].

Boje na bazi soje formulirane su korišćenjem sojinog ulja kao obnovljive i biorazgradive alternative bojama koje se zasnivaju na rastvaračima na bazi nafte [4].

Boje na bazi algi mogu replicirati duboke crne nijanse koje se postižu karbonizovanim bojama (bez ikakvog negativnog uticaja), dokazujući da ekološka boja može biti jednako efikasna kao boja na bazi nafte [3].

UV boje su tehnološki napredna kategorija ekoloških boja koje se odmah očvršćavaju kada su izložene ultraljubičastom svetlu. Ovaj proces očvršćavanja eliminiše potrebu za toplotom i značajno smanjuje potrošnju energije tokom štampe [4].

Osim prethodno navedenih, postoji još nekoliko vrsta boja koje spadaju u ekološki prihvatljive boje.

Jedan primer su boje sa recikliranim sadržajem, koje se formulišu korišćenjem recikliranih materijala dobijenih iz post-konzumerskih ili post-industrijskih tokova otpada.

Boje na bazi nanotehnologije ili nano-boje često se koriste na visokotehnološkim materijalima za ambalažu, kao što su pametne etikete, RFID tagovi (vrsta sistema koji koristi pametne bar kodove za identifikaciju artikala) i ambalaža otporna na falsifikate, kako bi se poboljšala funkcionalnost i bezbednost [4].

Usvajanje ekološki prihvatljivih boja za štampanje nudi nekoliko prednosti, od ekološke održivosti do dobrog kvaliteta štampe i percepcije potrošača. U nastavku su opisane ključne prednosti.

Ekološka prihvatljive boje se formulišu sa obnovljivim i održivim resursima. Ovo pomaže da se minimizira potrošnja neobnovljivih fosilnih goriva i smanje emisije ugljen-dioksida. Korišćenjem ekološki prihvatljivih boja, kao što su boje na bazi vode, boje na bazi soje i UV boje, brendovi i proizvođači mogu značajno smanjiti svoj negativan ekološki otisak i doprineti naporima za očuvanje životne sredine.

Ekološki prihvatljive boje obično ne sadrže toksične hemikalije i štetne supstance koje se često nalaze u tradicionalnim bojama na bazi nafte, čime se smanjuje rizik od zdravstvenih opasnosti za radnike i potrošače.

Eliminisanjem ili minimiziranjem emisije isparljivih organskih jedinjenja (VOC) i opasnih zagađivača vazduha (HAP), ekološke boje promovišu bezbednije radno okruženje i zdraviji kvalitet vazduha u zatvorenom prostoru. Jedna od mogućih zabuda je da ekološki prihvatljive boje ugrožavaju performanse. Naprotiv, mnoge formulacije ekološki prihvatljivih boja nude uporediv ili čak superiorniji kvalitet štampe u odnosu na konvencionalne boje.

Boje na bazi vode, na primer, poznate su po svojim živopisnim bojama i odličnoj adheziji na različitim podlogama, što ih čini pogodnim za primene u štampi visokog kvaliteta. Slično tome, UV boje nude poboljšanu trajnost, otpornost na ogrebotine i dobru zasićenost boja, osiguravajući dugotrajne i vizuelno privlačne grafike na štampanim materijalima.

Korišćenje ekološki prihvatljivih boja je u skladu sa regulatornim zahtevima i industrijskim standardima koji imaju za cilj smanjenje zagađenja životne sredine i promovisanje održivih praksi. Potrošači sve više stavljaju naglasak na održivost i ekološku prihvatljivost prilikom donošenja odluka o kupovini. Ambalaža i ostali štampani proizvodi sa oznakom o korišćenim ekološki prihvatljivim bojama prenose posvećenost očuvanju životne sredine i pozitivno utiču na potrošače. To, zauzvrat, poboljšava reputaciju brenda, gradi poverenje sa potrošačima i izdvaja brend na konkurentnom tržištu.

Sintetičke boje igraju ključnu ulogu u modernoj grafičkoj industriji, omogućavajući širok spektar nijansi i visoku otpornost na uticaj svetlosti i hemikalija. Ove boje se obično proizvode od petrohemijskih sirovina i uključuju različita hemijska jedinjenja koja omogućavaju postizanje intenzivnih boja koje su dugotrajne i lako dostupne. Njihova upotreba se proširila na različite sektore, uključujući štampanje, tekstil, plastiku i druge materijale.

U poređenju sa sintetičkim bojama, ekološki prihvatljive boje nude održivije rešenje. Kao što je već bilo reči, one se prave od obnovljivih resursa kao što su biljne materije i minerali, čime se smanjuje zavisnost od fosilnih goriva. Ove boje ne sadrže toksične hemikalije, što ih čini sigurnijim za upotrebu i manje štetnim za okolinu. Iako su performanse ekološki prihvatljivih boja još uvek predmet istraživanja i poboljšanja, njihov rastući značaj u industriji ukazuje na sve veću svest o ekološkim pitanjima [5,6].

Zaključno, dok sintetičke boje ostaju dominantne u grafičkoj industriji zbog svoje svestranosti i lakoće upotrebe, ekološki prihvatljive boje predstavljaju održivu alternativu koja može pomoći u smanjenju negativnog uticaja grafičke industrije na čoveka i životnu sredinu. Ove boje ne samo da pružaju sigurnije rešenje za potrošače, već i podstiču inovacije i promene u pristupu proizvodnji i upotrebi [7,8].

Postoji puno varijabli kada je u pitanju izbor boja koje će se koristiti u procesu štampanja. Prva je metoda štampe a druga je supstrat za štampanje. Spektar supstrata je veoma širok i oni se mogu veoma razlikovati. Neki od njih su: nepremazani papir i valoviti papir, premazani papir (koji se takođe kreće od premazanih glinom do plastificiranih), plastika, staklo, aluminijum, pamuk, drvo, svila itd.

Dragoceno je za ekološki osvešćene kompanije da razumeju metode štampanja i vrste boja koje se koriste u svakoj metodologiji štampanja.

3. EKSPERIMENTALNI DEO

Kako bismo efikasno rešili izazove vezane za usvajanje ekološki prihvatljivih štamparskih boja, primenjena je anketa, koja je bila usmerena na kreiranje i implementaciju sveobuhvatne ankete.

Ova anketa imala je za cilj prikupljanje bitnih informacija od stručnjaka iz industrije o njihovoj svesti, stavovima i praksama u vezi sa ekološki prihvatljivim bojama u štamparskom sektoru.

Cilj ankete je bio da se razume trenutna svest, upotreba i percepcije o ekološki prihvatljivim bojama, kao i da se identifikuju potencijalni izazovi i mogućnosti za njihovo usvajanje.

Anketa se sastojala od serije pitanja koja su imala za cilj istraživanje različitih aspekata, uključujući uticaj na životnu sredinu, razmatranje troškova, očekivanja učinka i spremnost za prelazak na održivije alternative. Analiza odgovora će pružiti dragocene podatke koji će pomoći u oblikovanju budućih diskusija i inovacija u oblasti ekoloških rešenja za štampanje.

Istraživanje u obliku ankete je osmišljeno u cilju prikupljanja podataka o rasprostranjenosti boja prirodnog porekla koje se koriste u štamparijama na teritoriji Republike Srbije. Anketa je bila anonimna i osiguravala je poverljivost uključenih štamparskih kompanija. Broj ispitanika koji su učestvovali u popunjavanju ankete je 15. U nastavku su neki od najvažnijih zaključaka donesenih na osnovu rezultata ankete.

Rezultati istraživanja su pokazali da je 100% ispitanika izrazilo zabrinutost zbog zagađenja životne sredine. Ovaj snažan nivo zabrinutosti sugerise da učesnici prepoznaju važnost ekoloških pitanja i da bi mogli biti prijemčiviji za istraživanje i primenu ekološki prihvatljivih rešenja za štampanje. Rezultati ističu potencijalnu priliku za podizanje svesti i promovisanje prednosti održivih boja među profesionalcima u štamparskoj industriji

Zatim, 100% ispitanika, tačnije niko nije pohađao obuke fokusirane na ekološke boje. Ovaj rezultat sugerise da iako postoji značajan deo profesionalaca koji su proaktivni u traženju edukacije o održivim praksama, većoj grupi i dalje može biti potreban pristup mogućnostima obuke kako bi poboljšali svoje razumevanje i primenu ekološki prihvatljivih boja.

Od 40% (šestoro) ispitanika koji su se izjasnili da su imali priliku da koriste ekološki prihvatljive boje, 66,66% (četvoro) njih izjavilo da je testiralo kvalitet štampe ekološki prihvatljivih boja, dok je 33,33% (dvoje) izjavilo da nije. Ispitanici su imali priliku da opišu kvalitet otiska. Među onima koji su testirali kvalitet, polovina njih je pohvalila kvalitet štampe, dok je druga polovina ostala uzdržana komentara.

Osim toga, 100% ispitanika (od šestoro onih koji su koristili ekološki prihvatljive boje) veruje da je trajnost ekoloških boja jednaka trajnosti konvencionalnih boja. Ovaj jednoglasni odgovor ukazuje na snažno poverenje u performanse ekološki prihvatljivih boja, sugerisući da

profesionalci u industriji smatraju da ove održive opcije ne ugrožavaju kvalitet.

Bitan podatak je da je 100% ispitanika od onih koji već ne koriste ekološki prihvatljive boje, navelo da bi razmotrilo korišćenje istih u budućnosti. Snažan interes za usvajanje ekološki prihvatljivih boja među onima koji ih trenutno ne koriste sugerise rastuću svest o održivosti i ekološkoj odgovornosti unutar industrije. Ovo otkriće predstavlja priliku za proizvođače i dobavljače da promovišu prednosti ekološki prihvatljivih boja i pruže dodatne informacije ili podsticaje kako bi se olakšao prelazak zainteresovanim štamparijama.

Skoro polovina ispitanika, tačnije 46,7 % je primetilo nedostatak informisanosti zaposlenih o ekološki prihvatljivim bojama. Ovaj rezultat ukazuje na pozitivnu percepciju upoznavanja zaposlenih sa ekološki prihvatljivim materijalima, što sugerise da postoji deo populacije u industriji koji prepoznaje važnost. Međutim, značajna manjina koja izražava zabrinutost zbog neadekvatne upućenosti ističe priliku za ciljane obrazovne inicijative. To bi moglo uključivati programe obuke, radionice ili informativne resurse koji imaju za cilj poboljšanje razumevanja i podsticanje usvajanja ekološki prihvatljivih praksi u štamparijama.

Takođe, rezultati su pokazali da je 80% ispitanika veruje da bi se zaposleni osećali opuštenije znajući da je isparljivost štetnih supstanci svedena na minimum. Nasuprot tome, 20% ne veruje da bi to imalo značajan uticaj na osećanja zaposlenih.

Stav većine, da su potrošači sve skloniji da biraju proizvode napravljene od prirodnih materijala i boja, odražava rastući trend ka održivosti i ekološkoj svesti među potrošačima. Mnogi pojedinci postaju svesniji uticaja svojih odluka o kupovini na životnu sredinu i aktivno traže proizvode koji su napravljeni od prirodnih, održivih materijala. Ova promena u ponašanju potrošača može da podstakne štamparske kompanije da usvoje ekološke prakse i materijale kako bi zadovoljile rastuću potražnju za održivim opcijama.

Mišljenje većine odražava percepciju da su ekološke boje, zbog svoje netoksične, biorazgradive prirode, manje štetne za proces reciklaže. Ove boje obično ne sadrže teške metale i druge štetne hemikalije koje se nalaze u konvencionalnim bojama, što može da komplikuje ili ometa recikliranje štampanih materijala. Kao rezultat toga, upotreba ekološki prihvatljivih boja može olakšati ponovnu namenu i recikliranje papira i drugih supstrata, dodatno podržavajući kružnu ekonomiju i smanjujući ekološki otpad.

Dodatno, odgovor većine pokazuje snažno uverenje da ekološke boje, zbog svojih prirodnih, netoksičnih komponenti, mogu učiniti štampane proizvode razgradljivijim. Konvencionalne boje često sadrže štetne hemikalije i sintetičke supstance koje mogu ometati prirodni proces razlaganja, što otežava razlaganje proizvoda na deponijama ili u prirodnom okruženju. Ekološke boje su, s druge strane, formulisane da se lakše razgrađuju, doprinoseći smanjenom uticaju na životnu sredinu.

4. ZAKLJUČAK

Prelazak na ekološki prihvatljive boje predstavlja ključni korak u smanjenju negativnog uticaja na čoveka i životnu sredinu industrije štampe. Iz obavljenog istraživanja i poređenja sa konvencionalnim bojama, jasno je da ekološke alternative nude značajne prednosti u pogledu održivosti.

Tradicionalne boje na bazi nafte su poznate po visokom sadržaju isparljivih organskih jedinjenja (VOC), koja doprinose zagađenju vazduha, stvaranju opasnog otpada i zdravstvenim rizicima za radnike u štamparskoj industriji.

Nasuprot tome, ekološki prihvatljive boje – bilo da su dobijene od soje, algi ili drugih obnovljivih izvora – imaju mnogo niži sadržaj VOC-a i često su biorazgradive ili reciklabilne, što ih čini daleko održivijom opcijom

Kako bi ekološke boje postale održivija opcija za širu industriju, potrebno je preduzeti nekoliko koraka:

- Povećanje svesti i edukacija - I dalje postoji potreba da se potrošači, preduzeća i industrijski akteri edukuju o celokupnom spektru prednosti koje ekološke boje nude, osim same ekološke prihvatljivosti. To uključuje zdravstvene benefite, uštede kroz regulatornu usklađenost (manje kazni, na primer) i poboljšane uslove rada.
- Podsticaji za prelazak - Vlade i industrijska tela mogu uvesti subvencije, poreske olakšice ili grantove kako bi podstakli preduzeća da pređu sa konvencionalnih na ekološki prihvatljive boje. Ovi finansijski podsticaji mogli bi učiniti početnu investiciju u održivije materijale privlačnijom za štamparske kompanije.
- Tehnološki napredak i smanjenje troškova - Kontinuirano istraživanje u razvoju formulacija ekološki prihvatljivih boja trebalo bi da se fokusira na smanjenje troškova proizvodnje i povećanje efikasnosti, kako bi postale konkurentne sa konvencionalnim bojama. Uz ekonomiju obima i napredak u tehnologiji boja, ekološke boje mogle bi postati dostupnije.
- Promocija cirkularne ekonomije - Podsticanje usvajanja praksi kao što su sistemi zatvorene petlje u štamparskoj industriji, gde se boje, materijali i otpad mogu ponovo koristiti ili preraditi. Ovo može drastično smanjiti negativan ekološki uticaj štamparskih operacija.
- Saradnja u okviru lanca snabdevanja - Zajednički naponi dobavljača sirovina, proizvođača boja i štampara su ključni kako bi se obezbedilo da ekološki prihvatljiva rešenja budu široko dostupna i prilagodljiva različitim procesima štampe, od digitalne do ofsetne.
- Potražnja potrošača - Povećanje broja potrošača koji biraju ekološke proizvode podstaklo bi tržište ka održivosti. Kampanje koje promovišu važnost ekološki prihvatljive štampe, kao i sertifikati ili oznake koje označavaju zelene proizvode, mogli bi povećati potražnju.

Zaključno, budućnost štampe leži u širokoj primeni ekološki prihvatljivih boja, koje su u skladu sa globalnim ciljevima održivosti. Rešavanjem pitanja cene i dostupnosti kroz edukaciju, podsticaje i tehnologiju,

možemo stvoriti budućnost u kojoj ekološke boje ne samo da su poželjne, već postaju standard u industriji.

5. LITERATURA

- [1] N. Selvaraj, Dr.R. Prathiba Devi, "Eco-friendly natural dyes and their application on printing graphics", *The Scientific Temper*, Vol. 14, pp. 342–346, Jun 2023.
- [2] M. Prica, S. Adamović, "Grafički materijali", Novi Sad, Fakultet Tehničkih nauka, 2017.
- [3] A.M. Thakker, D. Sun, "Plant-based ink properties and storage stability for inkjet printing", *Environ. Sci. Pollut. Res.*, Vol. 31, pp. 8099–8117, January 2024.
- [4] C. Aydemir, S. Yenidoğan, A. Karademir, E. Arman Kandirmaz, "The examination of vegetable- and mineral oil-based inks' effects on print quality: Green printing effects with different oils", *J. Appl. Biomater. Func.*, Vol. 16, pp. 137–143, April 2018.
- [5] C. Jiangning, X. Yang, "A recent (2009–2021) perspective on sustainable color and textile coloration using natural plant resources", *Helyon*, Vol. 8, pp. 1–15, October 2022.
- [6] A. Abel, "Colour Design Theories and Applications - The history of dyes and pigments: From natural dyes to high performance pigments", Woodhead Publishing, Elsevier, 2017.
- [7] W.J. Gu, Y. Li, X.H. Zhang, X.H., "Printing Industry and the Environment", *Adv. Mat. Res.*, Vol. 663, pp. 759–762, 2013.
- [8] T. Ts. Bozhkova, R. Boeva, I. T. Spridonov, J. Sapkota, Y.V. Nedelchev, N. Kašiković, S.Dedijer, M. Pal, "Improvement of the physical-mechanical and optical properties of printing production with biodegradable overprint varnishes", *Bulgarian Chemical Communications*, Vol. 49, pp. 169-173, May 2017.

Kratka biografija:



Ana Novković, rođena je u Prijepolju 2001. godine. Osnovne studije završila je 2023. godine na fakultetu tehničkih nauka. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka, na temu Ekološki prihvatljive boje u grafičkoj industriji, odbranila je 2024. kontakt: anovkovic11@gmail.com



Dr Miljana Prica, rođena je u Novom Sadu 1975. godine. Doktorske studije je završila na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu 2009. godine. Iste godine stiče zvanje docent, dok je od 2014. godine zaposlena kao vanredni, a od 2019. godine kao redovni profesor na Departmanu za grafičko inženjerstvo i dizajn na Fakultetu tehničkih nauka. kontakt: miljana@uns.ac.rs