

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

# ZAVRŠNI RAD

Tomislav Vukelić



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

Smjer: Tehničko-tehnološki

# ZAVRŠNI RAD

**Mogućnosti uporabe kartonskih ambalažnih proizvoda**

Mentor:

prof. dr. sc. Ivana Bolanča Mirković

Student:

Tomislav Vukelić

Zagreb, 2018.

## Sadržaj:

1. UVOD.....	1
2. POVIJEST AMBALAŽE .....	2
2.1 POVIJEST OPORABE AMBALAŽE .....	3
3. MATERIJALI OD KOJIH SE IZRAĐUJE AMBALAŽA .....	4
3.1 PAPIR.....	4
3.2 KARTON.....	6
3.4 ALUMINIJ .....	8
3.5 STAKLO.....	10
3.6 LAMINIRANA AMBALAŽA .....	12
4. EKSPERIMENTALNI DIO .....	13
4.1 MATERIJALI.....	13
4.2 UREĐAJI.....	16
4.2.1 HOMOGENIZATOR.....	16
4.2.2 DEZINTEGRATOR .....	16
4.2.3 FLOTACIJSKA ČELIJA .....	17
4.2.4 UREĐAJ ZA ODVAJANJE LJEPLJIVIH ČESTICA .....	18
4.2.5 UREĐAJI ZA IZRADU LABORATORIJSKIH LISTOVA .....	19
4.2.6 SPEKTROFOTOMETAR.....	22
5. REZULTATI .....	23
5.1 SVJETLINA .....	23
5.2 ERIC .....	25
5.3 OPACITET .....	27
5.4 L a b.....	29
6. ZAKLJUČAK.....	34
7. LITERATURA .....	35

## **SAŽETAK:**

*Svi kartonski i papirni proizvodi mogu se manje ili više uspješno oporabiti, pa tako i ambalažni, kako bi se doprinjelo povećanju održivosti takvih proizvoda. Povećanje održivosti u novije vrijeme postaje imperativ u proizvodnji. U ovom završnom radu proučavati će se različiti načini uporabe ambalažnih proizvoda, te kvaliteta dobivenih vlaknaca, kako bi se mogao odrediti najuspješniji postupak u uvjetima eksperimenta. Procjena kvalitete celuloznih vlaknaca određivati će se mjerenjem svojstva kao što je svjetlina i ERIC, koji ukazuju na uspješnost odvajanja nečistoća u procesu. Dobiveni rezultati dodatno će se pojasniti mjerenjem parametra slikovne analize u odnosu na površinu i broj nečistoća na laboratorijski izrađenim listovima.*

*Ključne riječi: Oporaba, recikliranje, Kartonska ambalaža*

## 1. UVOD

Svi kartonski i papirni proizvodi mogu se manje ili više uspješno oporabiti (reciklirati). Sam proces oporabe počinje već u našim domovima, razstavljanjem i prikupljanjem otpada, nadalje se taj otpad pohranjuje u odgovarajuće kontejnere, te ka svoj red na reciklažu. Kada material dođe do tvornice, tamo se nizom procesa otklanjaju nečistoće i dolazi se ponovno do iste sirovine. Oporaba je dobra za industriju jer je povećanje održivosti u novije vrijeme imperativ u proizvodnji, ali i za ekologiju, u smislu da koristimo ponovno iste materijale, te skoro ne trebamo koristiti osnovnu sirovinu za proizvodnju istih. U ovom završnom radu proučavati će se različiti načini oporabe ambalažnih proizvoda, te kvaliteta dobivenih vlaknaca, kako bi se mogao odrediti najuspješniji postupak u uvjetima eksperimenta. Procjena kvalitete celuloznih vlaknaca određivati će se mjerenjem svojstva kao što je svjetlina i ERIC, koji ukazuju na uspješnost odvajanja nečistoća u procesu recikliranja.

## AMBALAŽA

Ambalaža (francuski *emballage*), sredstvo u koje se stavlja proizvod radi čuvanja tijekom transporta, skladištenja, rukovanja i uporabe (sanduci, kutije, bačve, vreće, staklene posude, tube i dr.). Prema namjeni ambalaža je: prijevozna, prodajna i prodajno-prijevozna. Funkcije su joj: zaštitna, distribucijska, informacijska, tehnološka, praktična, ekonomična, ekološka i dr. Prema vrsti materijala od kojega je izrađena, može biti papirnata i kartonska, kovinska, plastična, staklena, drvena, tekstilna, kompleksna. Ambalaža može biti povratna (za višekratnu uporabu), nepovratna (za jednokratnu uporabu), reciklažna (može se vraćati u preradu otpadaka). [1]

## 2. POVIJEST AMBALAŽE

Od postojanja čovjeka, postoji i potreba za hranom i vodom. U prapovijesti ljudi su konzumirali hranu na mjestu na kojemu su došli do nje i pili vodu s prirodnih izvora. Vremenom se ukazala potreba za prikupljanjem biljnih plodova i vode. Tada se čovjek susreo s onim što danas nazivamo ambalažom. Kako nema pisanih tragova, teško je reći što se sve koristilo kao prva ambalaža. Možemo pretpostaviti da je to bila ambalaža od biljaka, pruća, slame, kože, mješine životinja i sl. Puno kasnije čovjek je počeo izrađivati posude od gline, keramike, stakla i metala. Postoje dokazi da su drvene bačve (burad) za vino postojale oko 2800. godine pr.n.e. Oko 530 g. pr.n.e. znalo se za ćupove i amfore namijenjene spremanju vode, vina, ulja, te za promet i trgovinu raznom robom. Poznato je da su se staklene boce koristile u Egiptu prije više od četiri tisuće godina. U tom se razdoblju prerada tih materijala smatrala pravom umjetnošću. Intenzivniji razvoj u pogledu ambalaže uslijedio je formiranjem naselja s većim brojem stanovnika. Tada se ukazala potreba za prikupljanjem namirnica s većih udaljenosti, njihovim čuvanjem i podjelom na jednome mjestu. To je za posljedicu imalo pojavu posuda većih zapremina i početak proizvodnje ambalaže od pamučnih, a kasnije i jutenih tkanina. Prekretnicu u proizvodnji ambalaže donosi industrijska revolucija, koja se dogodila u 19. i 20. stoljeću, a to je nadmašilo cijeli dotadašnji period i sva prethodna dostignuća ljudskoga roda. Među ostalima, došlo je do revolucionarnih promjena i na području ambalažnih materijala, ambalaže, pakiranja i distribucije raznih proizvoda. Od važnijih godina treba spomenuti 1925. kada je pronađen polistiren, koji je najavio eru plastičnih masa. Razvoj proizvodnje plastičnih materijala u drugoj polovici 20. st. vrlo je dinamičan i intenzivan. Pojavom različitih ambalažnih materijala, razvijala se oprema za njihovu proizvodnju. Istovremeno je razvijana tehnologija izrade ambalaže i pakiranja proizvoda. U početku se namirnica «pakirala» tako što je potrošač donosio svoju ambalažu. Postupci «pravog» pakiranja započinju u razdoblju pojave povratne ambalaže. U današnje se vrijeme iz ekonomskih i tehničkih razloga namirnice uglavnom pakiraju u nepovratnu ambalažu. Prvu opremu za pakiranje predstavljali su jednostavni strojevi za ručno

pakiranje. Bili su malog kapaciteta, koji su bili uvjetovani vještinom samog radnika. Slijedeći korak čine poluautomatski strojevi za pakiranje. U tom se slučaju dio operacija pakiranja obavlja automatski, a dio ručno. Nakon toga dolaze automatski strojevi kod kojih se funkcija radnika svodi na osiguravanje ambalaže i robe za pakiranje. Prelazak s ručnih na poluautomatske i automatske strojeve dovodi do brže i ujednačenije proizvodnje ambalaže i pakiranja namirnica. Zahvaljujući napretku u području pakiranja namirnica, tržište namirnica osjetilo je sve prednosti suvremene pripreme proizvoda za prodaju i njihovu distribuciju. [2]

## 2.1 POVIJEST OPORABE AMBALAŽE

Oporaba (recikliranje) je izdvajanje materijala iz otpada i njegovo ponovno korištenje. Uključuje sakupljanje, izdvajanje, preradu i izradu novih proizvoda iz iskorištenih stvari ili materijala. Vrlo je važno najprije odvojiti otpad prema vrstama otpadaka. Mnoge otpadne materije mogu se ponovno iskoristiti ako su odvojeno sakupljene. U uporabu spada sve što se može ponovno iskoristiti, a da se ne baci. [3]

Još u vrijeme Platona postojali su zagovornici o ponovnom korištenju materijala, u razdobljima kada su resursi bili rijetki i teško se dolazilo do njih. Arheološka istraživanja drevnih odlagališta otpada pokazuju manje kućanske otpadke kao što su pepeo, razbijeni alati i keramika, što implicira da se više otpada reciklira zbog nedostatka materijala. U pred-industrijskim vremenima, postoji dokaz o otpadnoj bronci i ostalim metalima koji se skupljaju u Europi i rastopljeni su za trajnu ponovnu uporabu. Recikliranje papira prvi put je zabilježeno 1031. godine, kada su japanske trgovine prodavale iskorišteni papir.

U Velikoj Britaniji "dustmeni" su prikupljali prašinu i pepeo od drva i ugljena, a potom su ga počeli koristiti kao osnovni materijal koji se koristi za izradu opeke. Glavni pokretač ove vrste recikliranja bila je ekonomska prednost pribavljanja reciklirane sirovine umjesto stjecanja osnovnog materijala. Godine 1813. Benjamin Law razvio je proces pretvaranja starih krpa i vune u novi proizvod. Ovaj materijal kombinira reciklirana vlakna s vunom. [4]

### 3. MATERIJALI OD KOJIH SE IZRAĐUJE AMBALAŽA

#### 3.1 PAPIR

**Papir** (njem. Papier od lat. papyrus, papyrus od grč. *πάπυρος*: papyrus; srednjovj. lat. charta papyri, charta damascena, charta bombycina i drugo) je plošni proizvod dobiven iz vodene suspenzije biljnih vlakana na stroju s finim sitom, koje omogućuje njihovo prepletanje i oblikovanje u vrlo tanak list. Kao vrlo pogodna podloga za pisanje, zauzima važno mjesto u povijesti pismenosti čovječanstva. Papir je materijal koji se osim za pisanje upotrebljava i za crtanje, tisak, pakiranje. Proizvodi se uglavnom od drveta ili celuloze.

Papir kao podloga za pisanje, u današnjem obliku, pojavio se u Kini oko 105. godine, a do tada se u Kini pisalo na svili.

Papir se izrađivao ručno od bambusove trske, rižine slame, lika, konoplje, starih ribarskih mreža, od sirovina koje u osnovi imaju vlaknastu strukturu. Spomenuti materijali usitnjavali su se tucanjem u kamenim posudama ili mljeli s ciljem da se dobiju udrobljena sitna vlakna. Udrobljena vlakna stavljala su se u posudu, prelila vapnenom vodom i kuhala. Kuhanjem dobijena kašasta masa nalijevala se na sito, čiju su mrežicu činila vlakna od svilenih niti ili tankih štapića izrezanih od stabljika bambusa. Potresanjem sita dolazilo je do isprepletanja vlaknaca a suvišna voda cijedila se kroz sito u podmetnutu posudu sa kašastom masom. Ovim postupkom dobio se vlažan list "papira" vrlo sličan današnjoj mokroj bugaćici. Vlažan list formiran na situ pažljivo se odvojio od sita i stavljao na sušenje. Odvajanje vode iz lista obavljalo se polaganjem mokrog lista na ravnu površinu (daska, kamen, glinena ploča) i isparavanjem vode na suncu.

Osušeni list papira uranjao se zatim u ljepljivu masu dobijenu kuhanjem riže (škrob) i ponovno se sušio. Osušeni listovi poslije faze lijepljenja i sušenja slagali su se u kupove, prešali u drvenim



prešama a zatim su se pojedinačni listovi peglali na mramornoj ploči pomoću slonove kosti ili glatkog kamena. Na ovako izrađen papir moglo se vrlo dobro pisati tušem ili tintom biljnog, odnosno mineralnog porijekla. Kinezi su papir rezali u određeni format. Danas se gotovo identično, ručno proizvodi papir koji se upotrebljava za specijalne tiskalice i reprodukciju umjetničkih djela.

Dugo godina proizvodnja papira u Kini bila je strogo čuvana tajna. Tek 500 godina kasnije papir se počeo proizvoditi u Koreji, a nešto kasnije i u Japanu. Oko 750. godine Arapi su počeli proizvodnju papira iz krpa koje su mljeli u kamenim mlinovima i tako dobijali potrebna vlakanca. Daljnji postupak bio je isti kao u Kini, ali Arapi su upotrebljavali sita sa mrežicom ispletenom iz metalnih niti, a kao ljepilo koristili su škrob dobiven iz prosijanog pšeničnog brašna. Arapi su prvi počeli bojati i izrezivati papir u više određenih formata. U Europi papir se počeo proizvoditi puno kasnije, oko 1100-te godine. Prve radionice za ručnu izradu papira javile su se na Siciliji i u Valenciji. U Francuskoj u 14-om stoljeću, talijani osnivaju prve radionice. U Njemačkoj poznata je radionica iz 1390. godine.

Izumom tiskarskog stroja započinje era modernog tiskarstva koja uzrokuje znatno povećanje potrošnje papira. Počinje se polako razvijati manufaktura, odnosno manufakturna proizvodnja papira, a kao sirovine koriste se pamuk, lan, konoplja i stare krpe. Međutim, osjeća se stalni nedostatak papira zbog sve veće potrošnje i manjka osnovnih sirovina, krpa... Francuz Luis Rober 1799. godine uvodi u proizvodnju prvi parni stroj pomoću kojeg se mogla proizvoditi beskonačna papirna traka uz primjenu beskonačnog sita iz krpa kao osnovne sirovine, a nje je bilo nedovoljno da se zadovolje sve veće potrebe za papirom. Njemac Keller brušenjem drveta dobio je drvena vlakna koja su, pomiješana s krpama, davala sasvim dobru osnovnu sirovinu za izradu papira.

Na ovaj način zapravo se dobila drvenjača kao osnovna sirovina za izradu papira koja se i danas koristi za izradu novina, odnosno novinskih papira.

Godine 1870. pojavljuju se nove sirovine za izradu papira: bijeljena celuloza iz slame i natronska celuloza iz drva četinjača. Proizvodnja sulfitne celuloze iz četinjača počinje 1884. godine. Pravi tehnološki napredak za masovnu industrijsku proizvodnju papira i upotreba drveta kao baze za osnovnu sirovinu, počeo je tek u prvoj polovici dvadesetog stoljeća. [5]

### 3.2 KARTON

**Karton** je debela vrsta papira najčešće gramature od 200 do 500 g/m<sup>2</sup>. Najvećim dijelom se koristi za izradu ambalaže (40-50%) te korica knjiga, razglednica, fascikla i sličnih proizvoda.

Karton se dijeli na jednoslojni i višeslojni. Jednoslojni (još se naziva nelijepljeni ili polukarton) je karton izrađen iz jednog sloja, dok je višeslojni karton izrađen od više slojeva papira spojenih ljepljivom. Kolokvijalni naziv za višeslojne kartone se odnosi na broj slojeva (dvoslojni - dupleks, troslojni - tripleks).

Ljepenka je posebna vrsta višeslojnog kartona gramature veće od 500 g/m<sup>2</sup>. Najčešće se proizvodi od drvenjače i starog papira namatanjem i lijepljenjem (ili prešanjem) više slojeva papira. Koristi se u proizvodnji ambalaže za proizvodnu vreća, vrećica, kutija i sl. (ravna i valovita ljepenka) te u građevinarstvu kao materijal za izolaciju (bitumenska ljepenka). U tiskarstvu postoji siva i smeđa ljepenka. Siva (knjigovezačka) ljepenka se proizvodi od starog papira s dodatkom celuloze, a smeđa (kožna) od celuloze s dodatkom tekstilnih i kožnih otpadaka.

Za pripremu papirne mase kao osnovne sirovine za izradu različitih vrsta kartona koriste se vlaknasti materijali: celuloza, drvenjača, polutvorevina i reciklirani papir. U procesu pripreme pulpe za određene vrste kartona prema recepturi miješaju se i različite vrste te udjeli vlaknastog materijala. Materijali dolaze u tvornicu kartona dehidrirani, u balama ili se transportiraju u određenim formatima (celuloza), ako je tvornica izvan lokacije za izradu vlaknastog materijala. Ako su tvornice jedna uz drugu, tada se vlaknasti materijal transportira u tekućem stanju, pumpama. Da bi se mogao proizvesti karton standardne, strogo određene kvalitete, treba pripremiti odgovarajuću masu (pulpu). Postupak pripreme papirne mase podrazumijeva radne procese koji su neophodni za pripremu svih sirovina, te miješanje u homogenu masu određene gustoće. Takva je masa potom spremna za natok na stroj za proizvodnju kartona. Glavni radni procesi u fazi pripreme mase:

1. dispergiranje u vodi pomoću hidrapulpera
2. mljevenje vlaknastih sirovina do stupnja koji odgovara namjeni kartona

3. miješanje različitih vlaknastih materijala (zavisno od vrste kartona)
4. dodatak mineralnih punila u količini i kvaliteti prilagođenoj kvaliteti
5. dodatak bojila za nijansiranje ili bojenje kartona (OBA)
6. dodatak veziva za reguliranje upojnosti kartona

Ovako predobrađena vlakna miješaju se u spremnicima s određenom količinom punila, veziva i drugih dodataka, poput optičkih bjelila te se razrjeđuju na potrebnu gustoću pulpe, ovisno o željenoj gramaturi kartona. Konzistentnost (omjer vlakna i vode) se na kraju fino podešava prije nego se pumpama dovodi na natok stroja za proizvodnju kartona.

Većina današnjih strojeva za proizvodnju papira i kartona temelji se na principu Fourdrinier stroja koji koristi dugo, beskonačno sito za proizvodnju kontinuirane papirne i kartonske trake. Fourdrinier stroj je bio prvi stroj koji je proizvodio kontinuiranu papirnu traku. Prije se papir proizvodio pomoću individualnih sita, što je bio dug i mukotrpan posao.

Moderni strojevi za proizvodnju papira i kartona su ogromna postrojenja veličine od 100 do više od 300 metara duljine. To su strojevi širine 0,5 - 12 metara. Ovaj podatak ujedno govori i o širini koluta papira i kartona koji izlazi iz stroja. Veličina strojeva zavisi od kapaciteta stroja. Sve radnje stroja praćene su računalno-od ulaska vlaknastog materijala, preko miješanja raznih dodataka, kontrole parametara, do upravljanja robotiziranim alatima i strojevima. Većinom se sastoji od slijedećih ključnih dijelova i postupaka:

1. dio za formiranje slojeva kartona
2. dio za prešanje
3. dio za sušenje
4. površinsko keljenje
5. kalandriranje (glačanje)
6. premazivanje
7. kalandriranje i poliranje
8. namotavanje i rezanje role
9. mjerenje i kontrola

## 10. strojno glačanje (MG ili Yankee cilindar) [6]

Komercijalne kartonske kutije (jedinične kutije) su kutije u kojima se nalazi primarno pakiranje lijeka. Njihova je uloga da dodatno štite proizvod, osiguravaju identifikaciju, omogućavaju prezentaciju proizvoda, a mogu pružati i zaštitu od krivotvorenja i neovlaštenog otvaranja. Izrađuju se od različitih kartona i luksuzne su opreme. Oblik i veličina kutije ovise o veličini, obliku i broju jediničnih pakiranja koji se u nju pakiraju (blistera, bočica, ampula, tuba...). Proizvode se od papirnih sirovina koje mogu na lice primiti kvalitetan tisak. To su višeslojni kromo-kartoni, uglavnom Kromopak čije se gramature kreću od 300 od 400g/m<sup>2</sup>. Kromopak spada u grupaciju GC2 kartona koji sadrže celulozu, drvenjaču, sekundarna celulozna vlakna te imaju tri premaza s gornje strane i jedan premaz s poledine. Osnovna karakteristika im je vrlo dobra kvaliteta, visoka bjelina, vrlo dobar sjaj tiska i lakiranja te omogućuju direktan kontakt sa prehrambenim proizvodima. Slika 2. OTC lijekovi Farmaceutska industrija svoje proizvode dijeli na: lijekove koji se izdaju na recept (receptni - Rx) i lijekove koji se izdaju bez recepta (bezreceptni -OTC) pa je i složenost tiska (broj boja, preganje, korištenje folija, specijalnih kartona i sl.) uvjetovana tom podjelom. [7]

## 3.4 ALUMINIJ

Lim je metalni poluproizvod razmjerno male debljine, od kojega se mnogobrojnim postupcima obrade (savijanjem, rezanjem, izbijanjem, spajanjem, dubokim vučenjem, tiskanjem i dr.) proizvode najrazličitiji predmeti, od kovanog novca i konzerve, do parnoga kotla i broda. Proizvodi se obradom duktilnih i deformabilnih metala (čelika, bakra, olova), a prodaje u pravokutnim pločama različitih veličina ili u trakama namotanima na kolute. Već u antičko doba koristile su se metalne boce-ambalaža. Suvremena limena ambalaža pojavila se u Francuskoj 1795. godine, kada je trebalo riješiti opskrbljivanje hranom Napoleonove vojske. Rješenje je pronašao Nickolas Appert koji je otkrio metodu konzerviranja hrane zagrijavanjem u zatvorenoj limenoj posudi. Godine 1810. u Engleskoj Peter Durand patentirao je limenu konzervu, a 1813. godine počela je proizvodnja za britansku vojsku. Materijal od koje se izrađivala tadašnja limena

ambalaža bio je čelični lim presvučen kositrom. Metalne tube za slikarska bojila proizvode se od 1841. godine, a za pastu za zube od 1890. godine. Aluminijske folije pojavljuju se 1910. godine, ali kao ambalaža koriste se tek od sredine dvadesetog stoljeća. Količina limene ambalaže, slično i ukupnoj količini ambalaže u svijetu, stalno se povećava. Misli se da je udio limene ambalaže u svijetu oko 17%. Na ambalažne materijale utječu nove konstrukcije ambalaže, nove tehnologije obrade materijala, ali i ekonomski i ekološki razlozi. Postoji mišljenje da je budućnost limenoj ambalaži u ovim pogledima vrlo sigurna. Limenke se danas proizvode od tri dijela ili od dva dijela. Trodijelna limenka sastoji se od dna, plašta i poklopca. Tisak ili etiketa smještaju se na plašt limenke. Limenke se najviše koriste u prehrambenoj industriji, ali postoje i u drugim masovnim proizvodnjama, na primjer u pakiranju motornih ulja ili nekih drugih tekućina. Postoji i ambalaža koja nije toliko masovna, npr. ambalaža za neka kozmetička sredstva, za lijekove, suvenire, skupe cigare i sl. Najosjetljivija je proizvodnja limenki za prehrambenu i farmaceutsku industriju. Za to se obično koristi bijeli lim koji se mora lakirati s unutarnje i vanjske strane. Bijeli lim je željezni lim presvučen iznimno tankim slojem kositra (0,00025 mm). Dvodijelna limenka sastoji se od poklopca i tijela limenke koje je izrađeno u jednom dijelu sa dnom. Dvodijelne limenke rade se od aluminijske, bijelog lima ili željeza. Limenke od bijelog lima ili aluminijske mogu se za pakiranje nekih proizvoda koristiti bez unutrašnjeg oslojavanja, to je bitno za pakiranje prehrambenih proizvoda jer se limenke namjenjene tim proizvodima najčešće iznutra zaštićuju lakom ili plastičnim slojem. Limeni poklopci izrađuju se, osim za metalne posude, i za staklene posude, kao npr. tegle za kompot, povrće ili pekmez, ali i za staklene i plastične boce za pivo, vino, vodu itd. Još jedna vrsta limene ambalaže jesu tube. One su nekad bile isključivo limena ambalaža od bijelog lima, iznutra zaštićene lakom, a izvana otisnute bojom te zatim lakirane. Danas se tube najčešće proizvode od plastike ili aluminijske, a koriste se u industriji higijenskih potrepština, u farmaceutskoj i prehrambenoj industriji, industriji maziva, bojila, u kozmetičkoj industriji itd. Tuba se sastoji od cilindra, grla cilindra i poklopca tube. Ostala metalna ambalaža, npr. boce za sprejeve ili limenke s grlom za piće, razlikuju se od tuba i limenki u oblikovanju grla na poklopcu zbog specifičnog načina punjenja, zatvaranja i korištenja. Da bi se pojeftinila proizvodnja, a ujedno zadovoljili sve stroži ekološki standardi, konstantno se radi na razvoju novih materijala. Umjesto lima sve se više uvode laminati u kojima je debljina metala svedena na minimum (oko 0,1 mm). Tiskarska bojila za tisak na limene podloge prilagođena su za otiskivanje na neupojne podloge načinom na koji se suše. To su najčešće bojila

koja se suše vrućim zrakom i UV bojila. Ista stvar je i s premazima koji se nanose na limenu ambalažu. Bojila i premazi koji tokom sušenja otpuštaju organska otapala jako zagađuju okoliš. Zato iz takvih tekućina trebaju biti uklonjene i zbrinute komponente koje isparavaju ili hlape. Ovo se ne događa kod upotrebe UV bojila i premaza, ali pri njihovom sušenju UV zrake stvaraju ozon koji je jako oksidacijsko sredstvo. Isto tako, otapala za pranje strojeva koji koriste UV bojila i lakove su agresivna za ljudsko zdravlje. [9]

### 3.5 STAKLO

**Staklo** je uglavnom amorfni silicijev dioksid. Zbog svojih karakteristika da je relativno čvrsto, inertno, prozirno i biološki neaktivno, ima vrlo široku upotrebu u današnjem vremenu

Staklo je materijal koji se ne nalazi u prirodi. Iako poznato i korišteno od davnina i danas je nezamjenjiv materijal u svakodnevnom životu. Staklo se dobiva taljenjem osnovnih sirovina: kvarcnog pijeska, sode i vapnenca. Čisti silicijev dioksid ima talište na 1700°C te bi bilo jako neekonomično taliti ga na toj temperaturi. Osnovnim sirovinama dodaje se i stakleni krš (oko 30%), jer ima niže talište od osnovnih sirovina, pa povećava brzinu staljivanja (taljenja). Time se uštedi oko 32% energije. Staklo se upotrebljava u mnogim područjima:

građevinarstvu, prehrambenoj i elektroničkoj industriji, za izradu instrumenata i ukrasnih predmeta, itd. Iako se staklo proizvodilo od vremena starih Sumerana i Egipćana, bilo je skupocjeno do početka 20. stoljeća, dok Michael Owens nije izumio stroj za automatsku proizvodnju, nakon čega se široko upotrebljava.

Osim osnovnih sirovina, u proizvodnji stakla često se upotrebljavaju i sredstva za bojanje. To su najčešće metalni oksidi ili karbonati. Primjerice: kobaltno staklo je plave boje jer sadrži kobaltov (II) oksid (CoO), zelena boja boce je od željezova (III) oksida (koji je crvenkaste boje), a smeđa boja od barijeva oksida (koji je žute boje).

**Obično staklo** upotrebljava se za izradu prozorskih stakala, zatim kao staklo za ogledala i razno stakleno posuđe. Sastav mu približno određuje formula  $\text{Na}_2\text{O} \times \text{CaO} \times 6 \text{SiO}_2$ . Takvo prozorsko staklo koristi se od 18. stoljeća.

**Kristalno staklo** je najpoznatije i dobije se ako se kalcijev oksid djelomično zamjeni olovnim (II) oksidom (PbO). Teško olovno staklo ima veliki indeks loma svjetlosti, pa se koristi za izradu leća, kristalnih čaša, vaza i drugog.

**Vatrostalno** (natrijevo borosilikatno) staklo koristi se u kemijskom laboratoriju, neosjetljivo na promjene temperature i kemijske reagense.

**Kvarcno** je staklo otporno na brze promjene temperature, a izrađeno je od čistog silicijeva dioksida. Upotrebljava se za izradu kemijskog pribora koji mora podnijeti nagle promjene temperature (npr. lončići koji su otporni na brze promjene temperature), a kako propušta ultraljubičasto zračenje, upotrebljava se i u kvarcnim svjetiljkama. Napravljeno je od čistog SiO<sub>2</sub>.

[10]

Staklo je tvrdo i vrlo rezistentno na gotovo sve kemijske agense. Zato se kao materijal koristi za pakiranje visokokvalitetnih proizvoda (vino, alkoholna pića, kozmetika).

Nedostaci stakla su njegova težina i mogućnost da ga se relativno lako razbije. Ima vrlo veliku prozirnost, pogodno je za bojenje u masi, može se otiskivati i na njega mogu biti aplicirane razne etikete ili dodaci. Staklena ambalaža ne propušta vodenu paru i plinove te je otporna na unutarnji pritisak. Zbog velike kemijske postojanosti i inertnosti (netoksičnosti), staklena ambalaža se može koristiti za pakiranje svih vrsta namirnica ali i mnogih drugih proizvoda. Kod staklene ambalaže nema migracijskih procesa pa je zato dobra kao prehrambena ambalaža. Opća tehnološka shema proizvodnje svih vrsta staklene ambalaže može se prikazati u sljedećim fazama: priprema sirovina, transport homogenizirane smjese sirovina do staklarske peći i njeno taljenje, proces dovodenja na temperaturu i viskoznost pogodnu za oblikovanje, proces oblikovanja, proces odhlađivanja, kontrola kvalitete staklene ambalaže, pakiranje i skladištenje. Stakleni lom (reciklirano staklo) dodaje se zbog ekološko-ekonomskog aspekta proizvodnje jer svaki kilogram staklenog loma zamjenjuje oko 1,2 kg smjese sirovine. Uobičajeno je da se stakleni lom dodaje 25-80% i više od ukupnih sirovina. Uporabom velikih količina staklenog loma ujedno se poboljšavaju sva svojstva stakla i smanjuje se emisija plinova SO<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub>, a za taljenje staklenog loma potrebno je manje energije nego za taljenje primarne sirovine. Time se značajno pridonosi recikliranju staklene ambalaže te zaštititi okoliša. [11]

### 3.6 LAMINIRANA AMBALAŽA

Laminati su vrste ambalažnih materijala slojevite strukture. Ambalažni materijali slojevite strukture na presjeku imaju točno definirane slojeve od različitih materijala. Oni mogu biti izrađeni od više polimernih materijala i tada se nazivaju višeslojnim polimernim materijalima, ili mogu biti izrađeni od polimernih materijala i nekog drugog ambalažnog materijala (papira, kartona ili aluminijska) i tada se nazivaju kombiniranim ambalažnim materijalima. Ambalažni materijali slojevite strukture dijele se na: folije, trake i ploče. Podjela je izvršena na temelju debljine, kao i kod polimernih monomaterijala, samo se pod folijama podrazumijevaju materijali debljine do 400  $\mu\text{m}$ . Proizvodnja materijala slojevite strukture uvjetovana je potrebom poboljšanja svojstava homogenih materijala namijenjenih za pakiranje. Kombinacijom različitih monomaterijala (papir, aluminijska folija, celulozni film, poliesterski film itd.) dobiju se laminati željenih svojstava za čuvanje određenih proizvoda. Primjenom takvih ambalažnih materijala osigurava se bolja zaštita, postižu se značajniji ekonomski učinci, a mogu se utvrditi i prednosti s aspekta zaštite okoliša. Višeslojni polimerni ambalažni materijali se proizvode postupcima koekstrudiranja, ekstruzijskog oslojavanja i kaširanja, a višeslojni kombinirani materijali se dobivaju postupcima ekstruzijskog oslojavanja, kaširanja, silikonizacije i imetalizacije. Lakiranjem i tiskanjem se poboljšavaju barijerna svojstva i postižu bolji vizualni učinci. Polimerna i kombinirana ambalaža se najviše koriste za pakiranje prehrambenih proizvoda, ali i za mnoge druge proizvode (kozmetičke, farmaceutske, opće namjene...). Razlozi tome leže u dobroj kvaliteti i relativno niskoj cijeni po jedinici upakiranog sadržaja. Uz to, ta se ambalaža koristi i zbog svoje ekološke prihvatljivosti koja se može vidjeti u sveobuhvatnom sagledavanju utjecaja ambalaže na okoliš, u čitavom životnom ciklusu, počevši od faze korištenja sirovina, a ne samo u fazi odbačene ambalaže. [11]



## 4. EKSPERIMENTALNI DIO

U ovom završnom radu proučavati će se različiti načini uporabe kartonskih ambalažnih proizvoda te kvaliteta dobivenih vlaknaca, kako bi se mogao odrediti najuspješniji postupak u uvjetima eksperimenta. Metoda koja se koristi je INGEDE. Optička svojstva koja mjerimo su opacitet, svijetlna, ERIC, Lab.

### 4.1 MATERIJALI

U ovom završnom radu korišten je Krompak karton sa i bez otiska (Slika 1 i 2). 100 g uzorka narezan je na jednake djelove, te stavljen na dezintegraciju (20min) s 2L vode, Nakon dezintegracije, suspenzija je razrijeđena s još 10L vode u homogenizatoru. Volumen suspenzije potreban za izradu laboratorijskih listova bio je od 200-800mL.

U T1 I T2 uzorku su korištene ove kemikalije: 5%-tni natrijev hidroksid NaOH, natrijev silikat  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , 10%-tni vodikov peroksid  $\text{H}_2\text{O}_2$  i površinski aktivne tvari. Natrijev hidroksid, natrijev silikat i vodikov peroksid služe za bijeljenje celuloznih vlaknaca suspenzije, a površinski aktivne tvari pomažu hidrofobnom sastavnom dijelu bojila da se energijski odvoji od čvrste vlaknaste površine i rasprši u hidrofilnoj vodenoj okolini.



Slika 1. Podloga bez otiska

LEGENDA:

**T<sub>1</sub>A**- nelaminirana krompak podloga bez otiska (Slika 1.) - homogenizacija (buchner, automatski stroj za izradu listova)

**T<sub>1</sub>A<sub>1</sub>**-nelaminirana krompak podloga sa otiskom homogenizacija (buchner, automatski stroj za izradu listova)

**T<sub>1</sub>B**-nelaminirana podloga bez otiska–Uređaj za odvajanje ljepljivih čestica-(buchener, automatski stroj za izradu listova, ručni stroj za izradu listova)

**T<sub>1</sub>B<sub>1</sub>**- nelaminirana podloga sa otiskom–Uređaj za odvajanje ljepljivih čestica-(buchener, automatski stroj za izradu listova, ručni stroj za izradu listova)

**T<sub>2</sub>A**-nelaminirana krompak podloga, bez tiska-Homogenizacija (buchner, automatski stroj za izradu listova, ručni stroj za izradu listova)

**T<sub>2</sub>A<sub>1</sub>**-nelaminirana podloga, sa tiskom-Homogenizacija (buchner, automatski stroj za izradu listova, ručni stroj za izradu listova)

**T<sub>2</sub>B**- nelaminirana podloga, bez tiska- Flotacija (buchner, automatski stroj za izradu listova, ručni stroj za izradu listova)

**T<sub>2</sub>B<sub>1</sub>**- nelaminirana podloga, sa tiskom- Flotacija (buchner, automatski stroj za izradu listova, ručni stroj za izradu listova)

**T<sub>2</sub>C**- nelaminirana podloga bez tiska, list od pjene

**T<sub>2</sub>C<sub>1</sub>**- nelaminirana podloga sa tiskom, list od pjene

**T<sub>2</sub>D**- nelaminirana podloga bez tiska – uređaj za odvajanje ljepljivih čestica (buchner, automatski stroj za izradu laboratiotijskih listova)

**T<sub>2</sub>D<sub>1</sub>**- nelaminirana podloga sa tiskom- uređaj za odvajanje ljepljivih čestica (buchner, automatski stroj za izradu laboratiotijskih listova)

**T<sub>2</sub>E**- nelaminirana podloga bez tiska -dekantiranje

**T<sub>2</sub>E<sub>1</sub>**- nelaminirana podloga sa tiskom, dekantiranje

**T<sub>3</sub>A**- nelaminirana podgloda bez tiska, Homogenizacija (buchner, automatski stroj za izradu listova)

**T<sub>3</sub>A<sub>1</sub>**- nelaminirana podloga sa tiskom, Homogenizacija (buchner, automatski stroj za izradu listova)

**T<sub>3</sub>B**- nelaminirana podloga bez tiska, list od pjene (buchner, automatski stroj za izradu listova, ručni stroj za izradu listova)

**T<sub>3</sub>B<sub>1</sub>**- nelaminirana podloga bez tiska, list od pjene (buchner, automatski stroj za izradu listova, ručni stroj za izradu listova)

**T<sub>3</sub>C**- nelaminirana podloga bez tiska, Poslije flotacije (buchner, automatski stroj za izradu listova, ručni stroj za izradu listova)

**T<sub>3</sub>C<sub>1</sub>**- nelaminirana podloga bez tiska, Poslije flotacije (buchner, automatski stroj za izradu listova, ručni stroj za izradu listova)

## 4.2 UREĐAJI

### 4.2.1 HOMOGENIZATOR

Homogenizator (Slika 2.) je uređaj za homogeniziranje papirne pulpe, on sprječava da sva pulpa ne padne na dno tako što se propeler koji je fiksiran na osovini konstantno vrti, on služi kako bi se što preciznije izradili laboratorijski listovi prema ISO standardu. [12]



Slika 2. Homogenizator

### 4.2.2 DEZINTEGRATOR

Dezintegrator (Slika 3.) je uređaj koji stvara papirnu pulpu, tj. suspenziju celuloznih vlaknaca u vodi. Sastoji se od posude u koju se stavlja uzorak, vijaka za fiksiranje posude, elektromotora

koji pokreće mješalicu, brojača okretaja, glavnog prekidača, signalne lampice i startnog prekidača. U dezintegrator se stavlja uzorak papira, koji je prethodno usitnjen na komadiće veličine otprilike 2x2 cm<sup>2</sup>, vode te kemikalije deinkinga. [12]



Slika 3. Dezintegrator

#### 4.2.3 FLOTACIJSKA ČELIJA

Nakon homogenizacije, suspenzija se premješta u flotacijsku ćeliju, gdje se odvija proces flotacije. Flotacijska ćelija je uređaj koji u celuloznu suspenziju uvodi mjehuriće zraka na koje se prihvaćaju hidrofobne čestice bojila te se izlučuju u obliku pjene koja se uklanja. (slika 4). Kemikalije koje se dodaju, povećavaju hidrofobnost čestica bojila u celuloznoj suspenziji, čime se utječe na efikasnost deinking flotacije. [12]



Slika 4. Flotacijska ćelija

#### 4.2.4 UREĐAJ ZA ODVAJANJE LJEPLJIVIH ČESTICA

“Uređaj za uklanjanje ljepljivih čestica (Slika 5.) služi za izdvajanje ljepljivih čestica, bojila, ljepila, pijeska, metala i ostalih nečistoća koje se mogu naći nakon životnog vijeka u ambalaži. Uz dotok vode i vibracijom sita odvajaju se fine čestice kroz sito, dok ljepljive čestice ostaju na situ. Iz velikog volumena papirne suspenzije male koncentracije, celulozna vlakanca se odvajaju postupkom dekantiranja. Uređaj se sastoji od gornjeg dijela napravljen od aluminija u koji stavljamo pulpu i dolijevamo vodu. Dijafragma komora koju pokreće electromotor sa ekscentričnim mehanizmom te uzrokuje pokretanje membrane gore-dolje pri čemu ona djeluje kao pumpa. Membrana ima oscilaciju od 3.2 mm sito od nehrđajućeg čelika koje se sastoji od 756 utora, veličine svakog pojedinog 0.15 x 45 mm. Kroz sito prolaze samo najfinije čestice manjeg promjera od veličine samog otvora sita. Odabir vrste i količine kemikalije deinkinga izravno utječe na efikasnost samog procesa.” [13]



Slika 5. Uređaj za uklanjanje ljepljivih čestica

## 4.2.5 UREĐAJI ZA IZRADU LABORATORIJSKIH LISTOVA

### RAPID KOTHEN (AUTOMATSKI STROJ ZA IZRADU LABORATORIJSKIH LISTOVA)

Papir se u proizvodnom procesu u tvornicama izrađuje u velikim dugim trakama, dok uređaj za automatsku izradu laboratorijskog lista kao što mu i samo ime govori, služi za izradu laboratorijskih listova koji se koriste u svrhu istraživanja. Dijelovi uređaja (Slika 6.): osnova uređaja je plastificirani okvir od nehrđajućeg čelika s čije gornje strane je radna površina na kojoj se nalaze: kontrolna ploča, uređaj za sušenje papira, sito od nehrđajućeg čelika, akrilni spremnik. Unutar stola se nalazi vakum pumpa. Uz uređaj se zasebno nalazi i kompresor [13]. Uređaj za automatsku izradu laboratorijskog lista papira. Način uporabe: otvori se ventil za vodu te uključiti kompresor i sam uređaj. Pričekati da se sušač ugrije na  $92^{\circ}\text{C}$  i upali se pumpa. Nivo vode na pokazivaču mora biti minimalno 2L, a način rada na prekidaču mora biti okrenut na 0 što je automatski način rada. Stavi se sito, spusti spremnik i učvrsti. Pritisne se tipka START, kada voda dosegne volumen od 4 L doda se potrebna količina suspenzije pulpe. Kod volumena od 7 L komprimirani zrak izlazi i homogenizira suspenziju. Nakon što mjehurići zraka izađu iz suspenzije ispušta se voda. Na sito na kojem se nalazi mokri laboratorijski list, stavlja se okrugli upojni papir okrenut sa glatkom stranom prema dolje. Preko tako složenih listova prelazi se sa valjkom na način sredina-lijevo-desno-sredina (ISO 5269-2). Tada se okrene sito i lupi po gumenoj podlozi. Na mokri list sa druge strane se stavlja manji zaštitni papir. Iz sušača se izvadi zaštitni papir i stavi se laboratorijski list tako da veći upojni papir bude prema dolje. Namjesti se vrijeme sušenja između 7-12 28 minuta i stisne se START. Obavezno kontrolirati: temperaturu  $93 \pm 2^{\circ}\text{C}$  i tlak između -0,9 I – 1,0 bara. Sušenje je gotovo sa zvučnim signalom. Tada se povlači crna ručica kako bi se izjednačili tlakovi i pustio zrak. Otvori se poklopac i izvadi laboratorijski list, poklopac se zatim odmah zatvori. Nakon sušenja se odvoji upojni i zaštitni papir od laboratorijskog lista. Pričeka se nekoliko minuta prije izrade sljedećeg lista zbog pumpe. Sito se treba obavezno oprati nakon svake izrade lista pod mlazom vode držeći ga ukoso kako ga mlaz vode ne bi oštetio. [12]



Slika 6. Automatski stroj za izradu laboratorijskih listova

## UREĐAJ ZA RUČNU IZRADU PAPIRA

Uređaj za ručnu izradu papira (Slika 7.) je spojen na odvod te se sastoji od kadice, stola, sustava za navodnjavanje, metalne kutije na kojoj je sito. Kroz sustav za navodnjavanje i preko sita prelazi voda, kada se metalni dio napuni vodom do pola, ulije se suspenzija. Kada se metalni dio napuni skoro do kraja vodom, povlači se ručkica koja otvara odvod te se isušuje sva voda iz metalnog dijela, nakon što se osuši metalni dio, na situ ostaju vlaknca. Radi ispitivanja, vlaknca su prebačena na upojni papir, kako bi kasnije mogla biti karakterizirana.





Slika 7. Ručni stroj za izradu listova

## BÜCHNEROV LJEVAK

Büchnerov ljevak (Slika 8.) se koristi za filtraciju uz filter-papir. Standardno je izrađen od porculana, a na tržištu su dostupni stakleni i plastični. Posjeduje ravno, rupičasto, porculansko dno ili ravnu ploču od sinteriranog stakla. Na njega se stavlja mokri filter-papir tako da mu pokriva sve rupice, ali tako da ne dira stijenke ljevka. Büchnerov ljevak stavlja se na Büchnerovu tikvicu i učvršćuje pomoću gumenog nastavka. U tikvici se pomoću pumpe ili sisaljke osigurava vakum koji pospješuje filtraciju. [12]



Slika 8. Buchnerov ljevak

#### 4.2.6 SPEKTROFOTOMETAR

Spektrofotometar je uređaj koji mjeri promjene u refleksiji (Slika 9), transmisiji ili zračenju, u intervalima, duž valnih duljina vidljivog dijela spektra. Kao rezultat mjerenja faktora refleksije ili transmisije u pojedinim valnim područjima (intervalima) dobiva se spektrofotometrijska krivulja. Prilikom određivanja boja najčešće se primjenjuju spektrofotometrijske krivulje u valnom području od 400 nm do 700 nm.

Ovaj uređaj radi na principu monokromatora, a monokromator je prizma ili optička rešetka. U ovom radu korišten je Technidyne Color Touch 2. Spektrofotometrom pmoću kojeg je izmjerena ISO svjetlina (ISO 2470), ERIC, opacitet (ISO 2471) I kolorimetrijske karakteristike  $L^*a^*b^*$ . [12]



Slika 9. Spektrofotometar- Technidyne Color Touch 2

## 5. REZULTATI

### 5.1 SVJETLINA

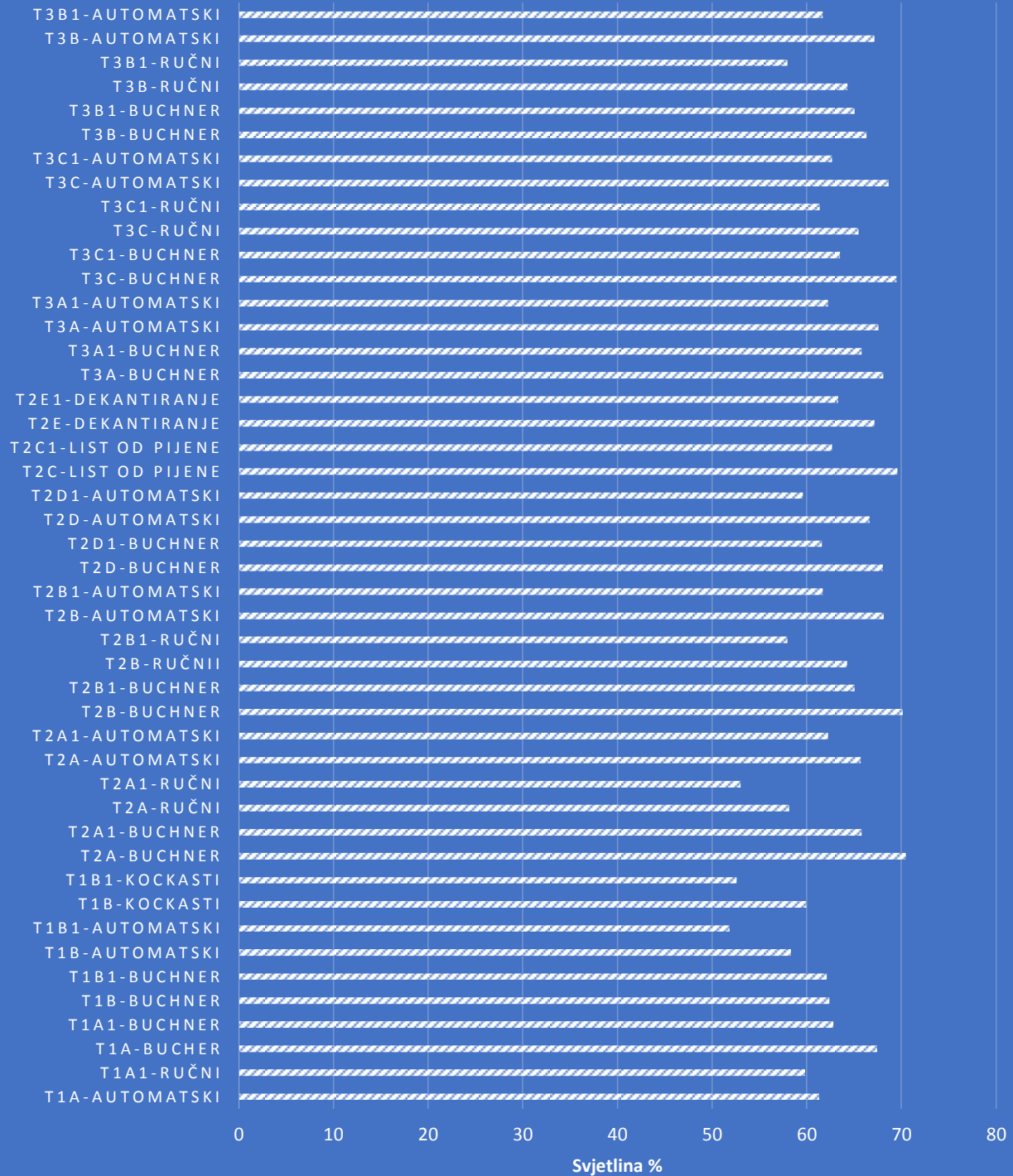
ISO svjetlina definira se kao omjer stupnja refleksije difuznog plavog svjetla ( $\lambda=457$  nm) s površine neprozirnog uzorka papira (list papira u snopu) prema stupnju refleksije idealnog reflektirajućeg tijela. ISO svjetlina izmjerena je na svim uzorcima. [12]

Mjerenja nam pokazuju da uzorci koji su tretirani s kemikalijama imaju bolja svojstva svjetline od onih koji nisu tretirani s kemikalijama. Razlika između otisnutih i ne otisnutih uzorka nisu velike. To nam govori da su metode bile uspješne, najuspješnij proces je bio process flotacije, listovi su bili napravljeni na automatskom stroju za izradu listova. Najlošija svojstva nam pokazuje uzorak koji je izrađen poslije procesa homogenizacije na ručnom stroju za izradu listova.

Rezultat i usporedba mjerenja uzoraka prikazana je na grafu koji slijedi (Slika 10.) Iz grafa je vidljivo da otisnuti uzorci imaju manju svjetlinu od neotisnutih uzoraka, ali je također vidljivo da se postupkom odvanja čestica svjetlina povećava. Iz rezultata je vidljivo kada se uspoređuju vrste izrade laboratorijskih listova da je većinom najveća svjetlina kod izrade uzorka na Buchnerovom lijevku. Zbog najveće gramature takog lista može se zaključiti da su čestice bojila prekrivne vlakancima celulze.

# SVJETLINA

SVJETLINA



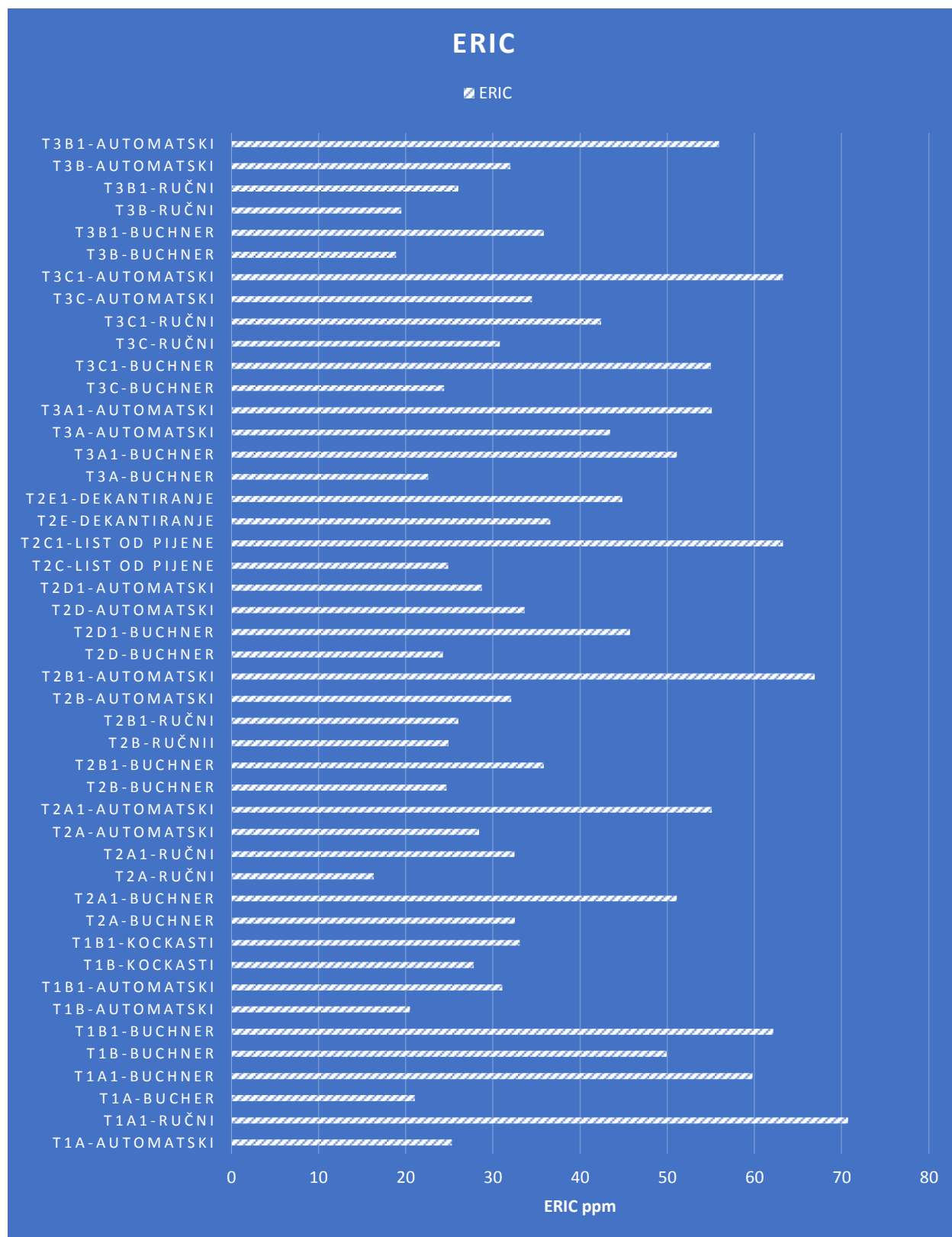
Slika 10. Svjetlina

## 5.2 ERIC

ERIC vrijednost (eng.: *Effective Residual Ink Concentration*) je efektivna koncentracija zaostalog bojila u papiru. Iz ovog mjerenja može se vidjeti uspješnost deinking flotacije. [12]

Eric nam je parameter koji nam pokazuje koliko je ostalo zaostalog bojila u papiru. Rezultati pokazuju da je najviše bojila ostalo nakon procesa homogenizacije i to na laboratorijskim listovima izrađenim na automatskom stroju, nadalje, najuspješniji proces odvajanja zaostalog bojila u papiru je bio ona nakon procesa flotacije. Uzorak je izrađen na ručnom stroju za izradu papira. Razlika između otisnute i neotisnute podloge nisu vrlo velike, što nam ukazuje da je recikliranje bilo uspješno.

ERIC vrijednosti izmjerene su na svim uzorcima, rezultati sljede iz grafa (Slika 11.) Iz rezultata je vidljivo da su najveće vrijednosti na listovima koji su izrađene na struju za automatsku izradu listova. U jednoj fazi izrade tavih listova je faza propuhivanja suspenzije sa mjehurićima zraka radi homogenizacije te se nakon izrede uzorak valja u svim smjerovima, sve to može doprinjeti da se čestice ravnomjerno raspoređuju uzorkom odnosno većoj ERIC vrijednosti. Iz grafa je dobro vidljivo da je odvanje čestica bojila uspješno.



Slika 11. ERIC

### 5.3 OPACITET

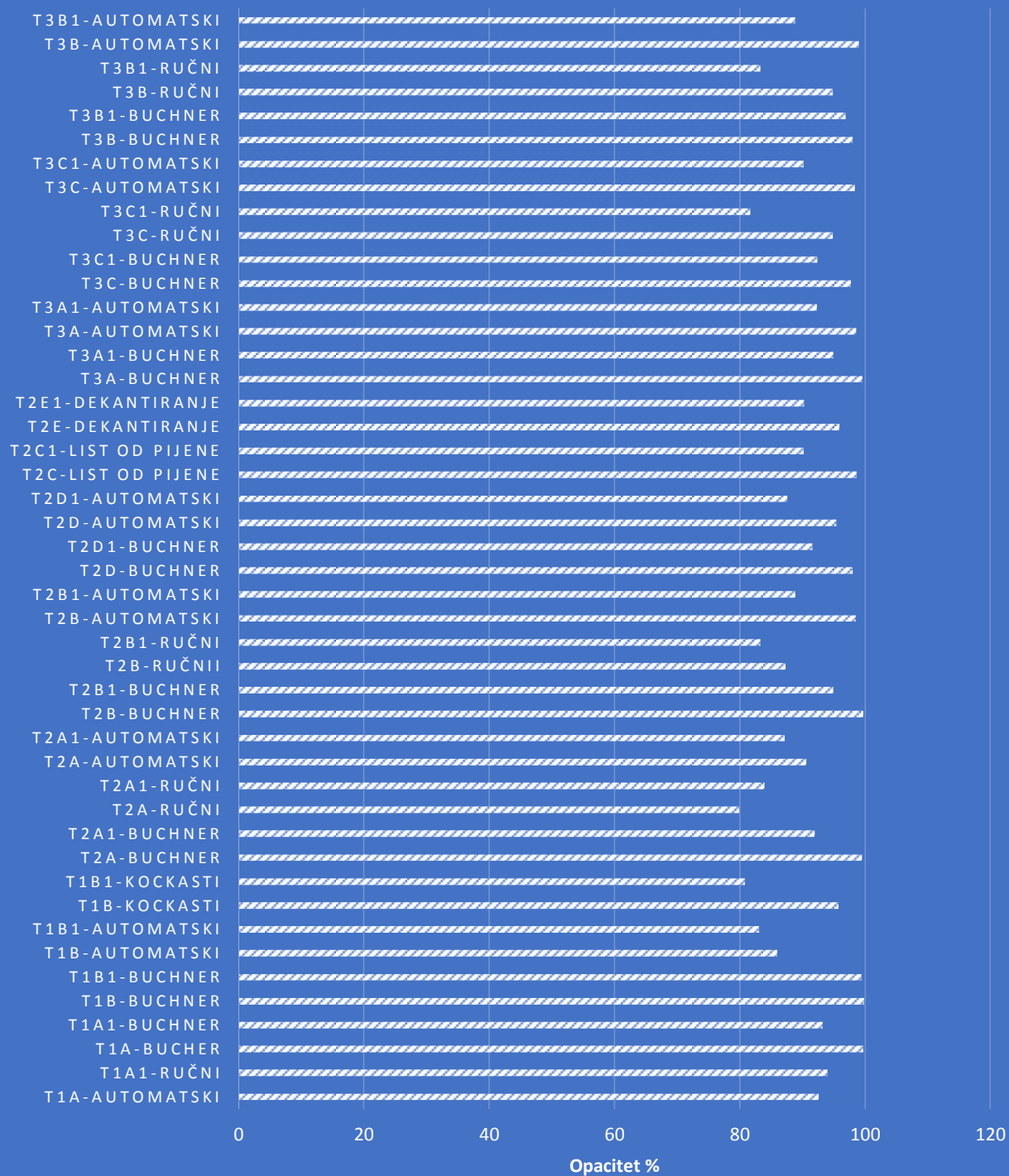
Opacitet je mjera za nepropusnost svjetla. Određuje se odnosom stupnja refleksije pojedinog lista papira iznad crne podloge prema stupnju refleksije istog lista u snopu (snop istovrsnih papira mora biti toliki da ne može proći svjetlo). [12]

Opacitet je parameter koji pokazuje koliko papir propušta svjetlo. Mjerenjima su dobiveni opadajući rezultati za taj parameter. Vrijednosti za neotisnuti papir su blizu 100, zato što su uzorci bili prevelike gramature, pa nije bilo moguće ispitati taj parametar u potpunosti. Razlike između neotisnute podloge i otisnute nisu velike, najveću razliku između uzoraka uočavamo na laboratorijskim listovima nakon procesa flotacije, gdje se opacitet znatno smanjio, listovi su bili izrađeni na automatskom stroju za izradu listova (Raphit Kothen). Ovo ponašanje se može opisati gubitkom punila tijekom procesa flotacije koji najviše doprinose opacitetu papira. Vrijednosti opaciteta filter padova dobivenih na Buchnerovom lijevku su najveći, i to zbog njihove gramature (225 g/m<sup>2</sup>) za razliku od listova dobivenih na automatskom uređaju koji imaju znatno manju gramaturu (45 g/m<sup>2</sup>).

Rezultati i usporedba mjerenja uzorka prikazana je na grafu koji slijedi (Slika 12.) Opacite je za listove izrađene na Buchner uređaju najveća ali to se moglo i očekivati jer je gramatura takvog uzorka najveća. Nakon procesa flotacije dolazi do smanjenja opaciteta što se može tumačiti izdvajanjem celuloznih vlakanca, ta pojava nije velikih razmjera. Takvo ponašanje se može tumačiti tiskovanom podlogom koja sadraži određenu količinu recikliranih vlakanca dobre kvalitete.

# OPACITET

OPACITET



Slika 12. Opacitet

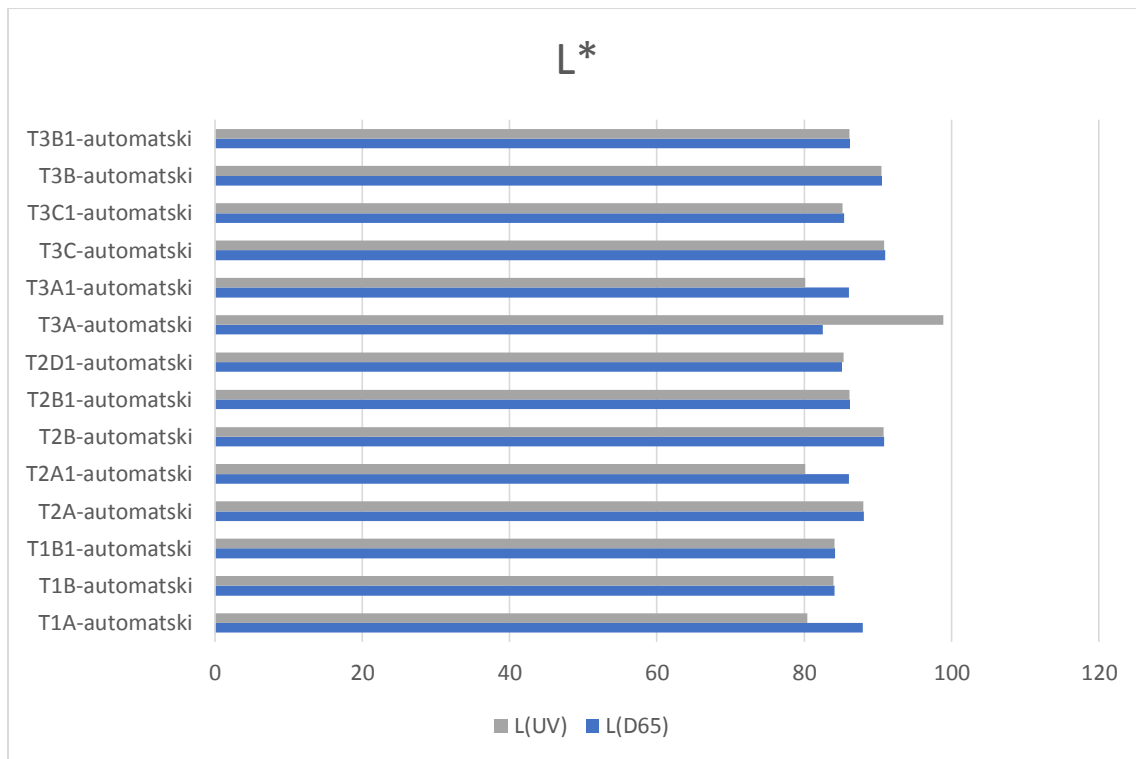


## 5.4 L a b

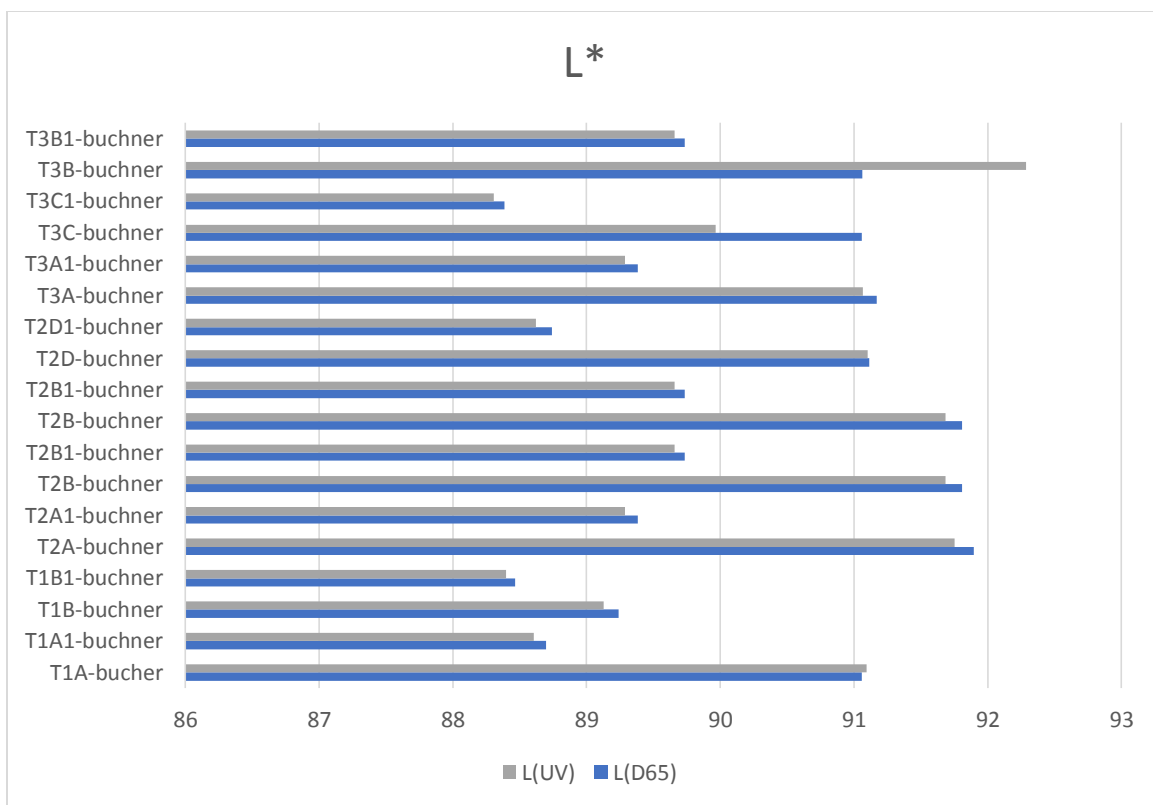
CIE  $L^*a^*b^*$  sustav je uniformni, trodimenzionalni model prikazivanja boja, čije se koordinate dovode u vezu s psihičkim karakteristikama boje i odgovaraju teoriji suprotnih boja: svjetlo - tamno, crveno - zeleno i žuto - plavo. Oznaka  $L^*$  ima vrijednosti od nula do sto (nula predstavlja crno, a sto bijelo). Oznaka  $a^*$  predstavlja crveno - zelenu koordinatu, a oznaka  $b^*$  žuto - plavu koordinatu, obje mogu poprimiti pozitivne i negativne vrijednosti. Sve tri karakteristike  $L^*a^*b^*$  izmjerene su na svim uzorcima. [12]

Razlika između parameta  $L^*a^*b^*$  nije velika. Najuspješniji proces je bio onaj nakon homogenizacije, uzorci su bili izrađeni na Büchnerovom lijevku, vidljivo je da su najlošiji rezultati dobiveni na uzorcima listova izrađenim nauređaju za odljepljivanje ljepljivih čestica, uzorci su bili izrađeni na Büchnerovom lijevku.

Iz grafa je vidljivo da nakon odvajanja čestica bojila vrijednost  $L$  se smanjuje, što je uskladu s rezultatima dobivenim za svjetlinu gdje vrijednosti rastu (Slika 13).

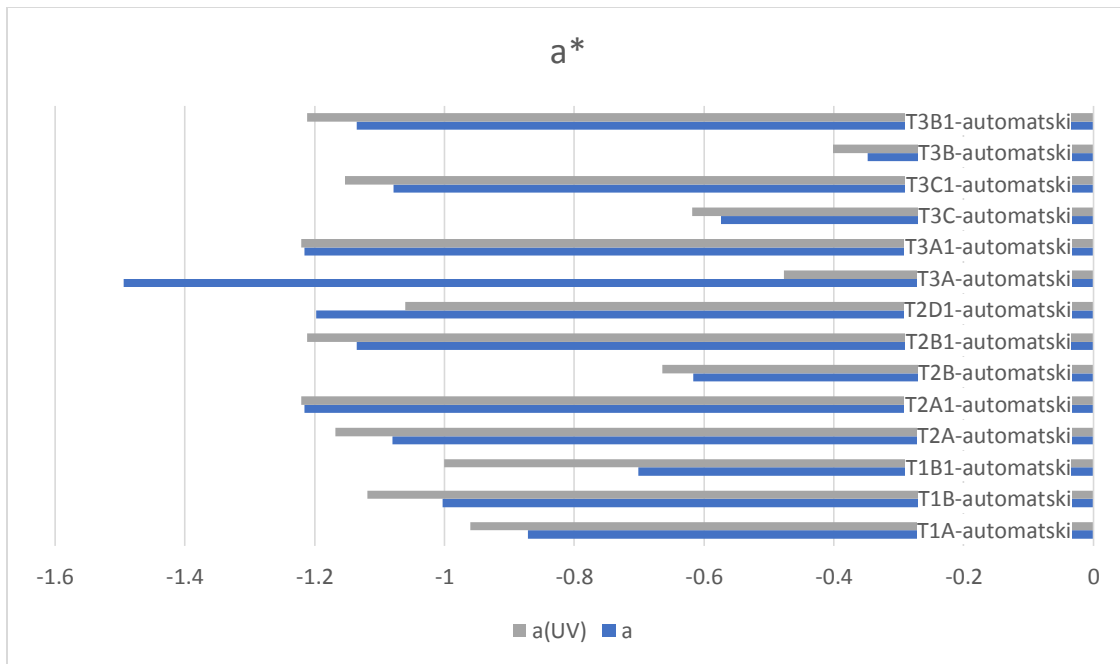


Slika 13. Grafički prikaz koeficijenta  $L^*$  (Automatski stroj za izradu laboratorijskih listova)



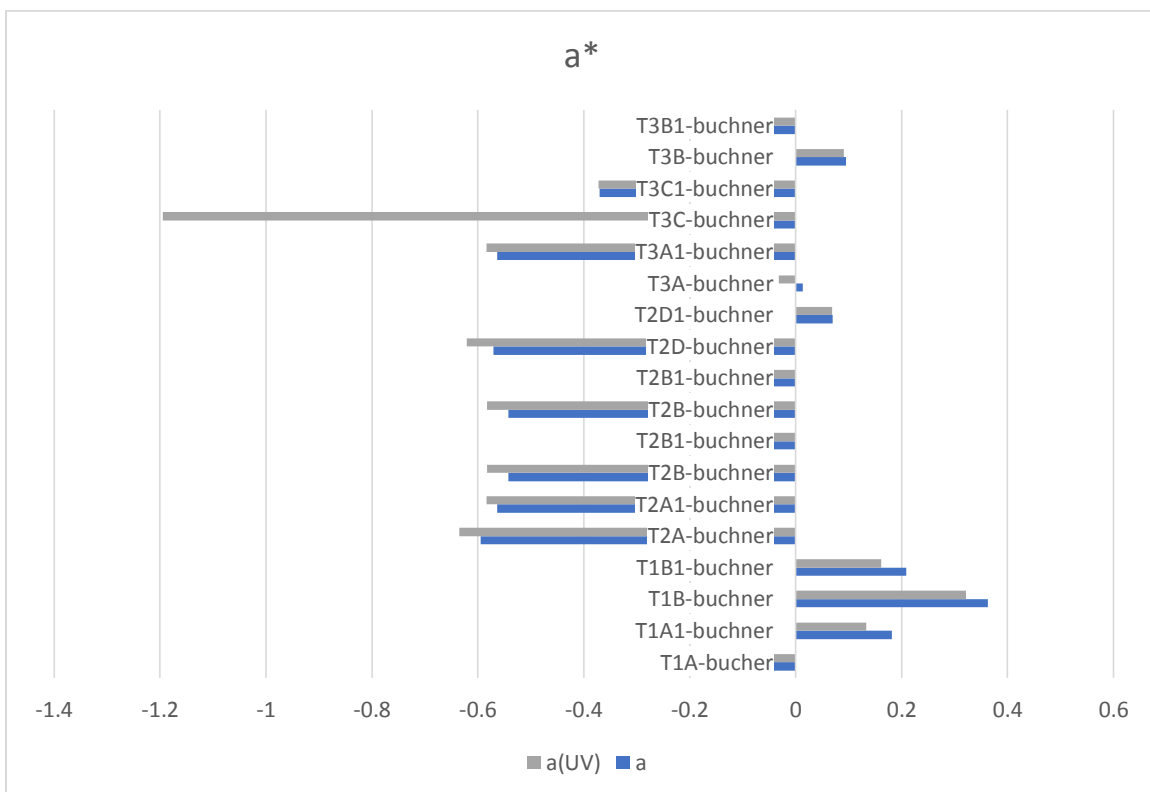
Slika 14. Grafički prikaz koeficijenta  $L^*$  (Buchnerov Lijevak)

Uzorci izrađeni na Buchnerovom lijevku slijede trend onih izrađenih na stroju za automatsku izradu.



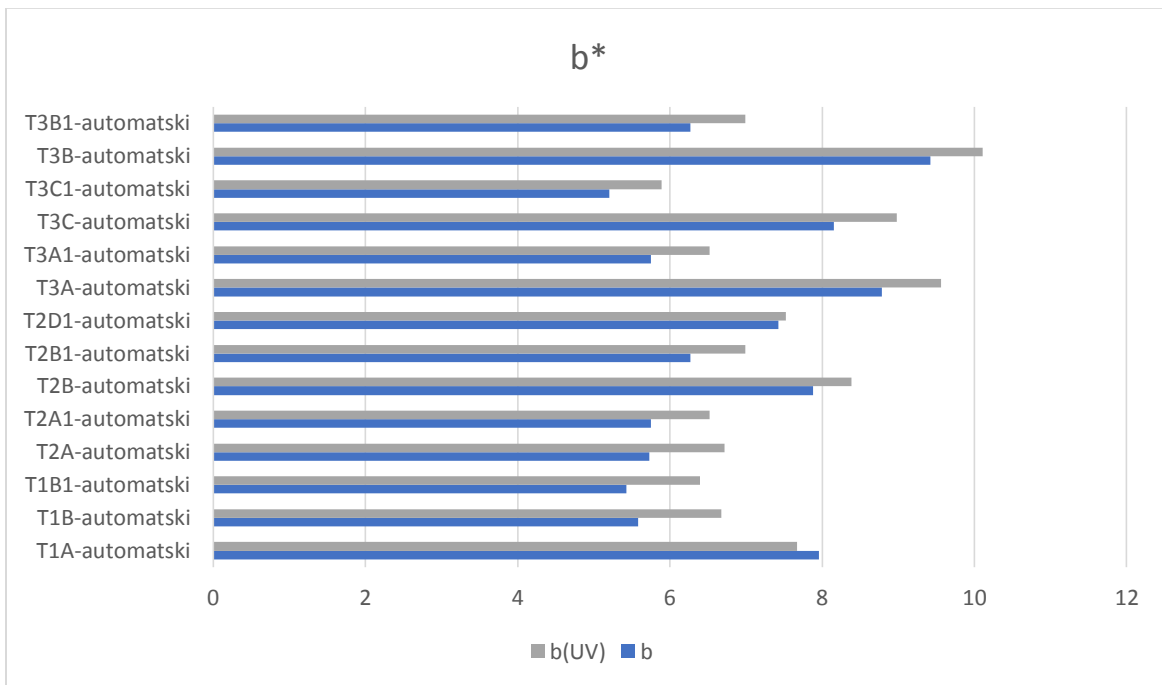
Slika 15. Grafički prikaz koeficijenta a\* (Automatski stroj za izradu laboratorijskih listova)

Slika 15 pokazuje veću vrijednost kromatskog koeficijenta a\* za neotisnute uzorke ali sama vrijednost koeficijenta a poprima male vrijednosti uopće pa se može zaključiti da se nalaze u balgo zelenom području.



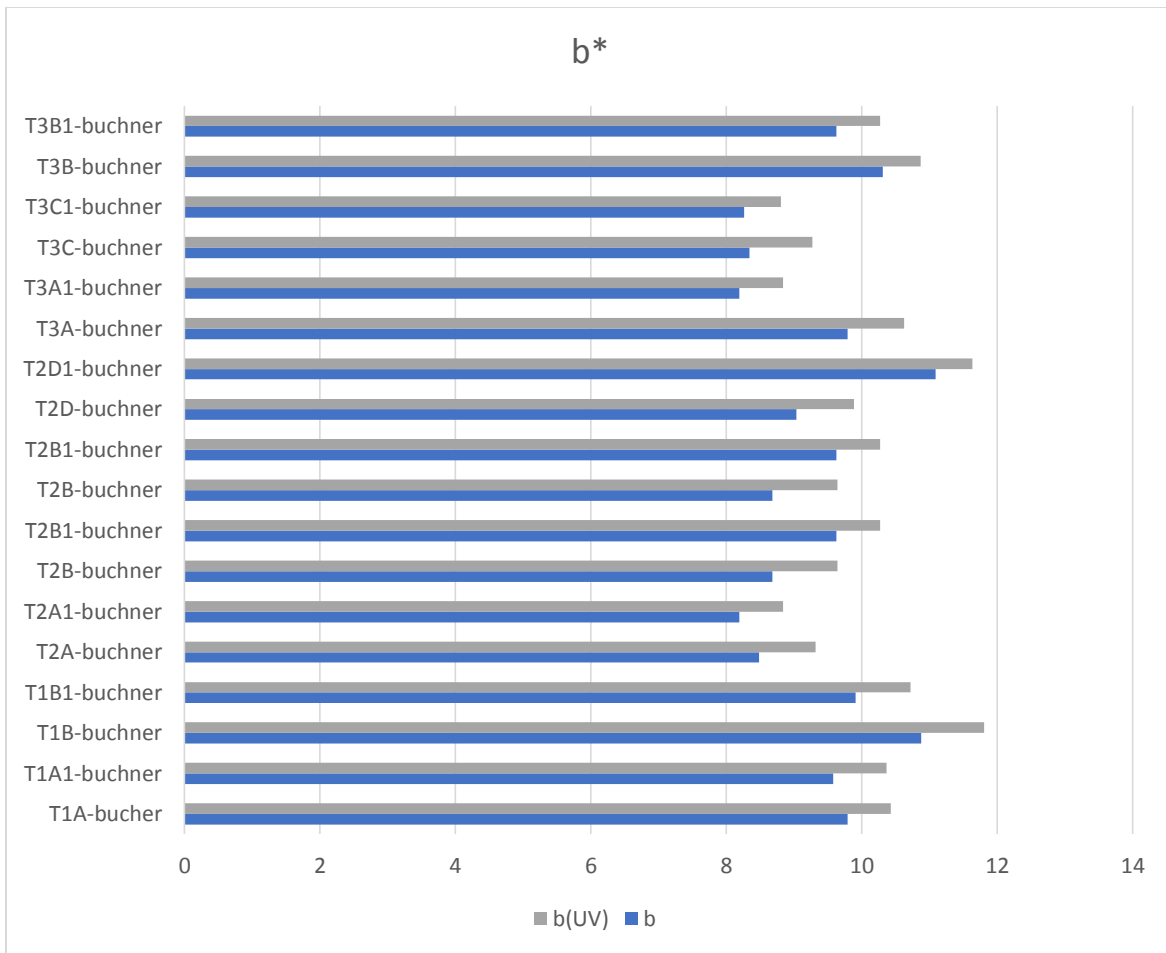
Slika 16. Grafički prikaz koeficijenta  $a^*$  (Buchnerov Lijevak)

Iz grafičkog prikaza (Slika 16) vidljivo je da su vrijednosti kromatskog koeficijenta  $a^*$  otisnutih uzoraka veće od otisnutih uzoraka, što se lako može objasniti vrstom tiskovne podloge odnosno kartonom. Procesom odvanja čestica koratki koeficijent još se više samnjuje što ukazuje na stavrnanje čestica male površine koje samanjuju blagu žutu nijansu uzoraka.



Slika 17. Grafički prikaz koeficijenta  $b^*$  (Autoamtski stroj za izradu laboratorijskih listova)

Na slici 17 može se primjetiti da su razlike vrijednosti kromatskog koeficijenta  $b^*$  između otisnutog i neotisnutog uzoraka manje radi načina izrade uzorka kao je to već ranije spomenuto.



Slika 18. Grafički prikaz koeficijenta b\* (Buchnerov Lijevak)

## 6. ZAKLJUČAK

U postupcima recikliranja kemijskim deinkingom, optička svojstva dobivenog recikliranog papira su bolja nego u postupku recikliranja gdje nisu korištene kemikalije. Papir je pokazao najbolja svojstva nakon procesa flotacije, gdje se izgubi skoro sva zaostala boja (ERIC), svjetlina mu ostaje blizu 70%, kolorimetrijske karakteristike boje  $L^*a^*b^*$  vrijednosti recikliranih vlakanaca pokazuju najbolja svojstva nakon procesa homogenizacije, najlošija optička svojstva dobivena su na uzorcima recikliranih vlakanaca nakon screeninga, Sommerville testom (process uklanjanja ljepljivih čestica). Također, dobiveni laboratorijski listovi izrađeni nakon procesa homogenizacije pokazuju malo veću koncentraciju zaostale boje u papiru i malo manji opacitet papira. Rezultati pokazuju da je najuspješniji process flotacije a najlošiji process homogenizacije.

## 7. LITERATURA

- [1] <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=2144> (28.8.2018)
- [2] [http://www.ss-medicinska-ri.skole.hr/dokumenti?dm\\_document\\_id=5707&dm\\_dnl=1](http://www.ss-medicinska-ri.skole.hr/dokumenti?dm_document_id=5707&dm_dnl=1) (7.9.2018)
- [3] <http://www.recikliraj.hr/recikliranje/sto-je-recikliranje> (28.8.2018)
- [4] Black Dog Publishing (2006). *Recycle : a source book*. London, UK: Black Dog Publishing. ISBN 1-904772-36-6.
- [5] "Tehnička enciklopedija" (**Papir**), glavni urednik Hrvoje Požar, Grafički zavod Hrvatske, 1987.
- [6] PAPERBOARD: FROM THE PRODUCTION TO THE FINAL USE Dario Petrić, Damir Vusić, Robert Geček
- [7] Stričević, N., *Suvremena ambalaža 2*, Školska knjiga, Zagreb, 1983.
- [8] <http://www.enciklopedija.hr/> (28.8.2018)
- [9] Stanislav Bolanča, *Tisak ambalaže* (2013.), Udžbenici sveučilišta u Zagrebu
- [10] Vogel, Werner. *Chemistry of Glass*. Wiley, 1985. ISBN 978-0-916094-73-7
- [11] Ivan Vujković, Kata Galić, Martin Vereš, *Ambalaža za pakiranje namirnica* (2007.), Udžbenici sveučilišta u Zagrebu
- [12] Ivana Bolanča Mirković, *Skripta laboratorijske vježbe* (2014.), Grafički fakultet, Zagreb
- [13] Čanađija Bruno, *Oporaba kartonske ambalaže* (2017), Grafički fakultet, Zagreb
- [14] ISO 5269-2 (2002) Pulp-Preparation of laboratory sheets for optical testing, Part 2. Rapid Köthen method





