

# Karakteristike celuloznih vlaknaca dobivenih reciklažom igraćih karti

---

Ranogajec, Edita

Undergraduate thesis / Završni rad

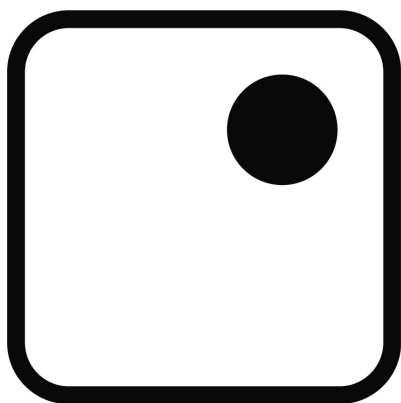
2019

*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:216:510324>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-19**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB**

# **ZAVRŠNI RAD**

Edita Ranogajec



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet



Smjer: Tehničko-tehnološki

# ZAVRŠNI RAD

## KARAKTERISTIKE CELULOZNIH VLAKANCA DOBIVENIH RECIKLAŽOM IGRAČIH KARTI

Mentor:

izv.prof.dr.sc.Ivana Bolanča-Mirković

Student:

Edita Ranogajec

Zagreb, 2019.

## SAŽETAK:

Tema završnog rada je recikliranje igraćih karti te optička svojstva koja su promatrana na dobivenim uzorcima. Otisci koji su korišteni za reciklažu načinjeni su na specifičnoj podlozi koja sadrži sloj napravljen od obojanih celuloznih vlaknaca. U eksperimentalnom djelu završnog rada koristi se alkalna kemijska *deinking* flotacija. Na laboratorijskim listovima prije i poslije procesa alkalne kemijske *deinking* flotacije promatrat će se optička svojstva kao i kromatski koeficijenti  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  te ERIC i CIE bjelina. Bit će prikazani i uspoređeni rezultati mjerenja karakteristika uzoraka dobivenih laboratorijskih listova.

Ključne riječi: igraće karte, reciklaža, *deinking* flotacija, optička svojstva, slikovna analiza

## Sadržaj

1. UVOD.....	3
2. TEORETSKI DIO .....	2
2.1. Povijest igraćih karata.....	2
2.2. RECIKLIRANJE PAPIRA .....	4
2.2.1. Papir.....	4
2.2.2. Proizvodnja papira na papir-stroju.....	5
2.2.3. Utjecaj proizvodnje papira na okoliš .....	6
2.2.4. Proces izrade recikliranog papira.....	7
2.2.5. <i>Deinking</i> flotacija.....	7
2.3. OPTIČKA SVOJSTVA .....	8
2.3.1. <i>CIE</i> bjelina .....	8
2.3.2. Svjetlina papira .....	8
2.3.3. Opacitet.....	9
2.3.4. Flouescencija .....	9
2.3.5. ERIC .....	9
2.3.6. <i>CIE L* a* b*</i> koeficijenti.....	9
3. EKSPERIMENTALNI DIO .....	10
3.1. TOK RADA.....	10
3.1.1. Prvo ispitivanje .....	10
3.1.2. Drugo ispitivanje .....	11
3.1.3. Treće ispitivanje.....	12
3.1.4. Komora za ubrzano starenje .....	13
3.2. MATERIJALI.....	13
3.2.1. Kemikalije.....	13
3.3. LABORATORIJSKA OPREMA .....	13
3.3.1. Dezintegrator .....	13
3.3.2. Homogenizator .....	14
3.3.3. Flotacijska ćelija .....	15
3.3.4. Uređaj za automatsku izradu listova .....	15
3.3.5. Spektrofotometar .....	16

4.	REZULTATI MJERENJA .....	17
4.1.	VIZUALNA EVALUACIJA I ISO SVJETLINA .....	17
4.1.1.	Prvo ispitivanje .....	17
4.1.2.	Drugo ispitivanje .....	18
4.1.3.	Treće ispitivanje.....	19
4.2.	OPACITET .....	22
4.3.	ERIC .....	23
4.4.	Kolorimetrijske karakteristike - CIE L*a*b* .....	23
4.5.	SLIKOVNA ANALIZA .....	25
5.	ZAKLJUČAK.....	28
6.	LITERATURA .....	29

## 1. UVOD

Upotreba papira je danas široko rasprostranjena, te je zbog toga recikliranje papira danas sve češća praksa zbog uštede prirode i njenih resursa, ali i zbog ekonomičnosti, finansijskih sredstava i uštede energije. Papir je sirovina koja je idealna za recikliranje, odnosno koja se može reciklirati i do nekoliko puta, a da pri tome zadrži svoju uporabnu vrijednost. *Deinking* flotacijom koju koristimo u eksperimentalnom djelu rada doći će do selektivne separacije koja koristi mjehuriće zraka da se odstrane čestice tiskarske boje iz razvlaknjene papirne suspenzije. Igraće karte poznate su još od 9. stoljeća kada su ih ljudi koristili za trgovanje, kockanje, prenošenje informacija i poruka te za razonodu. Od tada do danas uvelike su se promijenili načini izrade igračih karata, dizajn, materijali i tehnologija. Izumljene su u drevnoj Kini za vrijeme trajanja dinastije Tang. [1] Prve modernije karte, kakve i danas poznajemo, pojavile su se u Indiji od kuda su se prenijele preko Perzije i Egipta sve do Europe u 14. stoljeću. [2] Kada se govori o recikliranju igračih karata, govorimo o specifičnoj tiskovnoj podlozi. Specifičnost tiskovne podloge je sloj koji je napravljen od obojanih celuloznih vlakanca, a nalazi se između dva sloja ne obojanih vlakanca. U ovom radu teoretski i eksperimentalno prikazat će se karakteristike odnosno kvaliteta celuloznih vlakanca specifične tiskovne podloge za igraće karte dobivene prije i nakon postupka kemijske *deinking* flotacije. Prikazat će se i opisati uređaji koji su korišteni u procesu reciklaže, potrebne metode korištene tijekom reciklaže i u procesu određivanja optičkih karakteristika recikliranih vlakanca.

## 2. TEORETSKI DIO

### 2.1. Povijest igraćih karata

Znanstvenici i povjesničari ne mogu se složiti oko točnog porijekla igraćih karata. Pojedini povjesničari kažu kako su prve igraće karte osmislili Kinezi u 9. stoljeću, dok drugi vjeruju da su se pojavile u Arabiji u 14. stoljeću i da su ih izmislili Saraceni. No najraširenije je upravo vjerovanje da su prve igraće karte osmislili drevni Kinezi u doba Tang dinastije za igru Leaf Game. [3] Nakon toga karte su preko Egipta i Perzije došle na područje Europe u drugoj polovici 14. stoljeća. U početku su karte bile vrlo skupe i pristupačne isključivo bogatima zbog načina izrade koji je iziskivao puno vremena i vještog majstora zbog ručnog oslikavanja i izrezivanja.

Igraće karte kroz povijest imaju različitu namjenu. Karte za gledanje i čuvanje bile su skupocjene ručno rađene karte, rađene prema narudžbi i ukrašene zlatom i perlama. Takve karte većinom su se poklanjale kao svadbeni poklon te su se prenosile s generacije na generaciju. Karte koje su se koristile za igranje izrađivao je lokalni slikar i imale su manju vrijednost. Također su se koristile u svrhu educiranja, proricanja budućnosti, kao pozivnice za vjenčanja, ulaznice za događaje, prenošenje poruka, kockanje, magične trikove i u marketinške svrhe. Najstarije očuvane karte koje se danas nalaze u muzeju Benaki u Ateni pripadaju Keir kolekciji. Radi se o četiri fragmenta iz 12. i 13. stoljeća. Osim ova četiri fragmenta, pronađen je potpuni set Mamelučkih karata (Slika 1.)





Slika 1. Mamelučke karte [4]

Danas prepoznatljive karte za društvenu igru označene znakovima – karo, pik, tref i srce svoj razvoj započele su u Španjolskoj 1365. godine, a razvijene su od mamelučkih znakova – pehar, mač, zlatnik i polo palica. [5] Prve karte su imale oštre rubove zbog čega su se brzo uništavale i kidale. Da bi se riješio problem s kidanjem oštre su rubove zamijenili zaobljeni, kakvi se i danas koriste u izradi karata. Prije 19. stoljeća bilo je uobičajeno da igraće karte imaju praznu bijelu pozadinu koja se brzo ošteti i zamaže te tako označi kartu. Zbog toga se lako dalo prepoznati o kojoj karti se radi, posebice ako se učestalo igralo sa istim setom karata. Takve pozadine nikako nisu odgovarale kockarima pa su se karte često davale profesionalcima na obnavljanje i čišćenje. Zbog toga današnje karte na pozadini imaju ilustracije, tekst, znakove ili pozadinu u boji.

## **2.2. RECIKLIRANJE PAPIRA**

### **2.2.1. Papir**

105 godina p.n.e. kada se smatra da je izumljen papir nije bilo poznato kako se on radi jer se to čuvalo u strogoj tajnosti. Dugi niz godina nakon otkriveno je kako se to radi. U početku se izrađivao od starih tkanina i krpa, a 1719. godine papir se počeo izrađivati od drveta. U Hrvatskoj je proizvodnja papira započela 1978. godine. Papir predstavlja osnovnu sirovinu u grafičkoj industriji. To je materijal koji je građen od celuloznih vlaknaca koja se međusobno isprepliću i tako nastaje mrežasta struktura. Da bi se poboljšala mehanička svojstva papira dodajemo keljiva i punila. Jedan list papira sastoji se od više slojeva vlaknaca međusobno isprepletenih. Sirovine za proizvodnju papira su drvenjača, celuloza, stari papir i polutvorevine dobivene preradom starih krpa i tkanina iz industrije tekstila. Preradom tih sirovina dobivamo vlakanca za proizvodnju papira. Ovisno o vrsti tiskovnih proizvoda papiri moraju imati definirane određene karakteristike kao što su bjelina, opacitet, svjetlina, gustoća i druge karakteristike važne za papire.

Osnovne podjele papira su prema gramaturi, načinu obrade, rabljenim sirovinama i prema namjeni. [6]

Podjela prema gramaturi:

1. Papir do  $150 \text{ g/m}^2$
2. Karton od 150 do  $500 \text{ g/m}^2$
3. Ljepenka od  $600 \text{ g/m}^2$

Podjela prema načinu obrade:

1. Premazani papiri
2. Nepremazani papiri

Podjela prema rabljenim sirovinama:

1. Celulozne
2. Bezdrvene
3. Srednjefine
4. Papire s primjesom krpa
5. Papire iz slame
6. Papire iz starog papira

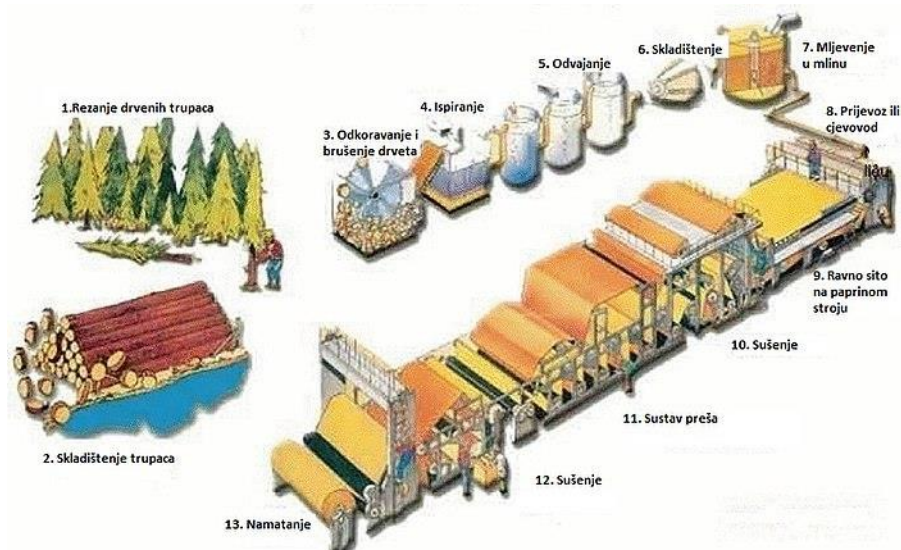
## 7. Papire iz umjetnih materijala

Podjela prema namjeni:

1. Pisaći papiri
2. Uredski papiri
3. Crtaći papiri
4. Papiri prema načinu isporuke
5. Specijalni papiri

### **2.2.2. Proizvodnja papira na papir-stroju**

Na papir-stroju se provodi industrijska proizvodnja papira (slika 2.). Papir-stroj se sastoji od više cjelina koje čine grupa sita koja se često naziva i natok, preša ili mokra grupa papir-stroja, grupa sušenih valjaka, grupa hladnih valjaka. Prije natoka suspenziju je potrebno konstantno miješati da bi se osigurala ravnomjernost vlakanaca i dodataka u suspenziji. Na situ dolazi do prve odvodnje iz suspenzije, te se do završetka prvog dijela proizvodnje očekuje gubitak vode u iznosu do 20%. Sa odvodnjom započinje i tvorba papirne trake odnosno proces ispreplitanja vlakanaca. Pomoću pusta se oblikovana papirna traka prenosi dalje do sustava preša na kojem se vrši oblikovanje pod pritiskom. Nakon ovog postupka količina suhe tvari iznosi 35-40% ovisno o vrsti papira ili kartona. Nakon toga slijedi termički proces, odnosno proces sušenja papirne trake. Po izlasku iz sušnog dijela papir-stroja papirna traka sadržavat će oko 20% vlage. Postupak sušenja vrši se kontaktno prijenosom topline s površine cilindra na papir i kondenzacijom papira, odnosno prelazom vode iz papirne trake u oblik vodene pare. Nakon što papirna traka napusti sušni dio papir-stroja ona se hladi prelazeći kroz više valjaka koji su hlađeni vodom. Nakon proizvodnje papira u papir-stroju slijedi doradni proces koji se provodi nakon barem 48 h nakon proizvodnje papirne trake. [7]



Slika 2. Proces proizvodnje papira u papirnom stroju [8]

### 2.2.3. Utjecaj proizvodnje papira na okoliš

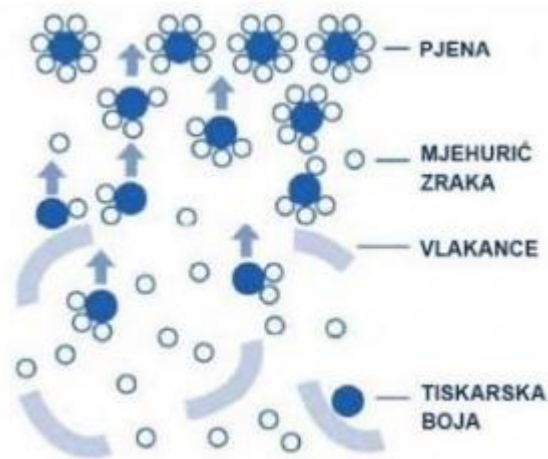
Tijekom proizvodnje papira treba obratiti pozornost na to da se štedi na korištenim sirovinama, da postupci proizvodnje ne budu štetni za okoliš, te da se sve kemikalije koje se koriste tijekom obrade drva koriste i zbrinjavaju na način da ne štete okolišu. Također je potrebno paziti na potrošnju vode koja se koristi za ispiranje, kuhanje i bijeljenje. Tijekom prošlosti za postupak bijeljenja koristio se elementarni klor koji je bio iznimno štetan za okoliš. Postupak se koristio kako bi se uklonili tamni ostaci nakon kemijskog postupka obrade. Napretkom tehnologije u tu svrhu danas koristimo kisik i njegove spojeve. Prilikom kemijske proizvodnje celuloze dolazi do ispuštanja sumpora, koji stvara neugodan miris. Da bi se to smanjilo danas koristimo pročišćivače zraka i iskorištene kemikalije prerađujemo. Organizirano i odvojeno prikupljanje starog papira te njegovo recikliranje čuva šume, ne onečišćavaju vode i okoliš te se smanjuje količina otpada na odlagalištima i upravo zbog toga je vrlo važno promovirati recikliranje papira kao jedan od najboljih načina za očuvanje okoliša i štednju energije.

#### **2.2.4. Proces izrade recikliranog papira**

Recikliranje se definira kao „Prerađivanje otpadnog materijala tako da se djelomice ili u cjelini dovede u stanje u kojem se može upotrijebiti." [9] Odnosno, procesom recikliranja odvajamo materijale iz otpada da bi ih mogli ponovno iskoristiti. Proces recikliranja uključuje sakupljanje, izdvajanje, preradu i izradu novih gotovi proizvoda ili poluproizvoda. Da bismo reciklirali stari papir potrebno je određenu količinu starog papira pomiješati s vodom i unaprijed definiranim kemikalijama kako bismo razdvojili vlakanca od bojila, keljiva, punila i ostalih dodataka. Dobivena smjesa dalje se uklanja od nečistoća mehaničkim pročišćavanjem (što podrazumijeva prosijavanje i centrifugalno čišćenje) ili se odbojava (što podrazumijeva flotaciju ili ispiranje).

#### **2.2.5. *Deinking* flotacija**

*Deinking* flotacija je proces selektivne separacije koji koristi mjehuriće zraka da odstrani zaostale čestice tiskarske boje iz razvlaknjene suspenzije. Ovim se postupkom uklanjaju čestice tiskarske boje koje su velike od 15 do 150  $\mu\text{m}$ . Čestice boje se u flotacijskoj ćeliji prihvaćaju na hidrofobne mjehuriće zraka koji ih nose na površinu gdje se stvara pjena koja se mora uklanjati (slika 3.). Papir sa kojeg se ne ukloni boja dobiva sivkasti ton. Da bi se pospješila flotacija postoji mogućnost korištenja raznih kemikalija koje utječu na povećanje hidrofobnosti čestica tiskarske boje. Neke od flotacijskih kemikalija su natrijev hidroksid, vodikov peroksid, natrijev silikat, kelatni agensi i kolektori. Uklanjanje boje iz pulpe utječe na povećanje svjetline dobivenog uzorka.



Slika 3. Princip „deinking“ flotacije [10]

## 2.3. OPTIČKA SVOJSTVA

Učinkovitost procesa deinking flotacije i karakteristike dobivenih celuloznih vlakana određujemo mjerenjem optičkih svojstava te određivanjem distribucije čestica boje pomoću slikovne analize. Mjere se karakteristike na listovima prije i poslije flotacije.

### 2.3.1. CIE bjelina

Bjelina papira je definirana kao stupanj difuzne refleksije svjetlosti (svih valnih duljina) s površine uzorka kroz cijeli spektar vidljive svjetlosti. Bjelina papira se određuje prema standardu ISO 11475:1999- Određivanje CIE bjeline, D65/10°, dok se stupanj bjeline (%) određuje mjerenjem refleksije svjetlosti s površine papira u vidljivom području spektra. [11] Za osvjetljavanje uzoraka koristi se izvor svjetla D65 koji predstavlja vanjsko dnevno svjetlo.

### 2.3.2. Svjetlina papira

Svjetlina se papira, pulpe ili kartona (ISO Brightness) mjeri prema standardu ISO 2470:1999- Mjerenje faktora refleksije difuznog plavog svjetla uz pomoć spektrofotometra. [12] Definirana je kao omjer stupnja refleksije difuznog plavog svjetla

s površine neprozirnog uzorka lista papira u snopu prema stupnju refleksije idealnog reflektirajućeg tijela. Postoji mogućnost mjerenja sa ili bez UV komponente svjetlosti.

### **2.3.3. Opacitet**

Opacitet ili neprozirnost je optičko svojstvo koje onemogućava vidljivost druge strane lista te ima sposobnost prikrivanja pozadinskog materijala. Određuje se prema standardu ISO 2471:2008 [13] koji definira metodu za određivanje neprozirnosti papirne podloge difuznom refleksijom. Opacitet je vrlo važna karakteristika kod obostranog ispisa.

### **2.3.4. Flouescencija**

Flouescencija je svojstvo papira da apsorbira ultraljubičastog zračenja te transformira i ponovno emitira u vidljivo UV zračenje u obliku fotona u ljubičasto-plavom području vidljivog spektra. ISO 22891:2013 [14] standard definira metodu za izračun prijenosa na temelju mjerenja difuzne refleksije. Mjerenja flouescencije se izvode s uključenom UV i bez uključene UV komponente.

### **2.3.5. ERIC**

ERIC mjeri komponente koje se nalaze u recikliranoj pulpi, odnosno zaostale čestice boje koje apsorbiraju svjetlo na 950 nm. Radi se o česticama nevidljive veličine koje imaju značajan utjecaj na izgled papira. ISO 22754:208 [15] standard primjenjuje se na sve vrste reciklirane pulpe i na listove napravljene od reciklirane pulpe.

### **2.3.6. CIE L\* a\* b\* koeficijenti**

CIE L\*a\*b\* sustav je trodimenzionalni model prikazivanja boja, čije se koordinate dovode u vezu s psihičkim karakteristikama boje i odgovaraju teoriji suprotnih boja: svjetlo-tamno, crveno-zelena i žuto plavo. Oznaka L\* ima vrijednost od nula do sto, gdje je nula crno, a sto bijelo. Oznaka a\* je crveno-zelena koordinata, a oznaka b\* je

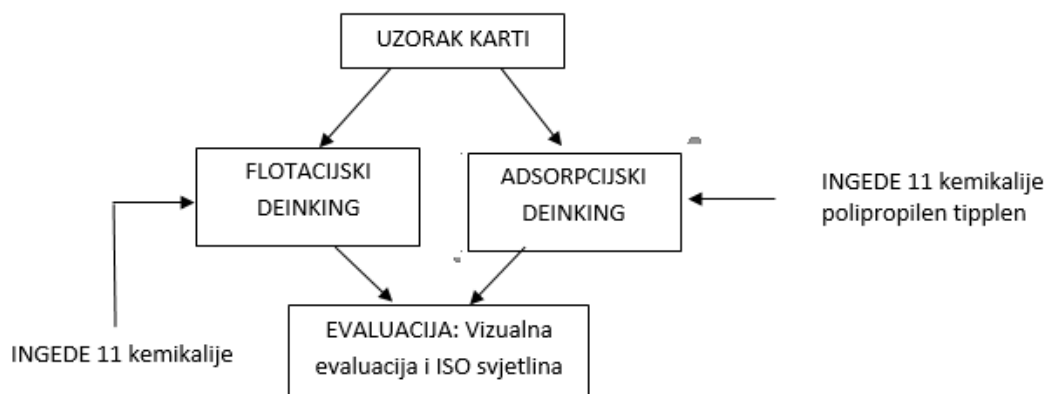
žuto-plava koordinata. Obje koordinate mogu poprimiti pozitivnu i negativnu vrijednost.

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. TOK RADA

##### 3.1.1. Prvo ispitivanje

Kako bi se ispitala mogućnost recikliranja otisnutih igraćih karata, provedeno je recikliranja prema standardnim uvjetima definiranim u Ingede metodi 11 te adsorpcijski deinking. U adsorpcijskom deinkingu, dezintegracija uzoraka provedena je uz pomoć Ingede kemikalija te uz dodatak polipropilenskih granula koji je služio kao adsorbens. Odnos masa uzorka igraćih karata u odnosu na polipropilen bila je 1:1.

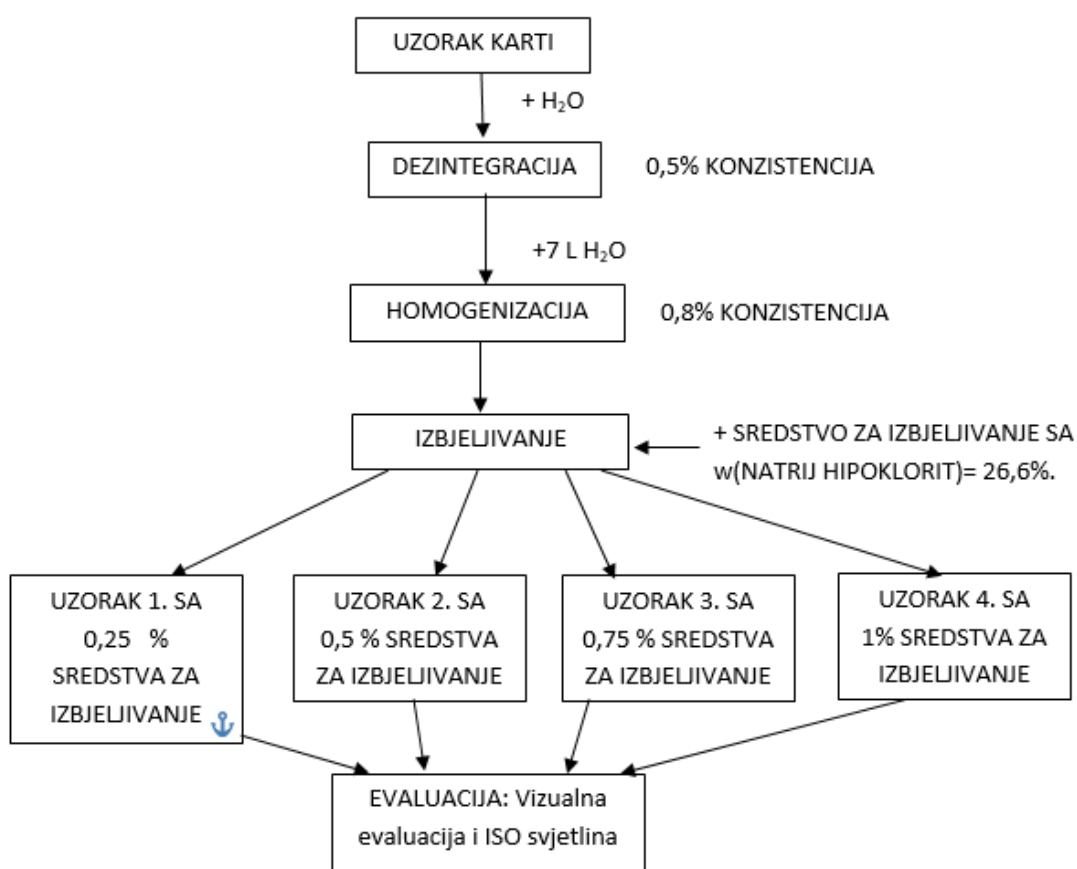


Slika 4. Shematski prikaz toka rada



### 3.1.2. Drugo ispitivanje

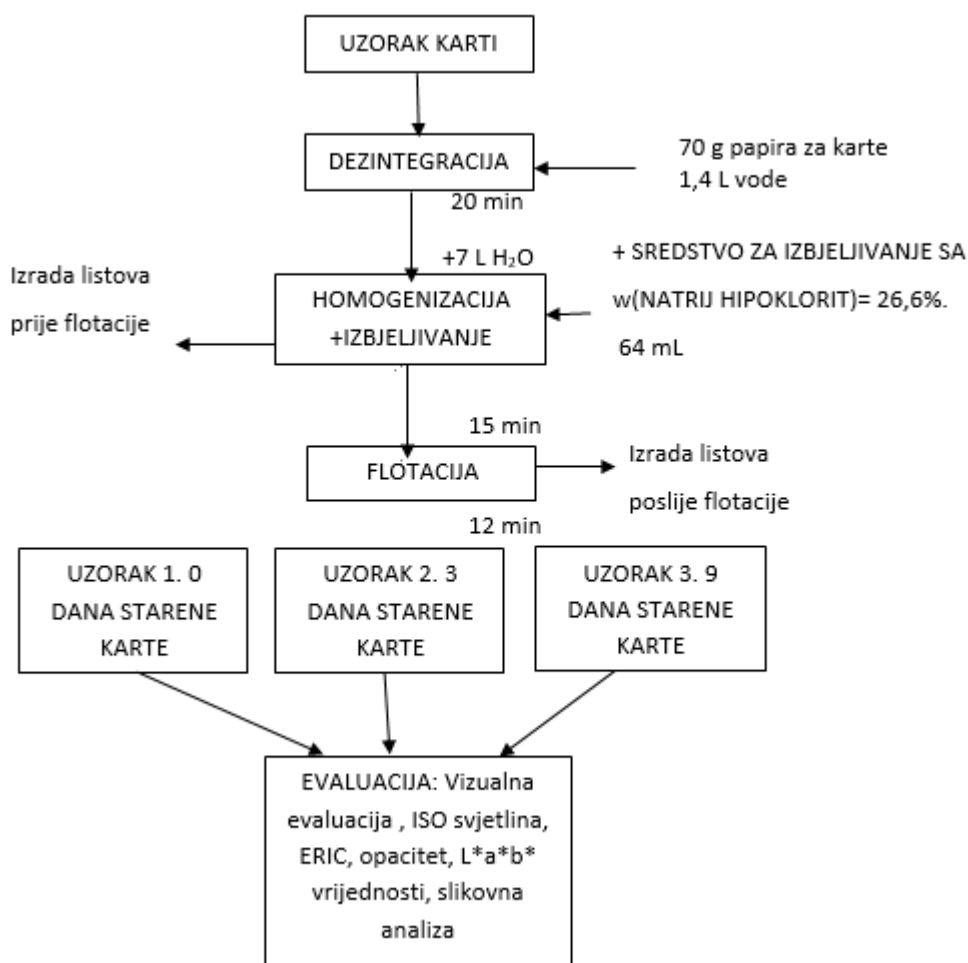
S obzirom na dobivene rezultate (ne zadovoljavajuće) nakon provg ispitivanja, u proces recikliranja uveden je i proces izbjeljivanja . u preliminarnom dijelu, dodavani su različiti volumeni sredstva za izbjeljivanje i na temelju vizualne evaluacije i ISO svjetline, odabran je jedan udio sredstva za izbjeljivanje koji je dalje korišten u eksperimentu.



Slika 5. Shematski prikaz toka rada

### 3.1.3. Treće ispitivanje

Na temelju preliminarnog dodavanja sredstva za izbjeljivanje u prethodnom koraku, odabran je određeni postotak koji je dalje korišten u eksperimentu. Osim nestarenih uzoraka igračih karata, korišteni su i starení uzorci na vlazi i temperaturi kako bi se ocjenio njihov utjecaj na recikliranje.



Slika 6. Shematski prikaz toka rada

### **3.1.4. Komora za ubrzano starenje**

Za ubrzano starenje uzoraka korištena je komora "Kottermann" Tip 2306. U toj se komori mogu izlagati uzorci velikih formata utjecaju vlage i temperature.

## **3.2. MATERIJALI**

### **3.2.1. Kemikalije**

Odabir kemikalija znatno utječe na proces reciklaže. U ovom radu kemikalije smo koristili prema Ingede 11 metodi. Kemikalije koje smo koristili su: NaOH (Natrijev hidroksid), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (vodikov peroksid), oleinska kiselina, sredstvo za izbjeljivanje sa volumnim udjelom od 26,6% natrijevog hioklorita.

## **3.3. LABORATORIJSKA OPREMA**

### **3.3.1. Dezintegrator**

Dezintegrator je uređaj koji stvara suspenziju celuloznih vlaknaca u vodi, odnosno papirnu pulpu. Sastoji se od elektromotora koji pokreće mješalicu, glavnog prekidača, posude u koju se stavlja uzorak, dva vijka koji fiksiraju posudu, signalne lampice, brojača okreta i startnog prekidača. U ovom radu korišten je Enrico Toniolo dezintegrator. (Slika 7.)



Slika 7. Dezintegrator

### 3.3.2. Homogenizator

Homogenizator je uređaj koji sprječava slijeganje vlaknaca celuloze radi izrade laboratorijskih listova prema ISO standardu. (Slika 8.)



Slika 8. Homogenizator

### 3.3.3. Flotacijska ćelija

Nakon procesa homogenizacije, papirna suspenzija se premješta u flotacijsku ćeliju, gdje se zatim odvija proces flotacije. (Slika 9.). Uređaj uvodi mjehuriće zraka na koje se prihvaćaju hidrofobne čestice zaostalog bojila te se na površini izlučuju u obliku pjene koja se uklanja. Da bi se povećala efikasnost *deinking* flotacije dodaju se određene kemikalije koje povećavaju hidrofobnost čestice.



Slika 9. Flotacijska ćelija

### 3.3.4. Uređaj za automatsku izradu listova

Laboratorijski listovi prije i poslije flotacije napravljeni su na automatskom uređaju za izradu papira Rapid-Kothen Sheet Machine, PTI. (Slika 10.). Na ovom se uređaju izrađuju laboratorijski listovi koji se koriste u svrhu mjerenja. Cilindar se napuni vodom do nivoa od 4 L te se u uređaj dodaje suspenzija. U trenutku kada su se suspenzija i voda ravnomjerno izmješaju uređaj ispušta višak vode kroz donji dio spremnika, a na situ zaostaju vlakanca, te se dobiva mokri formirani laboratorijski list. Na taj list stavlja se papir velike upojnosti i zatim ga se ručno odvaja od sita i stavlja u uređaj za sušenje koje traje 8 minuta.



Slika 10. Uređaj za automatsku izradu listova

### 3.3.5. Spektrofotometar

Spektrofotometar mjeri optičke karakteristike papirne pulpe i papira. Rad uređaja temelji se na rastavljanju bijelog svjetla na pojedinačne valne duljine pomoću monokromatora (prizma ili optička rešetka). Na taj način se mjeri promjena u refleksiji, zračenju ili transmisiji u intervalima, duž valnih duljina vidljivog spektra. U ovom radu koristimo Technydine Color Touch 2 spektrofotometar (Slika 11.).



Slika 11. Spektrofotometar [17]

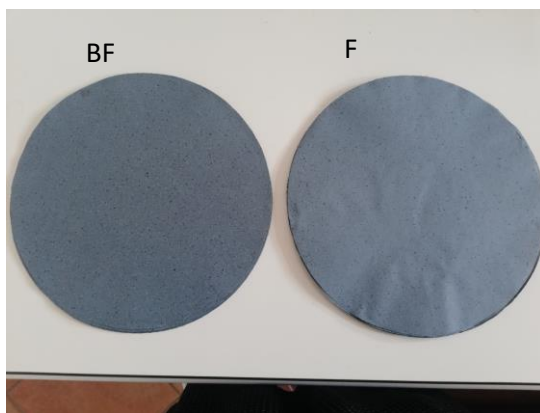
## 4. REZULTATI MJERENJA

U ovom eksperimentalnom radu odredili smo CIE L\* a\* b\*, ISO svjetlinu, CIE bjelinu, ERIC (Effective Residual Ink Concentration). Mjerenja smo proveli na Technydine Color Touch 2 spektrofotometru, prema standardnim metodama.

### 4.1. VIZUALNA EVALUACIJA I ISO SVJETLINA

#### 4.1.1. Prvo ispitivanje

Prvo recikliranje uzoraka napravljeno je na nestarenim uzorcima otisnutih igraćih karata prema Ingede 11 metodi (kemijski flotacijski deinking), a drugo po Ingede 11 metodi i adsorpcijskom deinkingu uz dodatak polipropilena Tripplen. Vrijednosti ISO svjetline navedene su u tablici 1., a vizualno su laboratorijski listovi prikazani na slikama 12. i 13.



Slika 12. Flotacijski deinking+ ingede 11 metoda



Slika 13. Adsorpcijski deinking+tipplen+ ingede 11 metoda

Tablica 14. ISO svjetlina

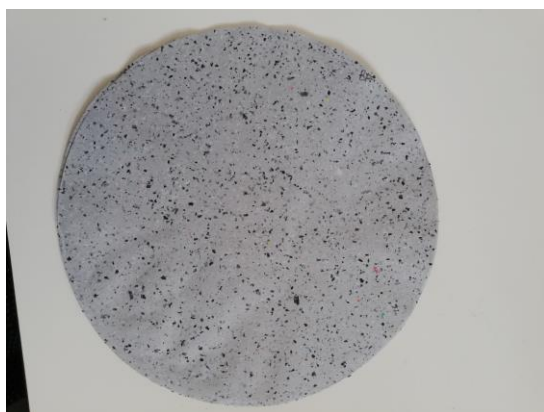
ISO Svjetlina, %		
Flotacijski deinking + ingede 11		Adsorpcijski deinking + ingede 11 + tripplen
BF	F	BF
18,152	18,554	18,836

\* BF=bez flotacije, F=sa flotacijom

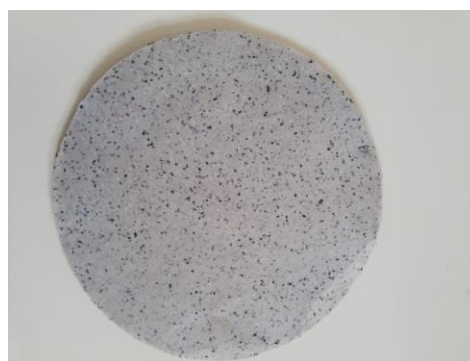
Prema dobivenim rezultatima ISO svjetline kao i prema vizualnoj evaluaciji razlika između dva laboratorijska lista nije značajna. Možemo zaključiti da polipropilen Tripplen ne utječe na svjetlinu dobivenih uzoraka. Također, vidljivo je da su uzorci jako tamne boje, što je neprihvatljivo za grafičku industriju i industriju papira općenito. Reciklirani papiri bi trebali imati puno veću vrijednost svjetline ukoliko bi se oni koristili za daljnu uporabu za različite grafičke proizvode.

#### 4.1.2. Drugo ispitivanje

Drugo preliminarno recikliranje napravljeno je uz dodatak sredstva za izbjeljivanje sa 26,6% natrijevog hipoklorita sa različitim postocima. Vrijednosti ISO svjetline navedene su u tablici 2., a vizualno smo laboratorijske listove prikazali na slikama 15., 16., 17., 18.

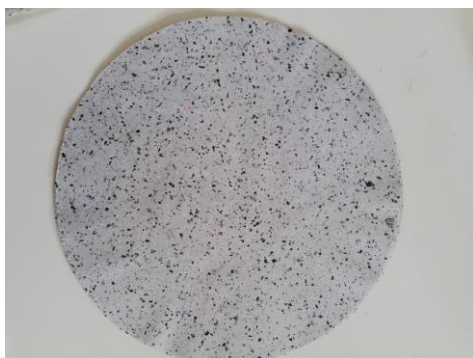


Slika 15. 0,25% sredstva za izbjeljivanje



Slika 16. 0,5% sredstva za izbjeljivanje





Slika 17. 0,75% sredstva za izbjeljivanje



Slika 18. 1% sredstva za izbjeljivanje

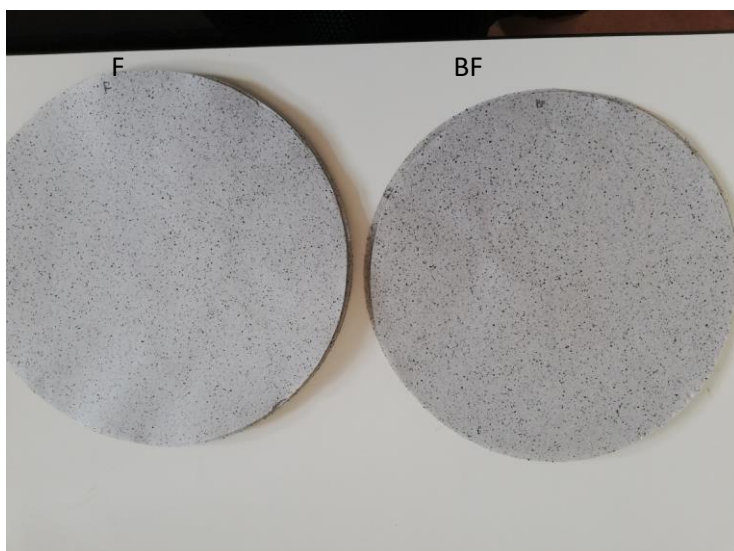
Tablica 2. ISO svjetlina

Udio sredstva za izbjeljivanje	ISO Svjetlina, %
0,25%	41,56
0,5%	47,166
0,75%	50,916
1%	51,248

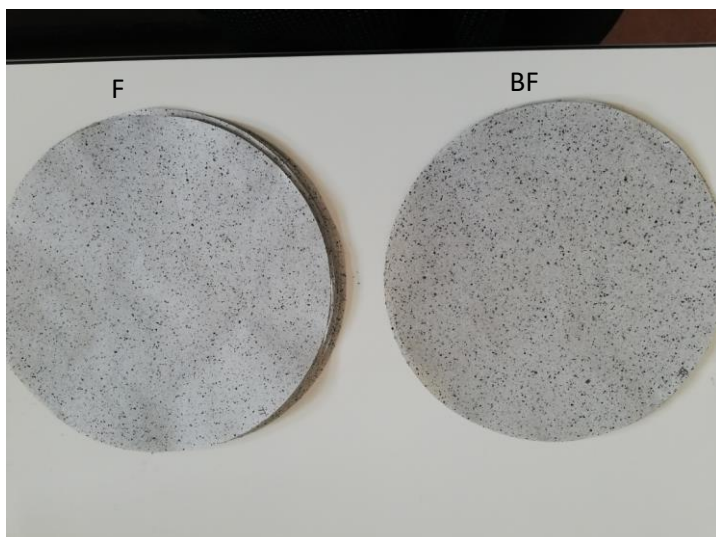
Prema dobivenim rezultatima prema vizualnoj evaluaciji razlika između dobivenih laboratorijskih listova nije značajna, ali za daljnji eksperiment odabran je udio varikine od 1%.

#### 4.1.3. Treće ispitivanje

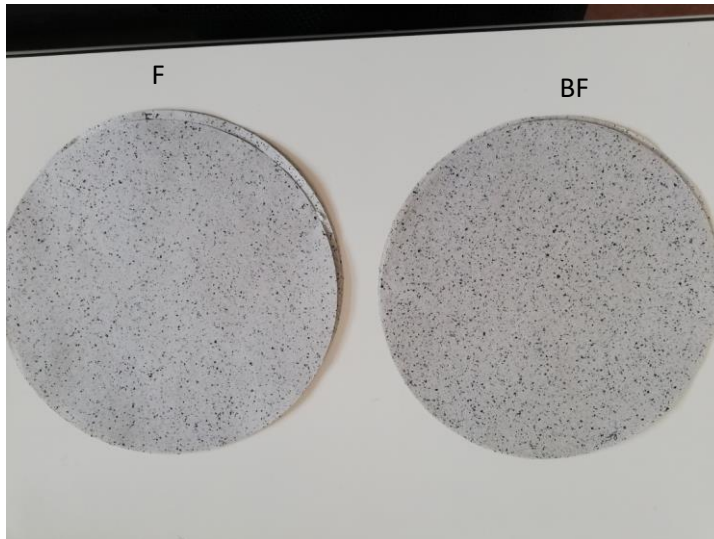
Daljnja ispitivanja mogućnosti recikliranja otisnutih nestarenih i starenih (3 dana i 9 dana) igračih karata provedeno je prema ingede 11 metodi uz dodatak 1% sredstva za izbjeljivanje. Vrijednosti ISO svjetline navedene su u tablici 3., opacitet, ERIC, L\*a\*b\* vrijednosti i slikovna analiza prikazane su tablično i grafički, a vizualno smo laboratorijske listove prikazali na slikama 19., 20., i 21.



**Slika 19. Reciklirani uorci - ne starene karte**



**Slika 20. Reciklirani uorci - 3 dana starene karte**



Slika 21. Reciklirani uorci - 9 dana starene karte

## ISO SVJETLINA

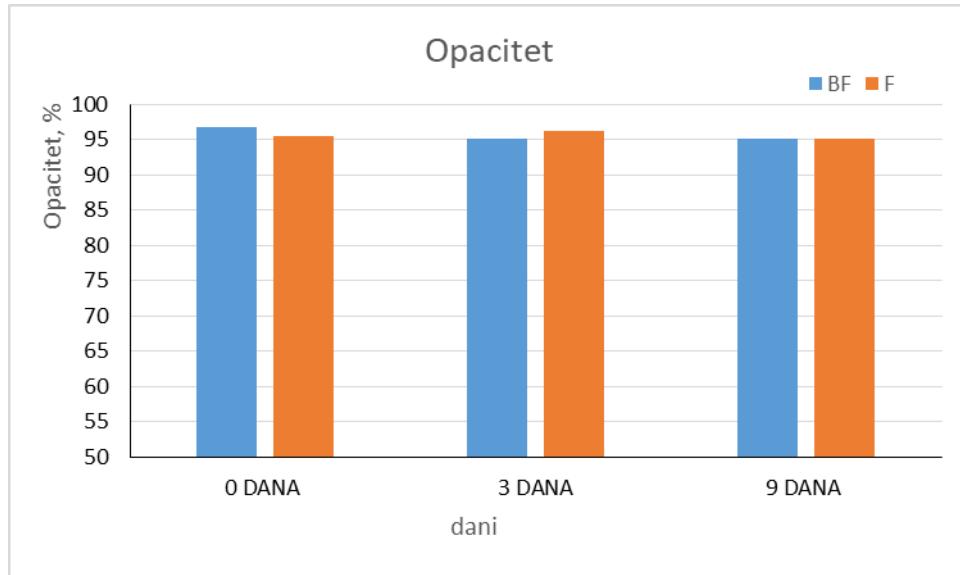
Tablica 3. ISO svjetlina

ISO svjetlina, %					
0 DANA STARENE KARTE		3 DANA STARENE KARTE		9 DANA STARENE KARTE	
BF	F	BF	F	BF	F
46,078	43,954	44,746	47,324	46,93	49,59

\* BF=bez flotacije, F=sa flotacijom

ISO svjetlina uzoraka iza deinking flotacije starenjem raste. Može se zaključiti da je izdvajanje čestica bojila veće nakon što je uzorak podvrgnut definiranim uvjetima okoliša u klima komori. Također se može konstatirati da ne dolazi do veće promjene ka žutoj boji papira, koja bi mogla značajno utjecati na svjetlinu papira i doprinijeti smanjenju njezine vrijednosti.

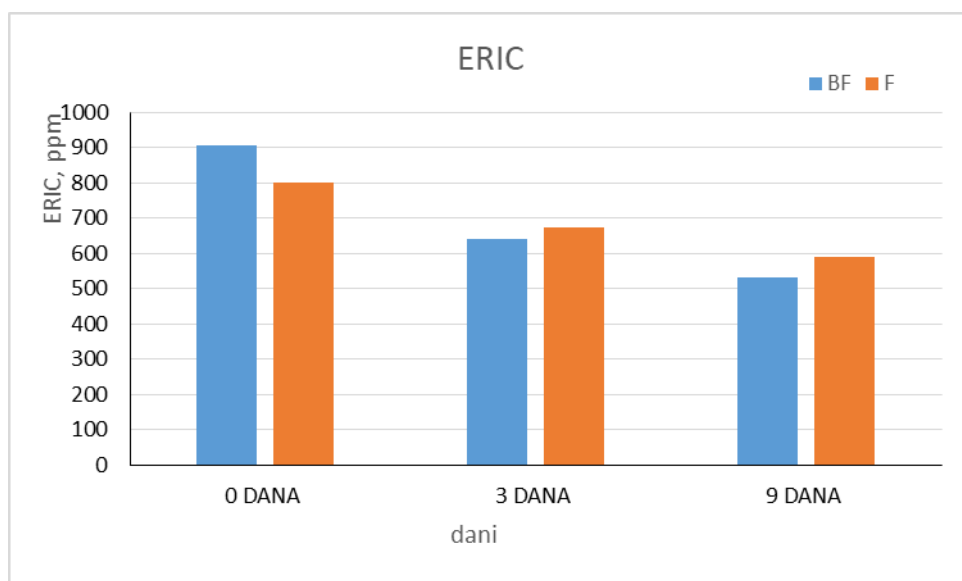
## 4.2. OPACITET



Slika 22. Opacitet uzoraka

Prema dobivenim rezultatima možemo zaključiti da starenjem papira opacitet dobivenih uzoraka se smanjuje. Moglo bi se zaključiti da proces starenja u kontroliranim uvjetima povećane vlage i temperature doprinosi procesu smanjenja količine punila u papiru. U ovom slučaju ne dolazi do značajnijih promjena pa se ne može govoriti o značajnom smanjenju kvalitete papira.

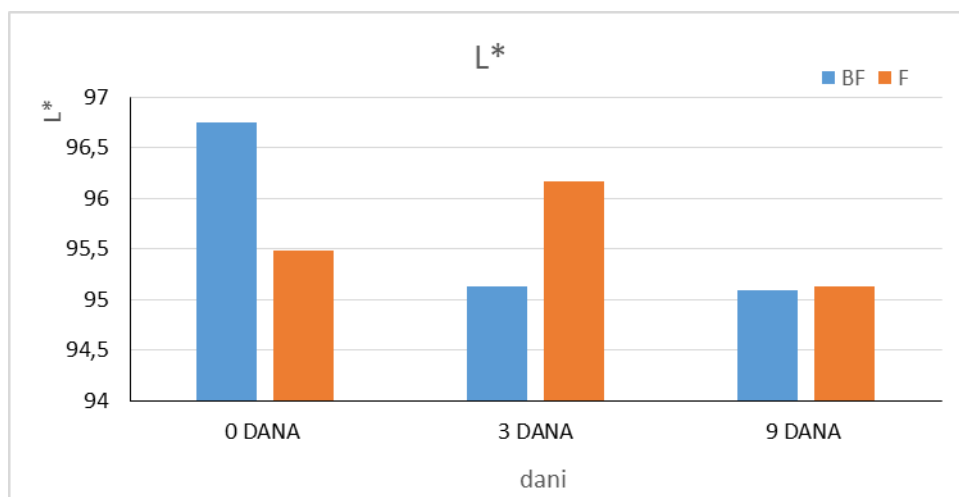
### 4.3. ERIC



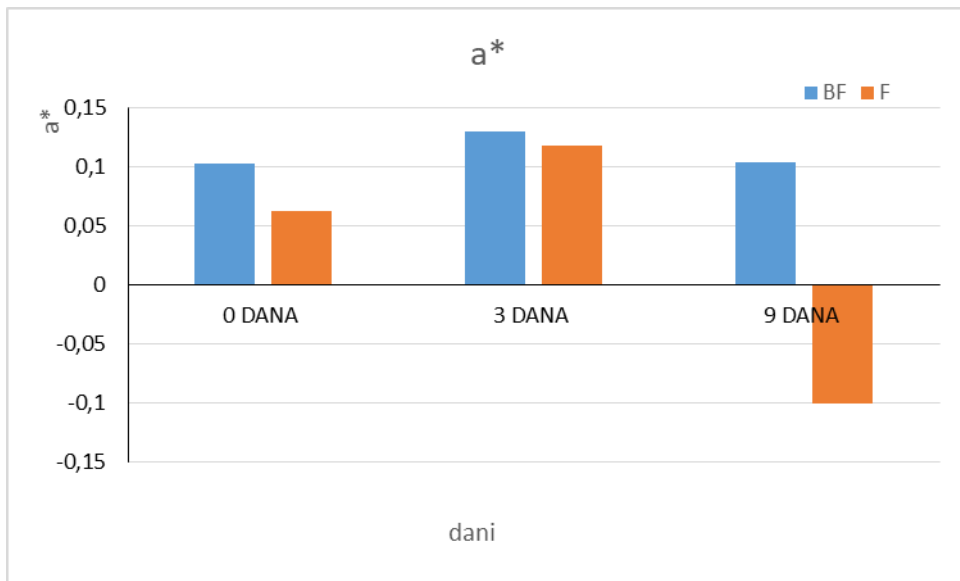
Slika 23. Grafički prikaz ERIC-a

Prema dobivenim rezultatima možemo zaključiti da starenjem papira ERIC dobivenih uzoraka opada. Stareni uzorci nakon procesa deinking flotacije imaju veću vrijednost parametra ERIC što govori da je procesom starenja došlo do fragmentacije čestica bojila. Takvih je čestica veći broj ali je njihova ukupna površina manja.

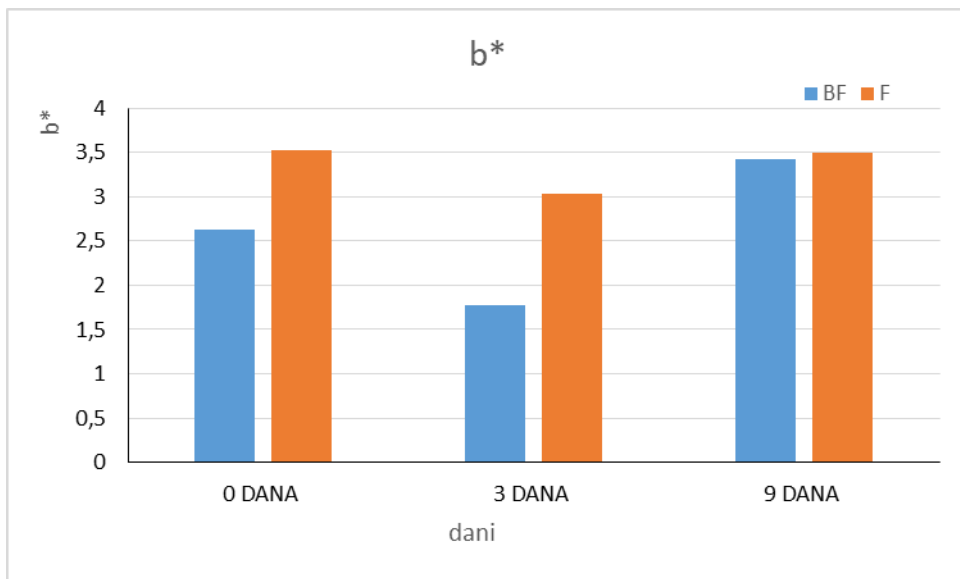
### 4.4. Kolorimetrijske karakteristike - CIE L\*a\*b\*



Slika 24. CIE L\* vrijednosti uzoraka



Slika 25. Grafički prikaz a\* vrijednosti



Slika 26. Grafički prikaz b\* vrijednosti

Prema dobivenim rezultatima možemo zaključiti da starenjem papira svjetlina dobivenih laboratorijski listova raste. Flotacijom se svjetlina također povećava. Oba dobivena rezultata poklapaju se sa rezultatima dobivenim mjerenjem ISO svjetline. Vrijednosti optičkog koeficijent  $a^*$  za ne starene i starene uzorke 3 dana nalaze se u crvenom području CIE  $L^*a^*b^*$  grafa. Vrijednosti za uzorke starene 3 dana se

povećavaju- Takav trend ne prate uzorci stareni devet dan gdje dolazi do opadanja vrijednosti te ulaska u zeleni dio spektra uzorka nakon denking flotacije.

Vrijednosti koeficijenta  $b^*$  za sve uzorke nalaze se u žutom području spektra a trend je obrnuti nego kod optičkog koeficijenta  $a^*$ , prvo vrijednost pada s starenjem pa onda raste. Žutoj boji papira pridonosi lignin u papiru čije boja postaje izraženija starenjem papira.

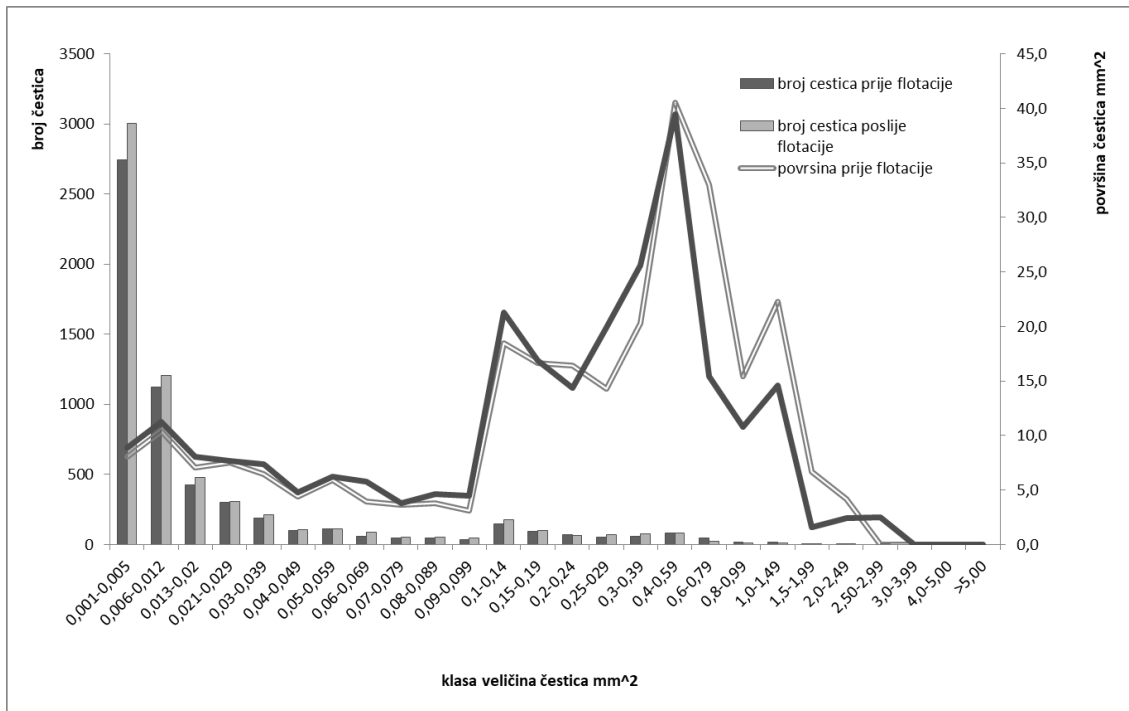
#### 4.5. SLIKOVNA ANALIZA

Tablica 4. Ukupan broj čestica

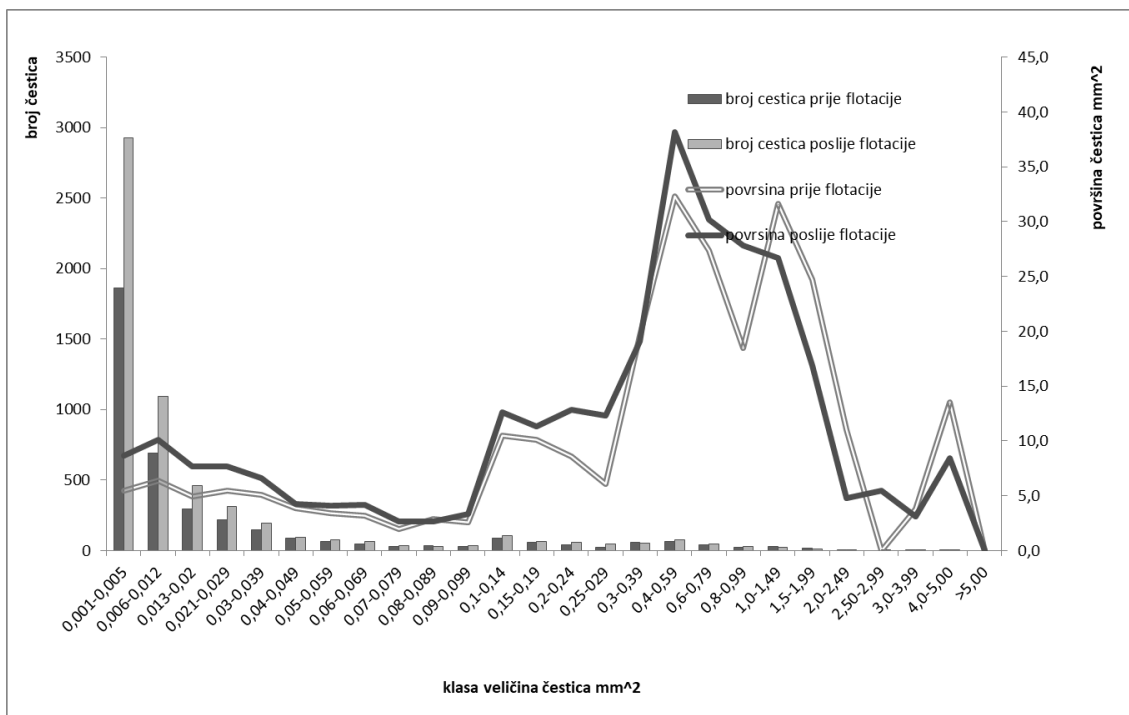
0 DANA STARENI UZORCI	BF	br.čestica	5773
		površina čestica	272,57
	F	br.čestica	6282
		površina čestica	257,648
6 DANA STARENI UZORCI	BF	br.čestica	3940
		površina čestica	262,973
	F	br.čestica	5841
		površina čestica	251,696
9 DANA STARENI UZORCI	BF	br.čestica	3386
		površina čestica	246,247
	F	br.čestica	3668
		površina čestica	243,746

\* BF=bez flotacije, F=sa flotacijom

Slikovnu smo analizu radili na uzorcima starenim 0, 3 i 9 dana. Prema dobivenim rezultatima koji su prikazani u tablici 4. možemo zaključiti da se kod uzoraka starenih 0, 3 i 9 dana broj čestica nakon flotacije povećava, a površina se čestica smanjuje.

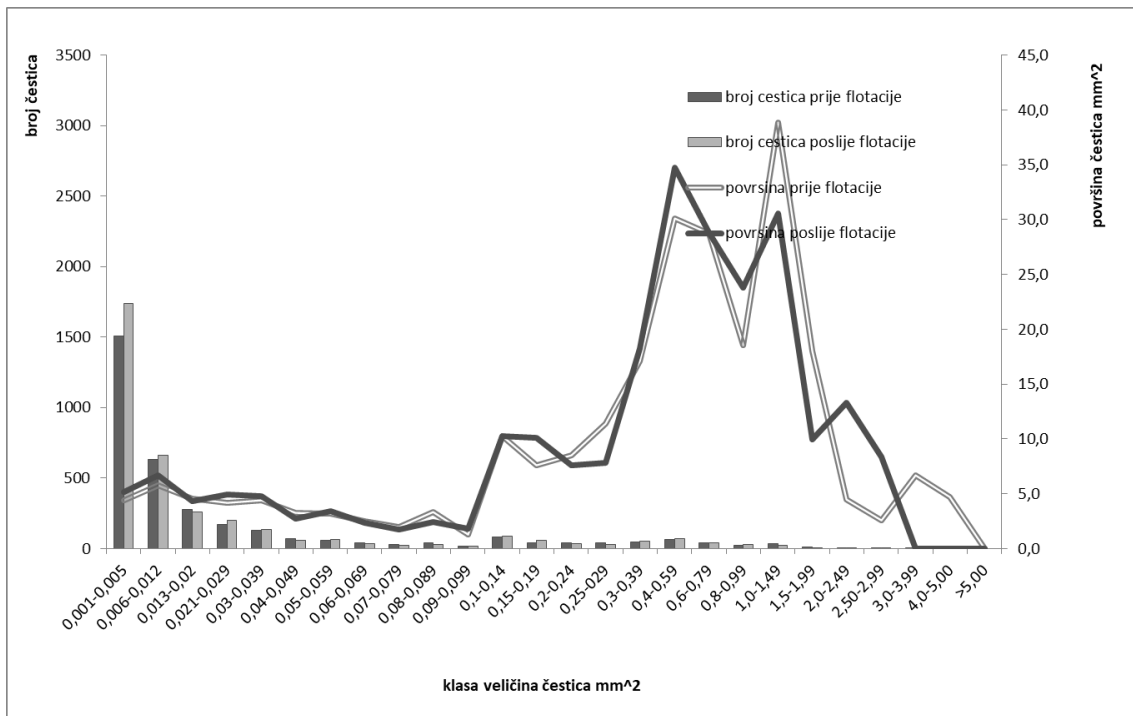


Slika 27. Slikovne analize uzoraka starenih 0 dana



Slika 28. Slikovne analize uzoraka starenih 3 dana





Slika 29. Slikovne analize uzoraka starenih 9 dana

Najveći broj čestica izmjeren je u klasama veličina do 0,04mm<sup>2</sup>. Čestice nečistoće koje se nalaze u tima klasama doprinose sivoći papira. Promatrajući klase veće od 0,04mm<sup>2</sup> vidljivo je da se mali broj čestica nalazi u njima ali je i njihova ukupna površina veća. Takve klase doprinose optičkoj ne homogenosti lista papira. Vidljivo je da u klasama sa najvećim veličinama čestica nije pronađena niti jedna čestica.

Na uzorcima koji su podvrgnuti procesu starenja a načinjeni su nakon flotacije vidljivo je da dolazi do smanjenja broja čestica u klasama manjim od 0,04 mm<sup>2</sup>. Moglo bi se zaključiti da je uspješnost izdvajanja čestica na starenim uzorcima bolja za klase čestica manje od 0,04mm<sup>2</sup> , dok se u klasama čestica većim od 0,04mm<sup>2</sup> ne vidi značajna promjena (Slike 26., 27., 28.).

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom su završnom radu ispitivana svojstva celuloznih vlakana nakon reciklaže igraćih karti. Kako bi se ispitala mogućnost recikliranja otisnutih igraćih karata, prvo je provedeno recikliranje prema standardnim uvjetima definiranim prema Ingede metodi 11 te adsorpcijski deinking. U adsorpcijskom deinkingu, dezintegracija uzoraka provedena je uz pomoć Ingede kemikalija te uz dodatak polipropilenskih granula koji je služio kao adsorbens. Prema dobivenim rezultatima ISO svjetline kao i prema vizualnoj evaluaciji razlika između dva laboratorijska lista nije značajna. Možemo zaključiti da polipropilen Tripplen ne utječe na svjetlinu dobivenih uzoraka. Također, vidljivo je da su uzorci jako tamne boje, što je neprihvatljivo za grafičku industriju i industriju papira općenito. Reciklirani papiri bi trebali imati puno veću vrijednost svjetline ukoliko bi se oni koristili za daljnu uporabu za različite grafičke proizvode. S obzirom na dobivene rezultate koji nisu bili zadovoljavajući, u proces recikliranja uveden je i proces izbjeljivanja. U proces reciklaže dodavani su različiti volumeni sredstva za izbjeljivanje i na temelju vizualne evaluacije i ISO svjetline, odabran je jedan udio sredstva za izbjeljivanje koji je dalje korišten u eksperimentu. Daljnja ispitivanja mogućnosti recikliranja otisnutih nestarenih i starenih (3 dana i 9 dana) igraćih karata provedeno je prema Ingede 11 metodi uz dodatak 1% sredstva za izbjeljivanje. Prema dobivenim rezultatima možemo zaključiti da starenjem papira ERIC i opacitet dobivenih uzoraka opada te da flotacija ne utječe značajno na vrijednost ERIC-a. Također možemo zaključiti da starenjem papira, kao i flotacijom svjetlina dobivenih laboratorijski listova raste. Iz prikazanih rezultata može se zaključiti da starenje papira utječe na svojstva celuloznih vlakana nakon procesa reciklaže.

## 6. LITERATURA

- [1] [https://en.wikipedia.org/wiki/Playing\\_card](https://en.wikipedia.org/wiki/Playing_card) -07.08.2019.
- [2] [https://en.wikipedia.org/wiki/Playing\\_card](https://en.wikipedia.org/wiki/Playing_card) -07.08.2019.
- [3] [https://en.wikipedia.org/wiki/Playing\\_card](https://en.wikipedia.org/wiki/Playing_card) -07.08.2019.
- [4] <https://www.tclavielle.com/hijacked-by-mamluks> -28.08.2019.
- [5] [https://en.wikipedia.org/wiki/Playing\\_card](https://en.wikipedia.org/wiki/Playing_card) -07.08.2019.
- [6] <http://materijali.grf.unizg.hr/media/uvodna%20vjezba%20-%20SVOJSTVA%20I%20ISPITIVANJA%20PAPIRA.pdf> -20.08.2019.
- [7] <http://materijali.grf.unizg.hr/media/8%20Proizvodnja%20papira%20na%20papir-stroju-1.pdf>
- [8] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Papirni\\_stroj](https://hr.wikipedia.org/wiki/Papirni_stroj) - 12.08.2019.
- [9] Rječnik hrvatskoga jezika. Leksikografski zavod Miroslava Krležje. Zagreb; 2001.
- [10] <https://docplayer.net/92487003-Evaluacija-prikladnosti-razli-utih-klasa-recikliranih-papira-za-izradu-zdravstveno-ispravne-prehrambene-ambalaze.html> - 12.08.2019.
- [11] [http://materijali.grf.unizg.hr/media/6.%20vjezba\\_optika.pdf](http://materijali.grf.unizg.hr/media/6.%20vjezba_optika.pdf) -28.08.2019.
- [12] [http://materijali.grf.unizg.hr/media/6.%20vjezba\\_optika.pdf](http://materijali.grf.unizg.hr/media/6.%20vjezba_optika.pdf) -28.08.2019.
- [13] International Organization of Standardization (ISO) (2008) ISO 2471:2008.Paper and board - Determination of opacity (paper backing) - Diffuse reflectance method
- [14] International Organization of Standardization (ISO) (2008) ISO 2471:2008.Paper and board - Determination of opacity (paper backing) - Diffuse reflectance method
- [15] International Organization of Standardization (ISO) (2008) ISO 2471:2008.Paper and board - Determination of opacity (paper backing) - Diffuse reflectance method
- [16] [http://www.grf.unizg.hr/wp-content/uploads/2010/09/SMP\\_KatalogOpreme\\_FINAL-WEB\\_v2.pdf](http://www.grf.unizg.hr/wp-content/uploads/2010/09/SMP_KatalogOpreme_FINAL-WEB_v2.pdf) -30.08.2019.