

# Mehanizmi deinkinga ofsetnog tiska

---

**Tarade, Damir**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*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:216:590953>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-10**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

# ZAVRŠNI RAD

Damir Tarade



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

Smjer: tehničko tehnološki

# ZAVRŠNI RAD

## MEHANIZMI DEINKINGA OFSETNOG TISKA

Mentor:

doc.dr.sc.Ivana Bolanča

Student:

Damir Tarade

Zagreb, 2019

## **Sažetak**

U završnom radu provede će se recikliranje ofsetnih otisaka procesom kemijske i enzimatske deinking flotacije. Osim različitog mehanizma *deinkinga*, u radu će također biti istražen utjecaj dviju različitih kemijskih metoda *deinkinga*, te utjecaj predobrade ultrazvukom. Ofsetni otisci napravljeni su na nepremazanom papiru. Prilikom postupka recikliranja izradit će se laboratorijski listovi od razvlaknjene papirne pulpe, i to prije i nakon provedene deinking flotacije. Učinkovitost procesa deinking flotacije evaluirat će se mjerenjem optičkih karakteristika: efektivne zaostale koncentracije boje (ERIC), ISO svjetline te CIE bjeline, na svim izrađenim laboratorijskim listovima.

# Sadržaj

1. Uvod .....	2
2. Recikliranje papira .....	3
3. Kemijski <i>deinking</i> .....	3
3.1. Kemikalije u procesu recikliranja .....	4
3.2. Flotacijski <i>Deinking</i> .....	5
4. Enzimatski <i>deinking</i> .....	6
5. <i>Deinking</i> Ultrazvukom .....	7
6. Eksperimentalni dio .....	8
6.1 Materijali .....	8
6.2. Uređaji korišteni u procesu recikliranja .....	8
6.3. Metode recikliranja .....	12
6.3.1 Laboratorijska metoda .....	12
6.3.2 Ingede Metoda .....	12
6.3.3 Enzimaska metoda .....	12
6.3.4 <i>Deinking</i> ultrazvukom .....	13
7.3. Parametri koji se prate nakon recikliranja .....	13
7.3.1. ISO Svjetlina .....	13
7.3.2. Opacitet .....	13
7.3.3. Optički koeficijenti CIE L*a*b* .....	13
8. Rezultati i rasprava .....	14
8.1. ISO Svjetlina .....	14
8.2. Opacitet .....	15
8.3. Efektivna koncentracija bojila zaostalog u papiru .....	16
8.4. CIE L*a*b* .....	17
8.4.1. CIE L* .....	17
8.4.2. CIE a* .....	18
8.4.3. CIE b* .....	19
10. Literatura .....	21

## **1.Uvod**

Kako se količina materijala u proizvodu izrađenom od neobnovljivih resursa postupno smanjivala, počele su se koristiti već korištene sirovine. U procesu proizvodnje recikliranje je uvelike potrebno u 21. Stoljeću, zbog sve manje ovisnosti o neobnovljivim resurseuima. Količina otpada se godinama sve više povećava, ali i efikasni načini njihove pretvorbe u nove resurse. Kontinuiranim recikliranjem se manje troše prirodni resursi koji su nadaleko potrebni u bliskoj budućnosti i za život.

Sam pojam recikliranja objašnjava se kao proces izdvajanja potrebnih materijala iz otpada te njihovo ponovno korištenje. Sve više se reciklira staklo, plastika i metal te se prerađuje u reciklirani iskoristivi materijal. Jedan od najviše korištenih materijala za reciklažu je papir. Prema nekim izvorima, papir se može reciklirati četiri do šest puta prije nego što postane neiskoristiv.

Recikliranje ima pozitivan utjecaj na okoliš najviše zbog štednje prirodnih resursa, smanjuju se mjesta na koja se može sigurno odlagati otpad i značajno se smanjuje onečišćenje prirode.

Cilj ovog rada je utvrditi koje su metode ekološki povoljne za recikliranje probnih ofsetnih otisaka i koje metode daju najbolje rezultate u recikliranju.

## 2. Recikliranje papira

Proces recikliranja papira se može razdvojiti u nekoliko faza. U prvoj fazi se sakuplja otpadni papir te ako je moguće odmah se odvajaju krupne tvari od papira. Papir se zatim usitnjava u dezintegratoru u kojem se stvara pulpa. U pulpu se dodaju kemikalije za uspješnije recikliranje. Flotacija je glavni proces u kojem se čestice bojila odvajaju od vlakanca. Ovaj proces je najčešći i najpopularniji način recikliranja papira. [1]

*Deinking* je proces u kojem se čestice bojila odvajaju od vlakanca, a najčešće se provodi flotacijom ili ispiranjem. Flotacija je najčešće korišteni proces jer je za razliku od ispiranja jeftiniji. Proces ispiranja troši puno više vode i ekološki je manje prihvatljiv, dok flotacija koristi mjehuriće zraka koji se uvode u papirnu suspenziju i odvajaju hidrofobne čestice tiskarskog bojila od pulpe. [2]

## 3. Kemijski *deinking*

Kemijski *deinking* je klasičan način recikliranja papira u kojem se koriste kemikalije koje odvajaju boju od vlakanca. U kemijskom *deinkingu* kvaliteta recikliranog papira ovisi o dodanim kemikalijama, vrsti sirovine, tehnici tiska i dr.. Nakon procesa dezintegracije nastaje pulpa koja se sastoji od izmiješanih vlakanca s česticama bojila i samih čestica bojila koja su se odvojila od vlakanca u procesu dezintegracije.

Da bi se lakše odvojile čestice nečistoća od vlakanca u pulpi se dodaju kemikalije koje pomažu u razdvajanju. Također se dodaju kemikalije koje izbjeljuju vlakanca da bi papir bio što bjelji. Kemikalije se dodaju prema propisanim količinama i omjerima u standardu, jer se zbog krivih količina i omjera mogu se vlakanca oštetiti i izgubiti strukturu te efikasnost procesa neće biti velika. Najčešće se koriste u procesu natrijev silikat, natrijev hidroksid i vodikov peroksid te oleinska kiselina.

Kemikalije u mali količinama nisu opasne za okoliš. U većoj proizvodnji, potrošnja spomenutih kemikalija se povećava te može štetiti okolišu ukoliko nema procesa pročišćavanja. U procesu recikliranja najviše se koristi voda. Iz prirode se crpi čista, no vraća se onečišćena. [2]

### **3.1. Kemikalije u procesu recikliranja**

Natrijev hidroksid ( $\text{NaOH}$ ) se koristi za bubrenje vlakanca te za hidroliziranje veziva bojila ili saponifikaciju povećanjem pH vrijednosti i alkalnost. Količina dodane lužine ovisi o vrsti mehaničke obrade, temperaturi i vremenu potrebnom za dezintegriranje. U slučaju dodavanja prevelike količine  $\text{NaOH}$  pulpi koja sadrži mehaničku drvenjaču, pulpa može pocrnjati ili požutjeti.

Natrijev silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , još poznat kao vodeno staklo) se često koristi uz natrijev hidroksid. Koristan je za bubrenje vlakanca i kao za dispergiju čestica bojila. Za uspješno djelovanje vodikovog peroksida, pH vrijednost se regulira pomoću natrijeva silikata koji ju postavlja na optimalnu razinu.

Vodikov peroksid je tvar koja služi za izbjeljivanje i koristi se kako bi se neutraliziralo stvaranja kromofora koji nastaju pri visokim vrijednostima pH odnosno u jako alkalnim uvjetima. Natrijev hidrosulfat se također koristi kao sredstvo za izbjeljivanje pulpe i obojanih vlakanca. Kako bi se spriječio raspad vodikovog peroksida koriste se sredstvo za keliranje. Raspad se sprječava formiranjem kompleksa sa multivalentnim metalnim ionima. Površinske aktivne tvari pomažu česticama bojila da se odvoje od vlakanca i lakše se rasprše u vodi. [2]



### 3.2. Flotacijski *Deinking*

*Deinking* je proces u kojem se odvajaju čestice bojila od vlaknaca. Čestice bojila su hidrofobne te se djelomično ili potpuno odvajaju od vlakanca u pulperu. Tijekom procesa flotacije, u flotacijskoj ćeliji se ispuštaju mjehurići zraka koji se vežu čestice bojila koje su hidrofobne. Mjehurići zajedno sa česticama bojila odlaze na površinu u obliku pjene te se pjena na površini odstranjuje. U pjeni se nalaze i vlakanca koji su prekratka i ne mogu se iskoristi u proizvodnji papira.

„Glavne pokretačke sile evolucije moderne flotacije su smanjenje potrošnje energije i vode kao i povećanje efikasnosti i kapaciteta. Iako su mnoge promjene učinjene u dizajnu ćelija, poboljšanja učinkovitosti flotacije za uklanjanje bojila nisu uvijek očite. U novije vrijeme zbog velikog napredaka u tisku i modificiranju papira, flotacijski *deinking* se razvio iz uklanjanja samo čestica boja, do uklanjanje ostalih nepoželjnih bez celuloznih tvari. Međutim, u pogledu efikasnosti uklanjanja bojila, starije flotacijske ćelije daju zadovoljavajuće rezultate.“ [5]

Sva bojila na bazi vode se teško flotiraju jer su one hidrofilne i vežu se s vodom za razliku od ostalih boja. Fleksografske boje su na bazi vode i vrlo su sitne pa se talože na vlakanca. Tonerske boje kućnih i uredskih printera, otiskuju se na principu toplinskog spajanja tonera za vlakanca stvarajući tako jako čvrstu vezu. Iako su čestice boje hidrofobne, teško ih je odstraniti jer su prevelike pa ih mjehurići zraka ne mogu prenijeti na površinu. [5]

„Konvencionalni postupci uklanjanja boje u velikoj se mjeri oslanjaju na širok spektar kemikalija za uklanjanje boje i flotaciju boje iz otpadnog papira. Oni sami po sebi oštećuju papirna vlakna te ograničavaju broj ekonomskih recikliranja i zahtijevaju neutralizaciju i zbrinjavanje trinaest ili više štetnih kemikalija, uključujući natrijev hidroksid.“ [6]

## 4. Enzimatski *deinking*

Kemijski *deinking* stvara otpadne vode koje su štetne za okoliš i teško ih je reciklirati. Enzimi su stvoreni kao alternativa kemijskom *deinkingu*. Tijekom *deinking* procesa enzimi skidaju čestice boja s površina vlakana, mijenjajući površinska svojstva vlakana i čestica bojila. Slobodne čestice bojila se još naknadno odvajaju iz suspenzije pomoću flotacije.

Celulaza je bitan enzim za odvajanje čestica bojila od celuloze. Razdvajanje celuloznih vlakana potiče se endoglukanazom dok formirani reducirani krajevi potiču odvajanje čestica bojila s vlakana celuloze.

U postupku kemijskog *deinkinga* vodikov peroksid se koristi u postupku nastanka pulpe i kod izbjeljivanja, a kod enzimskom samo u procesu izbjeljivanja. Kod enzimskog *deinkinga* potrebno je manje vodikovog peroksida i lakše dolazi do procesa izbjeljivanja. Kemijska metoda *deinkinga* teško reciklira papir tiskan laserskim tiskom, jer se čestice boje snažno prijanjaju za vlakana i zbog njihove veličine teško se odvajaju od pulpe u flotaciji i ispiranju. U kemijskoj metodi surfaktanti se koriste kako bi čestice tonera odvojile od vlakana, kao i povećanje temperature.

Zbog velike količine kemikalija u kemijskom *deinkingu* potrebne su skuplje metode pročišćavanja vode. Enzimski *deinking* smanjuje trošak pročišćavanja time što enzimski *deinking* koristi manje kemikalija. [4]

## 5. *Deinking* Ultrazvukom

*Deinking* ultrazvukom je jedna od novih metoda koja koristi ultrazvuk kako bi se lakše odvojile čestice boje od vlaknaca u pulpi. Danas se sve više koriste boje na bazi vode kao na primjer ink-jet. Boje na bazi vode su hidrofilne, što znači da se teško recikliraju pomoću kemijskog flotacijskog *deinkinga*, koji se bazira na hidrofobnosti čestica boja. *Deinking* ultrazvukom omogućuje smanjenje kemijske obrade te smanjuje probleme zbrinjavanja.

Ultrazvuk koristi snažne kavitacije koje su napravljene od visoko frekventnih oscilacija koje proizvodi vršak uređaja. Ultrazvučne frekvencije proizvode kavitacijske mjehuriće koji su zapravo mali prostori sa vakuumom. Ti mjehurići implodiraju i pri tome ispuštaju veliku količinu energije od 5500K i 200 atmosfera. U pulpi se stvaraju strujanja koja su usmjerena ka vlakancima te dolazi do transformacije energije u mehaničku koja odvaja čestice sa vlakanca .

*Deinking* ultrazvukom koristi mehaničku energiju koja nije ekološki štetna koliko su i nema utjecaj na održivost procesa *deinkinga*. Metoda omogućuje ponovno korištenje materijala i smanjenje korištenja djevičanskih vlaknaca. [6]

## **6. Eksperimentalni dio**

### **6.1 Materijali**

Materijali korišteni u procesu recikliranja su probni otisci načinjeni na Prüfbau Multipurpose Printability Tester uređaju za otiskivanje. Uzorci su otiskivani bojom cijan boje, koja je namijenjena ofsetnom tisku. Otiskivanje je provedeno pritiskom silom od 600 N. Svi uzorci su otisnuti u punom tonu.

### **6.2. Uređaji korišteni u procesu recikliranja**

Dezintegrator je uređaj za stvaranje pulpe. Sastoji se od metalne posude, poklopca i uređaja za miješanje. U posudu se stavljaju komadići uzorka sa vodom i kemikalijama. Mjesečeve metlice nisu oštre, kako se ne bi vlakanca otrgala.



Slika 1: Uređaj za dezintegraciju [8]

Homogenizator je uređaj pomoću kojeg se pulpa ravnomjerno raspodijeli po cijeloj suspenziji kako bi uzorci bili isti. U suspenzijama u kojima nije proveden postupak homegenizacije pulpa se slegne na dno posude i može doći do neujednačenih uzoraka. Uređaj se sastoji od velike posude, mješača i stalka.



Slika 2: Uređaj za Homogenizaciju [8]

Stroj za izradu laboratorijskog papira Frank – PTI Rapid Köthen Sheet Machine je uređaj pomoću kojeg se izrađuju reciklirani listovi papira. Uređaj se sastoji od dva dijela jedinice za izradu laboratorijskih listova papira i jedinice za sušenje.



Slika 3: Stroj za izradu laboratorijskog papira Frank – PTI *Rapid Köthen Sheet Machine* [9]

Floatacijska ćelija je uređaj u kojem se izvodi proces flotacije, gdje se pomoću mjehurića zraka odvajaju čestice boje od suspenzije. Uređaj se sastoji od posude koji ima na dnu otvore kroz koje se ispušta zrak. Sa strane posude je mali žlijeb kod kojeg se sakuplja pijena.



Slika 4: Floatacijska ćelija [10]

Uređaj *Bandelin Sonoplus (HD 3100)* je ultrazvučna sonda. Sastoji se od svije komponente, uređaj sa komandama i sunde kojom se stvaraju kavitacije u suspenziji.



Slika 5: Uređaj *Bandelin Sonoplus (HD 3100)* [11]

Spektrofotometar *Technidyne Color Touch 2* je uređaj pomoću kojeg se mjere optičke karakteristike CIE L\*a\*b\*, opacitet, svjetlina i ERIC. Uređaj je specijaliziran za mjerenje papira i kartona.



Slika 6: Spektrofotometar *Technidyne Color Touch 2* [9]

U laboratorijskom recikliranju potrebne su kemikalije: natrijeva lužina (NaOH), vodikov peroksid ( $H_2O_2$ ), natrijev silikat ( $Na_2SiO_3$ ), flokutan i aquasec. [2]

## **6.3. Metode recikliranja**

### **6.3.1 Laboratorijska metoda**

Uzorak mase od 88g stavi se u dezintegrator sa 2L vode i kemikalijama *deinkinga* kako slijedi natrijev silikat, vodikov peroksid i natrijev hidroksid te površinski aktivne tvari.

Poslije dezintegriranja pulpa se prebacuje u homogenizator te se dodaje 8L tople vode. Homogenizator konstantno miješa suspenziju kako bi uzorci bili što homogeniji.

Nakon što se suspenzija promiješala oko 15 min, izdvaja se određeni volumen suspenzije i izrađuju se uzorak prije flotacije na stroju za izradu laboratorijskog lista papira. Gramatura laboratorijskih listova za opisane vrste mjerenja prije i poslije procesa flotacije mora biti 45 g/m<sup>2</sup>. Ostatak suspenzije prebacuje se u flotacijsku ćeliju. Proces flotacije traje 8 minuta prilikom čega se odvaja pjena a ostaje pročišćena suspenzija služi za izrađuju listova papira nakon flotacije. [2]

### **6.3.2 Ingede Metoda**

Ingede metoda je standardizirana metoda recikliranja. Uzorci se dezintegriraju 20 minuta u 45 °C vrućoj vodi. Standardne Ingede kemikalije su 0.6% natrijeva lužina, 1.8% natrijev silikat, 0.7% vodikov peroksid i 0.8% oleinska kiselina.

U homogenizatoru se pulpa konstantno miješa sa dodanom vodom temperature 45 °C i pH vrijednosti od oko 9.5. Iz suspenzije se izdvaja određena količina uzorka za izradu papira prije procesa flotacije. Preostali dio suspenzije ide u flotacijsku ćeliju gdje se provodi postupak flotacije u trajanju od 12 minuta, nakon čega se uzimaju uzorci za izradu laboratorijskih papira nakon postupka flotacije kako je opisano u postupku ranije. [7]

### **6.3.3 Enzimaska metoda**

U enzimatskom *deinkingu* korišten je BLX 14168 (1-4-endoglukonaza), proizvođača Buckman.. Postupak izrade uzoraka enzimatskog *deinkinga* ne razlikuje se od laboratorijske metode osim što se umjesto kemijskih sredstava koriste enzimi. U svrhu bolje flotacije, dodane su površinsko aktivne tvari iz spomenutog laboratorijskog postupka.



#### **6.3.4 Deinking ultrazvukom**

Nakon procesa dezintegracije s kemikalijama, uvodi se ultrazvučno miješanje u trajanju od 10 min, pri amplitudi od 70%.

Ovaj postupak proveden je u kombinaciji s Laboratorijskom metodom kao i s Ingede metodom kako bi se vidjelo da li ima učinka na poboljšanje efikasnosti navedenih metoda.

### **7.3. Parametri koji se prate nakon recikliranja**

#### **7.3.1. ISO Svjetlina**

ISO svjetlina definira se kao omjer stupnja refleksije difuznog plavog svjetla ( $\lambda=457$  nm) s površine neprozirnog uzorka papira prema stupnju refleksije idealnog reflektirajućeg tijela. [3]

#### **7.3.2. Opacitet**

Opacitet je mjera za nepropusnost svjetla kroz papir. Određuje se odnosom stupnja refleksije pojedinog lista papira iznad crne podloge prema stupnju refleksije istog lista u snopu. Spomenuti parametar opisuje koliko je svijetla se transmitirano kroz papir. Papiri s niskim opacitetom lako propuštaju svjetlost kroz papir. [3]

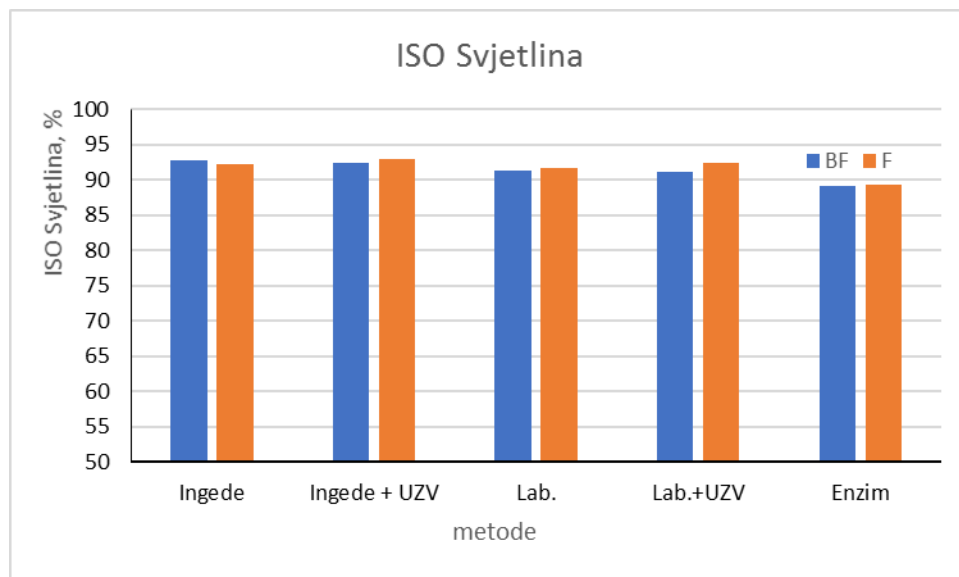
#### **7.3.3. Optički koeficijenti CIE $L^*a^*b^*$**

Optički koeficijenti sustava CIE  $L^*a^*b^*$  predstavljaju trodimenzionalni model prikazivanja boja, čije se koordinate dovode u vezu s psihičkim karakteristikama boje. Spomenuti sustav odgovara teoriji suprotnih boja: svjetlo - tamno, crveno -zeleno i žuto – plavo.

Optički koeficijent  $L^*$  još se naziva i svjetlina, ima vrijednosti od nula do sto; nula predstavlja crno, a sto bijelo područje boja. Optički koeficijent  $a^*$  predstavlja crveno - zelenu koordinatu, dok optički koeficijent  $b^*$  žuto - plavu koordinatu.

## 8. Rezultati i rasprava

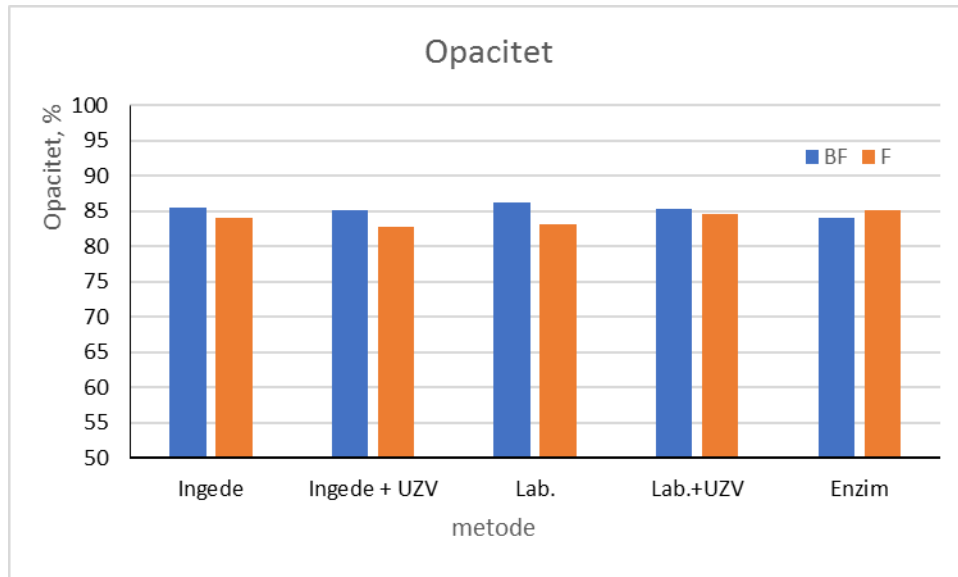
### 8.1. ISO Svjetlina



Slika 7: ISO svjetlina uzoraka

ISO svjetlina se mjeri omjerom refleksije difuznog plavog svjetla s površine uzoraka. Rezultati prikazani na slici 1. prikazuju da se svjetlina uzoraka neznatno razlikuje za sve korištene metode recikliranja. Također, vidljivo je i jako malo povećanje svjetline uzoraka nakon procesa flotacije u svim korištenim metodama recikliranja. Najmanja razlika uočena je u enzimatskom *deinkingu*. Uvođenjem ultrazvuka u proces recikliranja, također se vidi mali pomak, tj. povećanje svjetline u odnosu na metode u kojima nije korišten ultrazvuk.

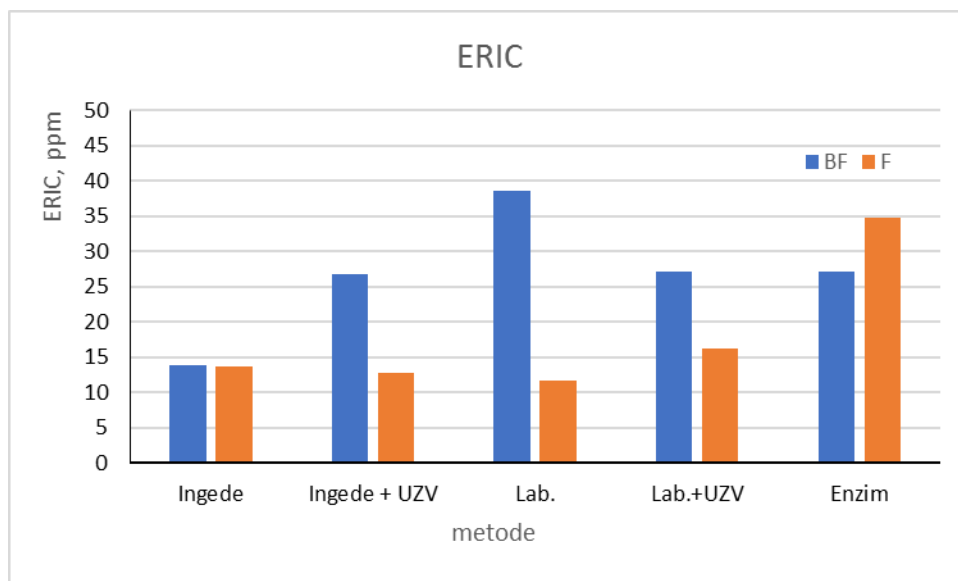
## 8.2. Opacitet



Slika 8: Opacitet uzoraka

Iz rezultata (Slika 8.) vidljivo je da se opacitet uzoraka smanjuje nakon procesa flotacije, iznimka je metoda koja koristi enzime. Smanjenje vrijednosti opaciteta govori o gubitku punila tijekom procesa flotacije. Kod Ingede metode kombinirane sa ultrazvukom se vidi najveći gubitak vlakanca, suprotni trend se pokazuje kod laboratorijske metode kombinirane s ultrazvukom gdje dolazi do najmanje promjene vrijednosti opaciteta.

### 8.3. Efektivna koncentracija bojila zaostalog u papiru



Slika 9: ERIC vrijednosti uzoraka različitih metoda, prije i poslije flotacije

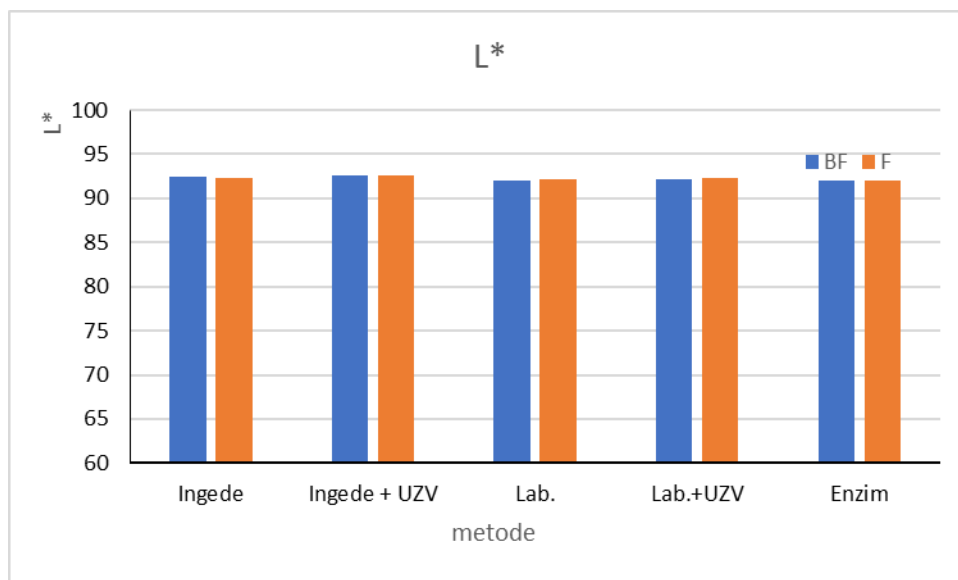
ERIC (eng. Effective Residual Ink Concentration) je parametar koji pokazuje efektivnu koncentraciju zaostalog bojila u papiru.

Iz rezultata (Slika 9.) se može vidjeti da u većini slučajeva flotacija pomaže u uklanjanju čestica boje iz reciklirane pulpe. Kod enzimskog *deinkinga*, nakon flotacije dolazi do povećanja vrijednosti ERIC-a što pokazuje da je došlo do fragmentacije bojila. Korištenjem Ingede i metode vidljivo je da se broj čestica nakon flotacije gotovo ne mijenja, ali u kombinaciji s ultrazvukom dolazi do boljeg odvajanja čestica bojila flotacije. Korištenjem laboratorijske metode dolazi do najveće promjene ERIC vrijednosti pa spomenuta metoda pokazuje i najbolje uklanjanje čestica bojila,

## 8.4. CIE L\*a\*b\*

CIE L\*a\*b\* sustav koji opisuje boje kako izgleda u trodimenzionalnom modelu, tj. u prostoru prikazanom s pomoću triju vrijednosti. Vrijednost L\* opisuje svjetlinu uzorka, vrijednost a\* opisuje os od zelene do crvene i vrijednost b\* opisuje os od plave do žute.

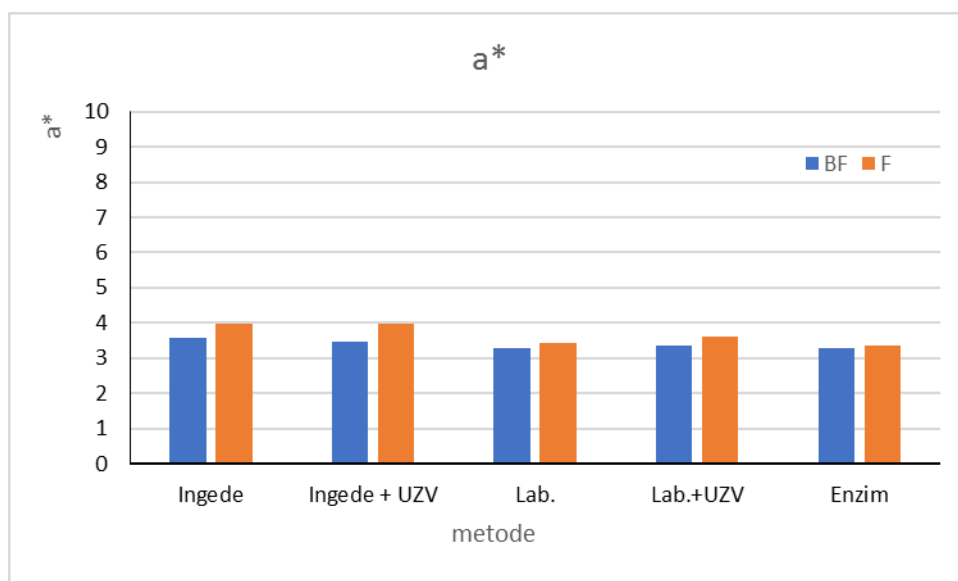
### 8.4.1. CIE L\*



Slika 10: CIE L\* vrijednosti uzoraka

Vrijednost L\* svih uzoraka neznatno se razlikuju. Nijednom metodom ne dolazi do izražajnijeg povećanja svjetline papira. Uspoređujući korištene metode, ne možemo dati zaključak o efikasnosti metode recikliranja na osnovu ovih podataka.

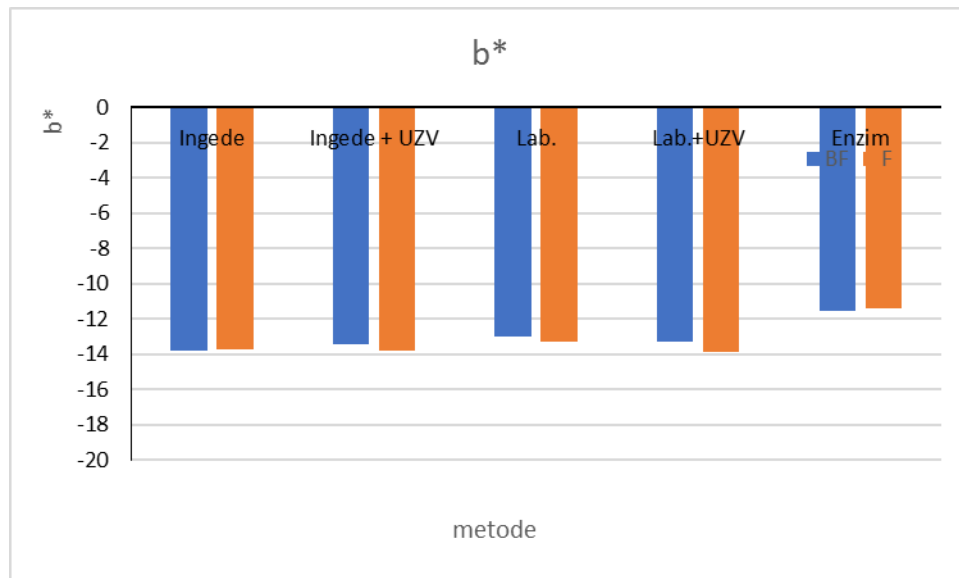
### 8.4.2. CIE a\*



Slika 11: CIE a\* vrijednosti uzoraka različitih metoda, prije i poslije flotacije

Iz rezultata je vidljivo da je koeficijent a\* svih uzoraka u pozitivnom području, odnosno u crvenom području. U svim slučajevima odvajanja čestica bojila dolazi povećanja koeficijenta. Metoda odvajanja čestica uz pomoć enzima i laboratorijska metoda imaju najmanju razliku u promjeni boje. Najveće razlike prije i poslije flotacije uočene su kod uzoraka recikliranih Ingede metodom.

### 8.4.3. CIE b\*



Slika 12: CIE b\* vrijednosti uzoraka

Vrijednosti koeficijenta b\* su negativne, odnosno pokazuju da je boja svih uzoraka u plavom području, što je i za očekivati jer su otisci korišteni u recikliranju otisnuti cijan bojom. Ovdje Ingede metoda nije pokazala značajne razlike u promjeni boje prije i poslije procesa odvajanja čestica bojila, dok se vrijednosti razlike prije i poslije procesa odvajanja čestica bolje vidljive kad se metoda kombinira s ultrazvukom. Metoda odvajanja čestica nečistoća uz pomoć enzima ima najveću apsolutnu vrijednost odnosno uzorci imaju najslabiji intenzitet plave boje.

## 9. Zaključak

Cilj ovog završnog rada je utvrditi efikasnost metoda recikliranja probnih ofsetnih otisaka. Korištene metode razlikovale su se u vrsti i doziranju kemikalija (Ingede i Laboratorijska metoda) te u korištenju enzima kao ekološki povoljnijih sredstava u odnosu na kemikalije. Također, praćen je i utjecaj ultrazvuka kao metode obrade kombinirane sa drugim metodama odvajanja čestica nečistoća. Rezultati su pokazali neznatne promjene u optičkim svojstvima dobivenih recikliranih uzoraka, te bi daljnja istraživanja trebala biti provedena u svrhu uvođenja novih kemikalija i metoda poput adsorpcijskog *deinkinga* ili korištenjem drugih enzima. Iako su druga istraživanjima pokazala da se ofsetni otisci mogu dobro reciklirati u alkalnim uvjetima, u ovom radu nisu dobiveni zadovoljavajući rezultati povećanja svjetline papira.



## 10. Literatura

- [1] <http://www.enu.fzoeu.hr/ee-savjeti/eko-savjeti/recikliranje> 26.8.2019
- [2] Ivana Bolanča Mirković, Skripta laboratorijske vježbe (2015.), Grafički fakultet, Zagreb
- [3] <http://printwiki.org/> 26.8.2019
- [4] Arunika Saxena, Prakram Singh Chauhan, *Role of various enzymes for deinking paper: a review*, 15.7.2016. 0738-8551
- [5] C. Jiang and J. Ma, *De-inking of waste paper: Flotation*, 2000
- [6] Anna Fricker, Robert Thompson, Andrew Manning, The Application of High Intensity Ultrasound to the *Deinking* of Recycled Papers. 1.1.2007.
- [7] NGEDE Method 11, (2012) *Assessment of Print Product Recyclability – Deinkability test*
- [8] Bruno Čanađija, Oporaba kartonske ambalaže, 2017., diplomski rad, preddiplomski, Grafički fakultet, Zagreb
- [9] Grafički fakultet, Katalog opreme, 2013.
- [10] Dino Hadžiselimović, Nove tehnologije tiska novina i utjecaj na okoliš, 2018., diplomski rad, preddiplomski, Grafički fakultet, Zagreb
- [11] Jelena Potisk, Utjecaj ultrazvučnih parametara i pH na uklanjanje organskog ugljika iz otpadnih voda ink jet bojila na bazi vode, 2014., diplomski rad, preddiplomski, Grafički fakultet, Zagreb