

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

TANJA DUJMOVIĆ

**ODRŽIVI GRAFIČKI DIZAJN – DIZAJN
ZA RECIKLACIJU**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2011. godina

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

GRAFIČKA TEHNOLOGIJA

SMJER: DIZAJN GRAFIČKIH PROIZVODA

**ODRŽIVI GRAFIČKI DIZAJN – DIZAJN
ZA RECIKLACIJU**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. ZDENKA BOLANČA

Student:

TANJA DUJMOVIĆ

Zagreb, 2011. godina

SAŽETAK

Održivi razvoj je značajni čimbenik prepoznatljiv i u domeni grafičkog dizajna. Pristup dizajnu kroz životni ciklus proizvoda i strategiju minimalne potrošnje resursa, korištenje materijala s malim utjecajem na kvalitetu okoliša, proizvodnju bez nastanka otpada, optimizacija životnog vijeka proizvoda, osigurati će društveni razvoj na Zemlji sa zdravim okolišem i konkurentnim gospodarstvom. Potrebno je znanje i komunikacija, te istraživanja i novi pristup prema okolišu da bi osigurali razvoj koji udovoljava potražnju sadašnjosti bez ugrožavanja budućih generacija da udovolje svoje potrebe.

U ovom radu sa aspekta dizajna prikazan je odabir materijala i tehnika tiska kroz životni ciklus grafičkog proizvoda u smjeru zatvaranja sustava prema postavci od „kolijevke do kolijevke“.

Svrha rada je utvrditi može li se promjenom uvjeta u digitalnom ofsetnom tisku postići recikliranje otisaka zadovoljavajuće kvalitete vlaknaca za izradu finih grafičkih papira, uz uvjet da otisci ne gube na kvaliteti. Sva dosadašnja istraživanja upućuju na problematično recikliranje digitalnih otisaka na osnovi elektrofotografije s tekućim tonerom.

Za otiskivanje je odabrana digitalna tehnika tiska na osnovi elektrofotografije s tekućim i krutim tonerom. U četvrtoj fazi indirektno elektrofotografije kod prvog transfera boje varirana je temperatura ofsetnog cilindra. U ovoj fazi tiska čestice tonera se s fotokonduktorske površine prenašaju na prijenosni medij - ofsetni cilindar. Temperatura je mijenjana u intervalu 125⁰C - 145⁰C. Za recikliranje otisaka primijenjena je alkalna kemijska deinking flotacija.

Rezultati istraživanja ukazuju na manju efikasnost odstranjivanja bojila s otisaka HP Indiga TurboStream (smanjenje broja čestica 31% - 59% i površine 45% - 55% u ovisnosti o temperaturi ofsetnog cilindra) u odnosu na otisak dobiven digitalnom tehnikom s krutim tonerom (smanjenje broja čestica 90% i površine 98%). U radu se diskutira specifičnost mehanizma procesa u odnosu na karakteristike tiska, uz tumačenje rezultata

dobivenih funkcionalnom ovisnošću ERIC-a i svjetline listova prema fazama procesa recikliranja.

Ključne riječi:

grafički dizajn,

digitalni tisak,

recikliranje,

slikovna analiza,

ERIC.

ABSTRACT

Sustainable development is a very important factor, also recognizable in the domain of graphic design. Approach to design through product's life cycle and minimal resource consumption strategy, together with exploitation of materials with low impact on quality of environment, production that does not produce waste, and optimisation of product's lifespan will secure Earth's social development with a healthy environment and competitive economy. Knowledge and communication, research and new approach towards environment are required for securing development that can satisfy present demand without endangering future generations.

This paper presents a selection of materials and printing techniques from a design point of view through life cycle of graphic product, in direction of closing the system according to thesis „from cradle to cradle“.

Purpose of this paper is to determine whether the modification of conditions in recycling of digital offset print can produce fibers of satisfactory quality for manufacturing fine graphic paper, under the condition that prints do not lose quality. All research up to now shows problems in recycling of digital prints on bases of electro photography with liquid toner.

Digital print technique on basis of electro photography with liquid and solid toner is selected for printing. Temperature of the offset cylinder in first ink transfer of phase four of indirect electro photography is variable. In this printing phase particles of toner are transferred from photo conductory surface on portable medium-offset cylinder. Temperature was changed between 125 and 145 degrees Celsius. Method used for recycling of prints was alkali chemical de-inking flotation.

Results of research are showing smaller effectiveness in ink removal from HP Indigo Turbo Stream prints (number of particles decreased by 31 - 59% and overall particle surface reduced by 45 - 55%, depending on temperature of offset cylinder), compared to prints made using digital technique with solid toner (number of particles decreased by 90% and overall particle surface reduced by 98%). This paper discusses specific qualities of process mechanisms regarding printing characteristics, with interpretation of results gained

by functional dependence of ERIC and sheet brightness in relation to phases of recycling process.

Key words:

graphic design,

digital print,

recycling,

pictural analysis,

ERIC.

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Održivi dizajn	3
2.1. Ekološki zahtjevi industrijskih proizvoda	3
2.2. Životni ciklus proizvoda	4
2.2.1. Pred-proizvodnja	6
2.2.2. Proizvodnja	6
2.2.3. Distribucija	7
2.2.4. Korištenje	8
2.2.5. Odlaganje	8
2.3. Dodatni životni ciklusi	9
2.4. Funkcionalni pristup	10
2.5. Dizajn životnog ciklusa	10
2.5.1. Ciljevi dizajna životnog ciklusa	11
2.6. Pristup dizajnera.....	11
2.7. Strategije dizajna životnog ciklusa proizvoda.....	12
2.8. Dizajn za odlaganje.....	16
3. Zeleni grafički dizajn.....	18
3.1. Uloga dizajnera.....	18
3.1.1. Dizajner kao manipulator stvarima.....	18

3.1.2. Dizajner je stvaratelj poruke.....	19
3.1.3. Dizajner je pokretač i posrednik promjene.....	19
3.2. Otpad kao grafički materijal.....	19
3.3. Dizajniranje unatrag.....	20
3.4. Sudbina dizajnerskih materijala.....	20
4. Dizajn, ekologija i teoretske postavke mehanizma procesa reciklacije otpadnog papira.....	22
4.1. Teoretske postavke mehanizma procesa recikliranja otpadnog papira.....	22
4.2. Ekološki aspekt recikliranja otpadnog papira.....	23
4.3. Dizajn održivog grafičkog proizvoda i odabir tiskovne podloge.....	26
5. Usporedba konvencionalnog i digitalnog ofseta sa ekološkog aspekta.....	29
5.1. Konvencionalni ofsetni tisak.....	30
5.2. Digitalni ofsetni tisak.....	32
6. Hipoteza, opći i specifični ciljevi rada.....	33
7. Materijal, metode i plan rada.....	34
7.1. Materijali.....	34
7.1.1. Dizajniranje test forme.....	34
7.1.2. Dezintegrator.....	34
7.1.3. Flotacijska ćelija.....	35
7.1.4. Uređaj za formiranje lista.....	37
7.1.5. Spektrofotometar Technidyne Color Touch 2	40

7.1.6. X-rite DTP 417.4.....	42
7.2. Metode rada.....	42
7.2.1. Kemijska deinking flotacija.....	42
7.2.3. Slikovna analiza.....	45
8. Rezultati.....	48
8.1. Prikazi gamuta otiska.....	48
8.2. Rezultati slikovne analize.....	50
8.3. Rezultati mjerenja svjetline listova prema fazama procesa recikliranja u odnosu na zaostale čestice bojila.....	59
9. Rasprava.....	60
10. Zaključak.....	63
11. Popis literature.....	66

1. UVOD

Riječ „održivost“ može se upotrijebiti na bilo koju akciju koja ne degradira sustav koji ju podržava i samim time odvija se beskonačno. Sustavi koji podržavaju našu civilizaciju su prirodni sustavi na Zemlji. Oni ljudima omogućavaju čistu vodu, plodno tlo, temperature unutar određenog raspona, itd. Razina produktivnosti tih sustava je konstantna i mjerljiva. Ako zajedničke ljudske akcije uzrokuju „crpljenje“ više resursa tokom određenog vremenskog razdoblja, nego što je produktivnost bilo kojih zemljinih sustava, tada se takve akcije nazivaju „neodrživim“. Nastavljanje s takvim akcijama postepeno će dovesti do smanjivanja produktivnosti sustava. Primjerice, sječa stabala može rezultirati erozijom gornjeg sloja tla sprječavajući stablima da ponovno izrastu, takvo erodirano tlo odlazi u vode gdje može trajno poremetiti, između ostalog, i razmnožavanje riba, a krajnji rezultat je smanjen prirodni sustav. Ako ljudske akcije proizvode materijale koji se nakupljaju tokom vremena, a ne mogu biti učinkovito apsorbirane, razložene ili filtrirane prirodnim sustavima, tada su te akcije neodržive, primjerice dioksini i staklenički plinovi, što u konačnici šteti ljudima i ostalim živim bićima na Zemlji.

Ekološki dizajn u sebi objedinjuje, odnosno spaja okoliš i dizajn. To je dizajn koji prati ekološke kriterije. Manifestiran kao skupni izraz velikog broja dizajnerskih aktivnosti orijentiran je prema rješavanju ekoloških pitanja, odnosno redizajniranje samih proizvoda. Ekološka osviještenost i proizašle aktivnosti prate uzlazan smjer: od obrade zagađenja (neutralizacija učinaka na okoliš koje su uzrokovane industrijskim proizvodima), intervencija u proizvodnim procesima koji uzrokuju zagađenje (tema čistih tehnologija), do redizajniranja proizvoda i/ili usluga koje čine te procese potrebnima (proizvodi niskog učinka). U konačnici ekološka osviještenost je dovela do rasprave i zakretanja socijalnog ponašanja, odnosno potražnje za proizvodima i uslugama koji ultimativno motiviraju postojanje tih procesa i proizvoda (tema održive potrošnje).

Dizajn za ekološku održivost zahtjeva prilagodbu kapaciteta proizvodnih sustava da bi se odgovorilo na zahtjeve socijalne dobrobiti, pri čemu se koriste značajno manje količine ekoloških sirovina nego što su potrebne u sadašnjem sustavu; to zahtjeva koordinirano upravljanje svim raspoloživim sredstvima.

Važnost papira kao jednog od najstarijih proizvoda kroz povijest nije se puno mijenjala, ali je u porastu potrošnje kroz razvoj i unaprjeđivanje procesa proizvodnje. Čovjek se proizvodima papirne industrije koristi u gotovo svakom trenutku; papir za pisanje, tiskani mediji (knjige, novine, časopisi, letci, plakati itd), novac, ambalaža, a jedan od vodećih u njegovoj potrošnji su svakako grafička industrija i dizajneri.

Glavna sirovina za industriju papira danas je drvo, odnosno njegova celulozna vlakanca koja su bitna za karakteristiku, kvalitetu i izgled dobivenog papira. Postupak dobivanja papira je složen i sastoji se od više procesa. Osim drva koriste se i druge sirovine za njegovu proizvodnju, a u sve većem postotku koristiti se i reciklirani papir. Prije su se reciklirani papiri koristili za proizvode niže kvalitete, a danas zahvaljujući novim tehnologijama, reciklirana vlakanca mogu se koristiti i za dobivanje papira najveće kvalitete. Često je kvaliteta recikliranih papira vrlo blizu kvalitete papira napravljenih od primarnih vlakana. Papir se može reciklirati 5 do 7 puta, odnosno dok vlakanca ne postanu prekratka i neupotrebljiva.

Recikliranje papira rezultira značajnom uštedom energije i vode. Smanjuje se emisija ispuštanja štetnih tvari u okolinu, pomaže se očuvanju šuma te se štedi i novac.

Razvojem digitalnih tehnologija, digitalni tisak postaje sve prisutniji u modernoj grafičkoj industriji. On je ekološki povoljniji od konvencionalnih tehnika tiska, jer zaobilazi brojne faze pripreme koje karakterizira upotreba štetnih kemikalija koje imaju negativan utjecaj na okoliš.

2. ODRŽIVI DIZAJN

Ekološka ograničenja jasno pokazuju da niti jedna dizajnerska aktivnost ne može biti izvršena bez uzimanja u obzir učinka koji će taj proizvod imati na prirodu i okoliš.

Ekološki zahtjevi se danas smatraju potrebni od samih početaka razvoja proizvoda uključujući njegovu cijenu, namjenu te njegove pravne, kulturalne i estetske zahtjeve. Značajno je učinkovitije stvarati proizvod koji je prilagođen okolišu, nego prilagođavati gotov proizvod okolišu. U dizajnerskim okvirima puno je učinkovitije i ekološki prihvatljivije na samom početku dizajniranja djelovati na proizvod nego osmišljavati dodatni dizajn i proizvodnju drugih dopunskih proizvoda za kontrolu učinaka na okoliš. Upletenost ekološki osviještene strategije od samog početka dizajnerskog procesa pomoći će u sprječavanju ili ograničavanju problema i lakše će se kombinirati ekološke i ekonomske prednosti.

Tijekom druge polovice 90-tih godina prošlog stoljeća nastala je nova disciplina koja se zove „Dizajn proizvoda s malim ekološkim učinkom na okoliš“ sa konkretnijim i realističnijim prikazom discipline; definira se obuhvaćanje termina „ekološki zahtjevi industrijskih proizvoda“, predstavlja se koncept životnog ciklusa proizvoda za dizajn i procjenu pa je tako koncept funkcionalnog jedinstva vraćen u kontekst ekoloških okvira. [1]

2.1. Ekološki zahtjevi industrijskih proizvoda

Tijekom 90-tih godina prošloga stoljeća u skladu s određenim studijama i novim metodama procjene postalo je moguće procijeniti ekološki učinak između tehnosfere određenog proizvoda te geosfere i biosfere. Time je omogućeno specificiranje značenja ekoloških zahtjeva industrijskih proizvoda.

Ove studije su proizašle iz sljedećeg shvaćanja: svaki ekološki učinak je baziran na utjecaju izmjene supstanci između prirode i proizvodno potrošačkog sustava.

Učinci se mogu pojaviti na dva načina: kao input (*eng.:* *ulaz*), odnosno ulazna jedinica i kao output (*eng.:* *izlaz*), odnosno izlazna jedinica [1]

Ulazne jedinice odnose se na iskorištavanje prirodnih resursa i izlaznog emitiranja supstanci (materije) u okoliš. Očito nisu svi učinci podjednako štetni za okoliš (npr. nije isto izliti u okoliš jednu litru vode ili kilu azbesnog praha).

Kada govorimo o ulaznim jedinicama i izvlačenju sirovina za određeni proizvod, prvi štetan učinak je potrošnja sirovina, što će izravno izazvati socio-ekonomske probleme zbog nedostatka sirovina za buduće generacije. Slično povezani problem je poremećaj ravnoteže eko sustava, primjerice uništavanje šuma radi korištenja drva u građevinarstvu i za grijanje. Tokom vremena, ove ljudske akcije učinile su tlo podložno erozijama i dovele do izumiranja nekih vrsta koje su naseljavale šumu.

U konačnici, postoje štetni učinci izlaznih jedinica koji su povezani s procesima iskorištavanja, primjerice curenje ulja tokom procesa izvlačenja i transporta.

Glavni ekološki učinci emisije, često povezani s različitim proizvodima su: globalno zatopljenje (efekt staklenika), ozonske rupe, eutrofikacija, acidifikacija, smog, toksične emisije i otpad. Postoji i drugi učinci poput elektromagnetskog i genetičkog zagađenja okoliša. [1]

Kada se govori o zahtjevima na okoliš, cilj dizajna je smanjiti utjecaj proizvoda na navedene učinke.

2.2. Životni ciklus proizvoda

Koncept životnog ciklusa proizvoda o kojem se ovdje raspravlja odnosi se na ulazni i izlazni proces izmjene između okoliša i cijelog niza procesa koji obuhvaćaju život proizvoda, što znači da je proizvod valoriziran prema svojoj energiji, sirovini i emisiji. Samim time, životni ciklus obuhvaća sve faze proizvoda, počevši s rudarenjem za potrebne sirovine i proizvodnjom njegovih komponenata do kraja njegovog životnog vijeka.

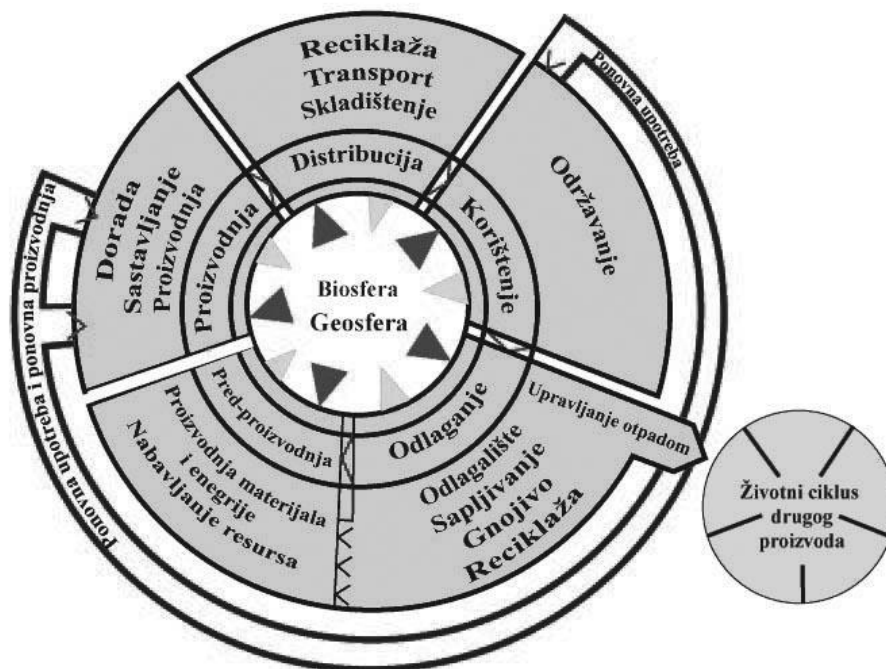
Da bi se lakše prikazao životni ciklus proizvoda, procesi se obično dijele na slijedeće faze:

- 1.) Pred-proizvodnja
- 2.) Proizvodnja
- 3.) Distribucija

4.) Korištenje

5.) Odlaganje

Takav koncept ciklusa omogućuje prilagođavanje sustavnog nadgledanja ulaza i izlaza proizvoda tokom svih faza, analizu i procjenu njegovih ekoloških učinka na okoliš, zajedno s ekonomskim i socijalnim utjecajima. [1]



Slika 1. Životni ciklus proizvoda

Slika 1. prikazuje sustavni prikaz niz mogućih fizikalnih i kemijskih odnosa između proizvodnog sustava tokom njegovih različitih faza te biosferu i geosferu.

2.2.1. Pred-proizvodnja

U fazi pred-proizvodnje potrebne sirovine i poluzavršeni proizvodi pripremaju se kao komponente za proizvodnju gotovog proizvoda.

Slijedeće podfaze mogu se sažeti kao:

- 1) Nabavka sirovina
- 2) Dostava sirovina u proizvodno područje
- 3) Pretvorba sirovina u sirove materijale ili energiju

Sirovi materijali i energija se proizvode iz:

- Primarnih ili djevičanskih sirovina
- Sekundarnih ili recikliranih sirovina

Primarni resursi dolaze izravno iz geosfere i mogu biti opisani kao:

- 1) Obnovljive primarne sirovine
- 2) Neobnovljive primarne sirovine [1]

Neobnovljive sirovine se rudare iz tla, dok se obnovljive sirovine, iz biomase, obično kultiviraju i beru. U oba slučaja sirovi materijali prolaze kroz seriju obrada.

Sekundarni sirovi materijali dobivaju se od otpada proizvodno – potrošačkog sustava.

Preciznije, ovi materijali mogu biti prerađeni u dvije faze: predpotrošnja i postpotrošnja.

Predpotrošačke sirovine sastoje se od otpada iz smeća nastalog tokom procesa proizvodnje, dok se post-potrošačke sirovine dobivaju iz robe i pakiranja nakon što su prošli krajnjeg korisnika. Ove sirovine, posebno post-potrošačke, moraju biti obrađene prije nego što će ih biti moguće koristiti u novim proizvodima.

2.2.2. Proizvodnja

Tri osnovne razlike u proizvodnji su:

- 1) Obrada materijala
- 2) Sastavljanje

3) Završetak

Dostavljeni sirovi materijali skladište se u proizvodnom području te se u odgovarajuće vrijeme prenose do strojeva i pretvaraju u komponente koje će kasnije biti sastavljeni u završetak finalnog proizvoda. U ovoj fazi mogu se primjenjivati i druge završne dorade, npr. bojanje i poliranje. Većina dobara na izravan ili neizravan način zahtjeva veliku raznovrsnost sirovih materijala za svoje kompletiranje. Nakon pretvorbe u konačnom proizvodu izravni materijali biti će sadržani, dok će neizravni materijali biti sadržani u strojevima ili postrojenjima koja se koriste u proizvodnji. Druge aktivnosti i procesi koje se koriste tokom ove faze mogu biti: istraživanje, razvoj i kontrola te upravljanje navedenim aktivnostima.

2.2.3. Distribucija

Tri osnovne faze koje karakteriziraju distribuciju su:

- 1) Pakiranje
- 2) Prijevoz
- 3) Skladištenje [1]

Konačni proizvod se pakira da bi došao do krajnjeg korisnika neoštećen i funkcionalan; pošiljke se raznose različitim transportnim sredstvima (vlak, kamion, brod, avion itd.) ili preko posredništva ili izravno u područje primjene. Ova faza uključuje, ne samo potrošnju energije za prijevoz već i potrošnju sirovina za proizvodnju prijevoznih sredstava i spremišna postrojenja. U stvarnosti može doći do toga da je granica između distribucije i proizvodnje nejasna, međutim važno je da se razmatraju razdoblja prije i poslije ovih akcija. Primjerice, beton se obrađuje u kamionu dok se prevozi do gradilišta.

2.2.4. Korištenje

Dvije osnovne faze koje karakteriziraju korištenje su:

- 1) Korištenje ili potrošnja
- 2) Usluga [1]

Proizvod se može koristiti određeno vrijeme, te ovisno o njegovim karakteristikama i trošiti (npr. prehrambeni proizvodi se troše dok se primjerice televizija koristi određeno vrijeme).

Korištenje proizvoda najčešće troši sirovinu i energiju, ostavlja za sobom otpad i smeće. Osim navedenoga zahtijevaju održavanje i servisiranje; popravak štete ili oštećenih dijelova ili zamjenu zastarjelih dijelova.

Proizvodi će ostati u upotrebi dok ih se potrošač ne odluči riješiti ili preciznije dok ima koristi od proizvoda.

2.2.5. Odlaganje

U trenutku odlaganja proizvoda za njegovu sudbinu otvara se niz opcija:

- 1) Moguće je obnoviti funkcionalnost proizvoda ili funkcionalnost njegovih dijelova
- 2) Moguće je povratiti sastavne dijelove i energiju odbačenog proizvoda
- 3) Moguće je ne povratiti ništa [1]

U prvom slučaju proizvod ili njegovi dijelovi mogu biti ponovno korišteni unutar iste ili neke druge funkcije. Takav proizvod mora biti prikupljen i dostavljen kako bi mogao biti obnovljen i proći faze koje omogućuju da bude korišten kao nov.

U drugom slučaju, sastavni dijelovi mogu biti reciklirani, pretvoreni u gnojivo ili spaljeni.

Postoje dva različita tipa recikliranja/proizvodnje:

- 1) Zatvoreni sustav proizvodnje (*eng.: closed loop*)
- 2) Otvoreni sustav proizvodnje (*eng.: open loop*).

Zatvoreni sustav proizvodnje označava sustav korištenja recikliranih materijala umjesto prirodnih sirovina unutar istog proizvodnog sustava, tj. koriste se za proizvodnju proizvoda ili komponenata sličnih onima iz kojih su nastali.

U otvorenom sustavu proizvodnje materijali su preusmjereni u proizvedeni sustav koji se razlikuje od originalnog.

U oba slučaja, u otvorenom i zatvorenom sustavu, recikliranje uvijek zahtjeva niz procesa i faza koji obuhvaćaju ponovno prikupljanje, prijevoz i pred-proizvodnju sekundarnih sirovina. Neiskorišteni proizvodi su odbačeni u (manje ili više službena) odlagališta ili su jednostavno odbačeni u okoliš. U slučaju zakonskih odlagališta odbačeni proizvodi moraju biti skupljeni i dostavljeni, ili u slučaju otrovnih i štetnih supstancija prvo moraju proći kroz prethodnu obradu. Ilegalna odlagališta predstavljaju socijalnu i ekološku opasnost, postoji tržište toksičnog otpada kojim upravlja organizirani kriminal.

2.3. Dodatni životni ciklusi

U koncept životnog ciklusa se ubraja svaka faza povezana s određenim proizvodom, od pred-produkcije do odlaganja, odnosno to je zbroj procesa (povezanih ulaza i izlaza) koji se odnose na funkciju proizvoda. [1]

U slučaju mnogih proizvoda zajedno s aktualnim životnim ciklusom, u obzir se uzimaju životni ciklusi drugih proizvoda koji su funkcionalni sa uslugom koje nude potrošaču. Ambalaža i razni potrošni proizvodi primjeri su prethodno navedenoga, ali ipak su pomoćni sustavi koji garantiraju funkcionalnost proizvoda. Kao i svi ostali proizvodi, ambalaža ima svoje odgovarajuće izmjene ulaza i izlaza s prirodom koje uzrokuju učinak na okoliš. Smatra se vrlo važnim dijelom životnog ciklusa koji je danas prihvaćen kod mnogih proizvoda, u svakom pogledu zaseban je proizvod i prema tome ima svoj vlastiti životni ciklus: pred-proizvodnja, proizvodnja, distribucija, korištenje i odlaganje. Njezine funkcije (sadržavanje, štíćenje, prijevoz i informiranje) postaju aktivne tek kada dođu u

kontakt s odgovarajućim proizvodom, što znači da se faza distribucije proizvoda poklapa s fazom korištenja ambalaže.

2.4. Funkcionalni pristup

Funkcionalna jedinica je učinak proizvoda koji se procjenjuje, mora biti proučena funkcija ili usluga koju proizvod pruža, a ne proizvod kao takav. Ako bi se uspoređivao proizvod prije i poslije (redizajniranja) treba se spojiti proizvod, usluga i proces, koji su funkcionalno ekvivalentni. Zbog toga funkcionalna jedinica mora uvijek biti definirana kako bi postala mjerilo za usporedbu. Bazirana je na dizajnu funkcije koju proizvod mora pružati, a ne na dizajnu proizvoda, a sveukupna analiza izračunava se valorizacijom da li je učinak na okoliš minimaliziran ili je smanjen, i za koliko. Funkcionalna jedinica osnovni je koncept održivog dizajna što znači da je „pametni“ dizajn korak unatrag od proizvoda, počevši s njegovom funkcijom i zadovoljstvom koje treba pružiti korisniku. [1]

Ovdje funkcija, temeljna tema kulture dizajna (nekad smjernica, koju su mnogi kritizirali) dobiva novo značenje i vitalnost suočavanja s ekološkim problemima.

2.5. Dizajn životnog ciklusa

Dizajnerska disciplina koja se bavi ekološkim zahtjevima industrijskog proizvoda, na ranije spomenuti način, zove se dizajn životnog ciklusa (*eng.: Life Cycle Design – LCD*).

Ovaj izraz usko je vezan s eko dizajnom i dizajnom za okoliš, pritom uspostavlja i utvrđuje novi dizajnerski pristup koji zahtjeva veću viziju nego što je to uobičajeno.

Dizajn životnog ciklusa uključuje:

- 1) Proširenje dizajnerskog vidokruga: od dizajna proizvoda do dizajna životnog ciklusa, dizajnerske faze životnog ciklusa
- 2) Od dizajna proizvoda do dizajna funkcije, dizajniranje zadovoljstva proizvoda.

Proizvodi moraju biti dizajnirani unutar svih faza životnog ciklusa. Sve aktivnosti potrebne za proizvodnju materijala, a zatim samog proizvoda; njegovu distribuciju, korištenje i na

kraju odlaganje smatraju se jednom cjelinom. Prema tome započinje se od dizajna proizvoda i kreće se prema proizvodnji.

Dizajn sa sistematskim pristupom dozvoljava da sve posljedice dizajniranog proizvoda budu identificirane, uključujući faze koje tradicionalno nisu uključene u dizajnerski proces. Buduća odgovornost razvoja proizvoda biti će dizajn životnog ciklusa proizvoda, čime će se lakše identificirati i učinkovito uklopiti ciljevi smanjena učinka na okoliš. Evidentno je da je potrebno integrirati ekološku perspektivu u sve aspekte razvojnog procesa, ne samo u dizajnu, nego i u managementu i marketingu. [1]

Dizajn životnog ciklusa ili eko dizajn je do danas napredovao u teoriji, međutim u praksi nije ostvario napredak, najviše zbog ekonomskih razloga (ekonomska neisplativost dugotrajnih proizvoda te povećanje troškova izrade).

2.5.1. Ciljevi dizajna životnog ciklusa

Nije dobro koncentrirati se samo na zahtjeve okoliša, potrebno je imati općenitiji pristup dizajnu. Kada se razmatraju zahtjevi okoliša, tada su ciljevi zahtjeva smanjiti teret na okoliš povezan s proizvodnim tokom njegovog životnog ciklusa, vezanu na njegovu funkcionalnu jedinicu.

Cilj je stvoriti sistemsku ideju proizvoda koja će smanjiti unos sirovina, energije, emisija i otpada kvantitativno i kvalitativno procjenjujući štetu svih učinaka.

Dizajnerski proces treba imati na umu sve aktivnost tokom životnog ciklusa proizvoda povezivajući ih sa nizom izmjena (ulaza i izlaza različitih procesa) koje oni imaju s prirodom. Unutar dizajnerskog procesa potrebno je definirati profil faza životnog ciklusa proizvoda počevši sa izvlačenjem sirovina pa do odlaganja otpada i ostatka.

2.6. Pristup dizajnera

Dizajneri bi trebali smanjiti učinke na okoliš u svim fazama, ali i prema najboljoj i najvjerojatnijoj mogućoj konfiguraciji sustava. Uvjeti koji će se mijenjati, a samim time i prilagodba, ovise o vrsti proizvoda i području rada u kojoj se kompanije nalaze. Cilj je

smanjenje učinka na okoliš unutar proizvodnog sustava kojeg kontrolira proizvođač/dizajner.

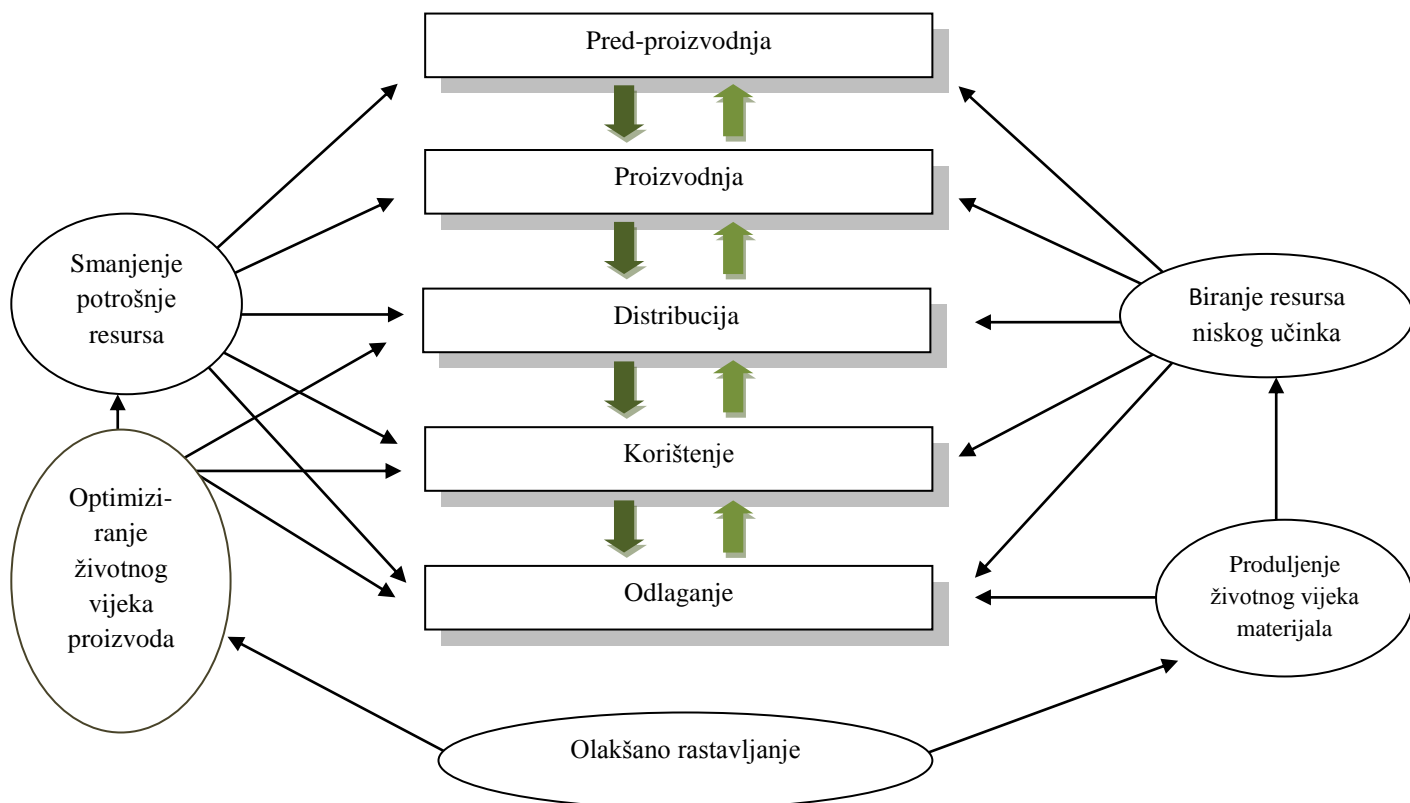
Potrebno je pristupiti dizajnu sa znanjem da odgovornost i kontrola traju tokom cijelog životnog ciklusa proizvoda.

Često se događa da dizajn proizvoda postane dio sustava koji već postoji, kojeg potpuno ili djelomično kontroliraju drugi akteri (sustav u kojem su drugi odgovorni i kontroliraju određene faze), stoga bi dizajner trebao biti u partnerstvu sa njima kako bi im „kodizajnirao“ određenu fazu životnog ciklusa. Potrebno je dizajnirati fleksibilna rješenja kako bi se omogućila njihova prilagodba na promjene.

2.7. Strategije dizajna životnog ciklusa proizvoda

Dizajniranje dobrog proizvoda ne može biti zasnovano isključivo na ispunjavanju ekoloških zahtjeva da bi proizvod bio eko učinkovit. Eko učinkovitost je izraz predložen od strane „World Business Council for Sustainable Development“ (Svjetsko poslovno vijeće za održivi razvoj) i donosi vezu između vrijednosti proizvoda (pruženo zadovoljstvo) i njegovog učinka na okoliš (polucija i potrošnja sirovina/energenata), također ukazuje na stupanj združenosti smanjenja učinka na okoliš tokom proizvodnje, distribucije, korištenja i odlaganja te povećanje kvalitete robe i usluge. [1]

Tipični zahtjevi dizajna proizvoda su: učinak, tehnološki, ekonomski, zakonodavni, kulturni i estetski.



Slika 2. Strategije dizajna životnog ciklusa i njihov utjecaj na faze životnog ciklusa

Strategije dizajna životnog ciklusa proizvoda su:

- 1) Smanjiti potrošnju materijala i energije
- 2) Izabrati procese i sirovine niskog učinka; izabrati eko prihvatljivije materijale, procese i izvore energije
- 3) Optimizirati životni vijek proizvoda; dizajnirati izdržljive i vrlo upotrebljive proizvode
- 4) Produljiti životni vijek materijala; dizajnirati sa svrhom povećanja vrijednosti odbačenih materijala kroz recikliranje, spaljivanje i kompostiranje
- 5) Olakšati rastavljanje; dizajnirati sa svrhom odvajanja dijelova ili materijala. [1]

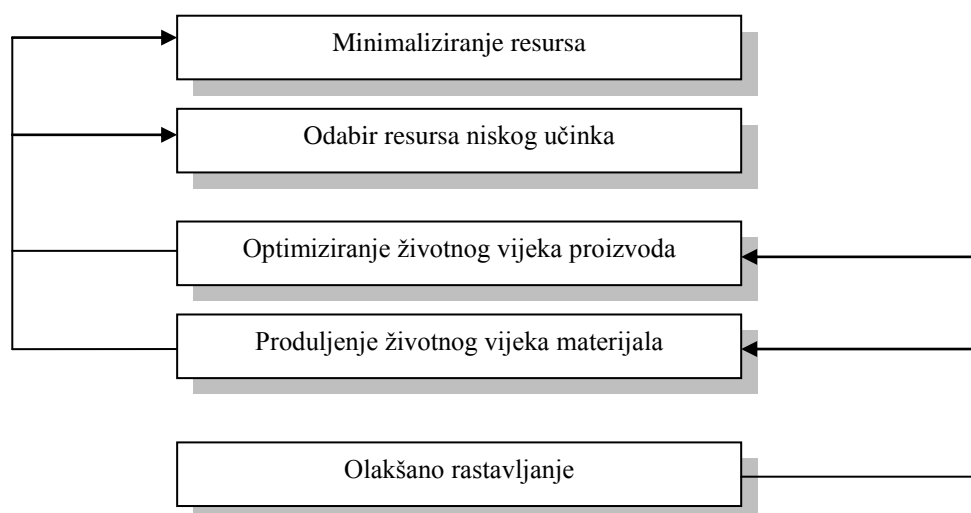
Smanjenje potrošnje i odabiranje proizvoda smanjenog učinka su ciljevi za sve faze životnog ciklusa. Optimiziranje životnog vijeka proizvoda određuje ukupno smanjenje

učinka na okoliš tijekom faza pred-proizvodnje, proizvodnje, distribucije i odlaganja. Učinak tijekom faze korištenja više je socio-kulturalni fenomen, a ovaj zahtjev donekle mijenja načine na koje su proizvodi i usluge korištene.

Produljenje životnog vijeka materijala je cilj za faze pred-proizvodnje (manja potrošnja resursa) i odlaganja. Olakšavano rastavljanje je potrebno za optimiziranje životnog vijeka proizvoda i produljenje životnog vijeka materijala.

Kada proizvod postane trajniji nego prije smanjuje se nastali otpad i neizravno se izbjegava daljnja potrošnja sirovina za proizvodnju i distribuciju novih proizvoda potrebnih za zamjenu kratkotrajnih proizvoda.

Optimizacija životnog vijeka proizvoda i produljenje životnog vijeka materijala posljedično će dovesti do izabiranja sirovina, procesa niskog učinka i olakšanog rastavljanja.



Slika 3. Funkcionalna hijerarhija strategija dizajna životnog ciklusa

Recikliranjem, kompostiranjem i spaljivanjem smanjuju se otpuštene količine, kao i potrošnja novih resursa, odnosno sličnih materijala.

Olakšano rastavljanje je strategija korisna za optimiziranje životnog vijeka proizvoda, produljenje životnog vijeka materijala, a samim time pomaže smanjenju potrošnje materijala i odabira procesa niskog učinka.

U dizajnu životnog ciklusa krije se ekološki cilj smanjivanja na minimum unos materijala i energije, te učinak emisije ili otpada, tj. izlaznog proizvodnog sustava. Pretpostavlja se da za svaki proizvod, bio on auto, stol ili nešto potpuno drugačije; neke strategije imaju veće prioritete nego druge. Primjerice za stol je važnije optimizirati njegov životni vijek, dok je za auto važnije smanjiti potrošnju sirovina. [1]

Prije početka dizajniranja važno je identificirati prioritetne strategije u skladu sa svakim proizvodom i njegovom funkcijom.

Osim sukoba među strategijama, ekološki scenariji se mogu sudariti sa zahtjevima tradicionalnih dizajnerskih običaja, bilo da se oni odnose na učinak, cijenu, normative, kulturalne ili estetske karakteristike; npr. produljenje životnog vijeka proizvoda može se gledati i kao mogućnost smanjene prodaje. Iz perspektive održivosti, ekološki zahtjevi su najvažniji, ali također je istina da bi realistično rješenje pratilo kriterije smanjenja učinka na okoliš, ono mora biti ekonomski ostvarljivo i socio-kulturalno privlačno.

Primijenjene strategije moraju zadovoljavati čitav niz zahtjeva. Ako je učinak proizvoda narušen zbog ekoloških poboljšanja, tada prednosti takvog dizajna mogu biti samo prividne.

Da bi učinkovito primijenili ekološke strategije važno je odrediti kategoriju proizvoda. Razlikujemo dvije osnovne kategorije:

1) Potrošni proizvod

Dvije su značajne podijele:

- *Proizvodi koji se troše* poput hrane ili praška za pranje. Njih nema smisla dizajnirati da budu trajni, ali je važno koncentrirati se na smanjenje njihove potrošnje resursa i izabrati resurse niskog učinka.
- *Potrošni proizvodi se mogu ponovno koristiti, reciklirati ili zamijeniti*, poput ambalaže, novina i jednokratnih britvica. Kod proizvoda s većim učinkom tijekom faza proizvodnje i odlaganja može biti korisno produljiti im životni vijek mijenjanjem s drugim proizvodima koji se mogu ponovno koristiti, ili činiti ih takvima da se mogu ponovno koristiti (barem djelomično).

2) Trajni proizvodi

- *Proizvodi koji troše malo ili nimalo sirovina tokom upotrebe.* Njihov učinak se najčešće javlja tijekom faza (pred)proizvodnje, distribucije i odlaganja. Stoga je najvažnije smanjiti učinak resursa i potrošnju tijekom proizvodnje i distribucije. Učinak odlaganja može biti smanjen produljenjem životnog vijeka materijala, ali često je učinkovitije produljiti životni vijek proizvoda, posebice u slučajevima kulturne zastarjelosti. [1]

Proizvodima koji troše energiju i resurs prilikom korištenja i održavanja produljenje životnog vijeka postaje upitno. Kod ovih proizvoda su važnije druge strategije, posebno smanjenje potrošnje sirovina. Zapravo, produljenje životnog vijeka moglo bi biti kontraproduktivno, posebno u slučajevima u kojima tehnološka evolucija može stvoriti prilike za učinkovitije proizvode (koji osim što manje emitiraju, troše manje energije i resursa) u bližoj budućnosti.

Važnost životnog vijeka proizvoda može postati mjerilo za proizvode koji brzo zastarijevaju (tehnološki ili kulturalno). Neki njihovi dijelovi mogli bi se učinkovito zamijeniti kako bi im se povećala učinkovitost, ili da bi se smanjila proizvodnja i odlaganje samo na one kojima su potrebni zamjenski dijelovi.

2.8. Dizajn za odlaganje

Posebna pozornost treba se obratiti na strategiju završetka života (*eng.: end-of-life*), ova faza ima veliki učinak na okoliš. U ovoj fazi proizvođači i dizajneri uključeni su više nego u drugim fazama. Povrh svega razdoblje između dizajna i odlaganja određuje svoje granice.

Postoje tri faze postepene intervencije i ekološke reorijentacije:

- 1) **Trenutna** – odnosi se na proizvode koji su već dizajnirani i spremni za odbacivanje. U ovoj fazi nije više moguće promijeniti karakteristike proizvoda, nego provesti modifikacije kako bi se poboljšali procesi obrade, povrata i valorizacije komponenta i materijala.

- 2) **Kratkotrajna** – odnosi se na proizvode u fazi dizajna kratkog životnog vijeka. Moguće modifikacije su inkrementalne (isključuju promjene u tijeku materijala ili organizaciji proizvodnje) zbog inercije proizvodnog sustava koji ne dozvoljava trenutni redizajn cijeloga proizvoda.
- 3) **Srednja do dugotrajna** – odnosi se na proizvode dostupne za kompletan preobražaj od srednjeg do dugog životnog vijeka. Mogu biti učinjene radikalne inovacije unutar proizvoda s obzirom na njegovu obradu na kraju života. [1]

3. ZELENI GRAFIČKI DIZAJN

Zeleni grafički dizajn je korištenje znanja kako bi se pomaknula ravnoteža prema održivim rješenjima. On je korak više ka dobrom dizajnu koji je ekološki prihvatljiv. Većina estetskih i funkcionalnih principa tradicionalnog koncepta dobrog dizajna još uvijek vrijede; zapravo rad dizajnera mora biti „dobar“ da bi bio zelen. Zeleni dizajn dodaje novi niz standarda „starom“ „dobrom“ dizajnu koji obuhvaćaju ekološke i socijalne aspekte. [2]

Prilikom dizajniranja zelenog dizajna dizajner prvenstveno mora imati na umu zaštitu okoliša (fokusira se na smanjenje otpada, proizvode manje mase, smanjenje materijala i mogućnost recikliranja proizvoda), upravljanje resursima (gospodarstveni odnos prema upotrebi energije i materijala kroz unaprjeđenje tehnologije) i naglašavati razvoj društva i eko sustava u okvirima održivog razvoja.

3.1. Uloga dizajnera

Tri različita načina razmišljanja o ulozi grafičkog dizajnera su: dizajner je manipulator stvarima, stvaratelj poruke i pokretač promjene. [2]

3.1.1. Dizajner kao manipulator stvarima

Grafički dizajneri manipuliraju riječima, stvaraju slike i određuju materijale. Unutar tog koncepta grafike poanta zelenog dizajna je pronalaziti i koristiti bolje fizičke materijale. Dizajneri mogu istraživati stvari poput recikliranog papira ili papira koji nije izrađen iz drveta, pokušati pronalaziti netoksične boje, osmišljavati nabore i strukture koje će rezultirati s manje otpada. [2]

Kada dizajner specificira manju količinu materijala utječe na ekološki, ekonomski i industrijski tijek otpada te na post-potrošački tijek otpada.

3.1.2. Dizajner je stvaratelj poruke

Poruke koji dizajneri rade, brandovi (*eng.: marka*) koje izrađuju mogu imati daleko veći učinak od papira na kojemu je poruka otisnuta. Traženjem boljih materijala i proizvođačkih tehnika dizajneri mogu oblikovati i dostaviti poruke koji imaju pozitivan učinak na svijet koristeći „zelene“ materijale.

3.1.3. Dizajner je pokretač i posrednik promjene

U svojoj suštini dizajn postoji da bi izazvao promjenu, promijenio način razmišljanja i izgled. Dizajneri pokušavaju pomoći klijentima promijeniti način na koji ljudi razmišljaju i/ili način na koji djeluju, njihova moć leži u utjecanju na suštinu proizvoda ili usluge. Zeleni dizajn na ovome nivou je sila za pozitivnu promjenu, primjerice upotreba recikliranog papira i „zelenog“ obojenja.

Kao partneri s tiskarima, grafički dizajneri utječu na tijek ogromnih količina materijala i energije, a suradnjom sa marketinškim stručnjacima utječu na javno mišljenje i educiranje klijenata. Moraju razmišljati o budućim generacijama i utjecaj na ekološki sustav.

3.2. Otpad kao grafički materijal

U čistom poslovnom smislu otpad je svaki izlaz proizvodnje koji ne daje vrijednost organizaciji. Svako obrezivanje, pogrešni otisci (makulature), te ispusti u okoliš povezani s grafičkim dizajnom su otpad. Također se ubrajaju brošure koje „sjede“ neiskorištene u skladištima, kao i oglasi, promocijski letci ili knjige koje se nisu prodale ili promijenile percepciju publike. Otpad je jedino „neodrživ“ ako nije dio nekog prirodnog kruga ili komercijalnog lanca opskrbe, te se samim time nakuplja u okolišu. To vrijedi za sav prirodni otpad uključujući i onaj koji je stvorio čovjek. Ispušni plinovi su loši jer nitko nije otkrio kako ih uhvatiti i pretvoriti ih u proizvod za profit, pa se ispuštaju u zrak i nakupljaju iznad gradova.

Čin svjesnog traženja kako pretvoriti otpad u proizvod naziva se industrijska ekologija. [2]

Dizajneri se ne bi smjeli ograničavati na standardne materijale već bi trebali tražiti otpatke iz drugih industrija. Ovi nekonvencionalni materijali bi mogli poticati kreativna rješenja, a i besplatni su te su put ka održivosti.

3.3. Dizajniranje unatrag

Dizajniranje unatrag je proces pri kojem dizajneri odlaze na mentalno putovanje unatrag. Počinju od krajnjeg cilja dizajnerskog projekta i rade unatrag dok ne „stignu“ u dizajnerski studio. To je multifazni misaoni proces. Na taj način izbjegavaju blokade koje bi ih sprječavale da rade u skladu sa zelenim dizajnom, odnosno dizajnom za okoliš. Dizajner započinje od samog kraja zamišljajući najbolju moguću sudbinu za dizajn, zatim zamišlja korisnikovo iskustvo s dizajnom i prikazuje si scenarije koje će učiniti iskustvo posebno pamtljivim i vrijednim. Vizualizira proces, distribuciju i dostavu korisniku, uključujući skladištenje, pakiranje i transport. Traži metode koje će biti učinkovitije od „statusa quo“. U konačnici definira najzeleniji mogući scenarij kako bi dizajn mogao biti otisnut, uvezan i završen. To uključuje sve materijale koji odlaze u proizvodnju i ekološke učinke samog procesa proizvodnje. [2]

3.4. Sudbina dizajnerskih materijala

U sudbinu dizajnerskih materijala ulazi sav papir, plastika, ljepilo, boja, folija, premaz - lak i ostali materijali koji čine gotov dizajnerski proizvod.

Postoje šest potencijalnih odredišta za materijale koji grafički dizajneri specificiraju:

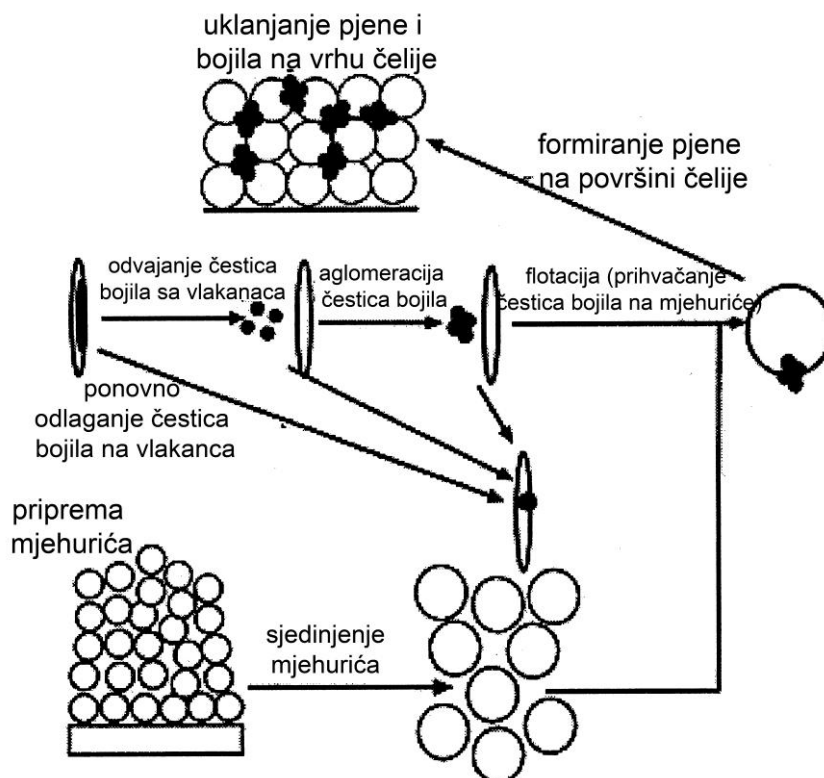
- 1) Trajno smeće za plastiku i druge trajne materijale koji zaostaju u moru ili na kopnu
- 2) Odlagalište konvencionalnog ili opasnog otpada
- 3) Spaljivanje, pretvaranje materijala u energiju + emisija u zraku + pepeo
- 4) Gnojivo preko gradskog programa ili u kućanstvu
- 5) Recikliranje u: vlakna, polimere ili metale koji se mogu ponovno koristiti
- 6) Ponovna upotreba za istu ili drugu svrhu. [2]

Moguće je gledati na svaku od ovih sudbina kroz objektiv materijalne vrijednosti. Svaka predstavlja gubitak vrijednosti (uz moguću iznimku dizajna koji se mogu potpuno iskoristiti), ipak, neke su sudbine bolje od drugih.

4. DIZAJN, EKOLOGIJA I TEORETSKE POSTAVKE MEHANIZMA PROCESA RECIKLACIJE OTPADNOG PAPIRA

4. 1. Teoretske postavke mehanizma procesa recikliranja otpadnog papira

Recikliranje starog papira je proces koji se sastoji od nekoliko faza. Tako u procesu repulpiranja uz prisustvo vode i kemikalija papir se razvlaknjuje i nastaje suspenzija, slijedi odvajanje čestica bojila s vlaknaca. Nakon toga se koristi jedna od metoda odstranjivanja čestica boje iz celulozne suspenzije.



Slika 4. Shematski prikaz mehanizma recikliranja - metoda kemijske deinking flotacije [3]

Proces kemijske deinking flotacije započinje aglomeracijom čestica boje, što uzrokuje nastajanje relativno velikih hidrofobnih agregata koji se mogu prenositi strujom mjehurića u flotacijskoj ćeliji. Mjehurići su prijenosnici čestica bojila u pjenu, što uvjetuje separaciju.

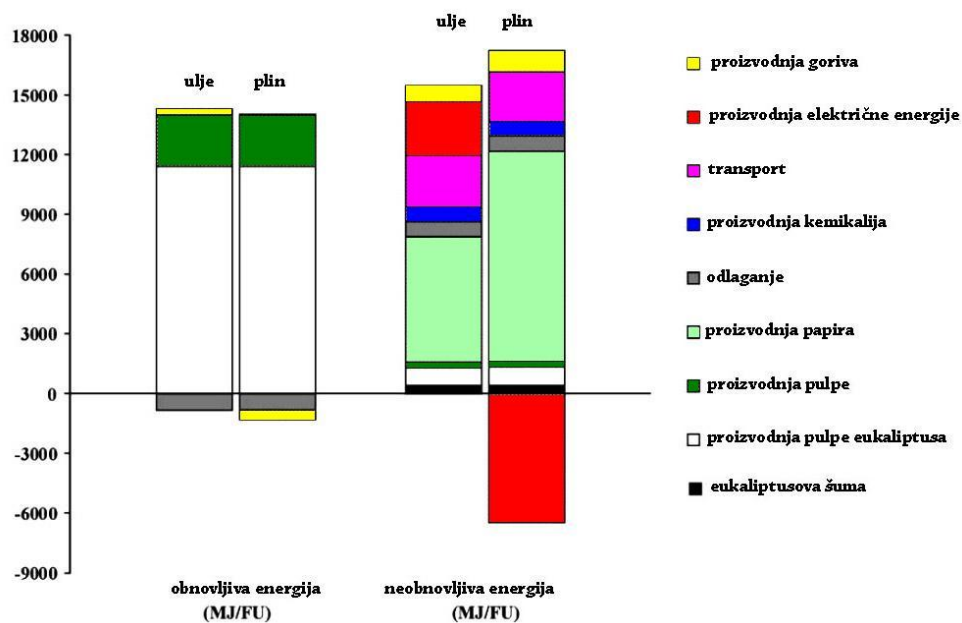
Ovaj osnovni separacijski proces, uključuje niz drugih podprocesa iz domene kemije površina prema istraživanjima Theandera i Pugh, kako je to prikazano na slici 4. [3] Spomenuti podprocesi mogu se definirati kao odvajanje ili ponovno prihvaćanje bojila na vlakanca, aglomeracija i prihvaćanje čestica bojila na mjehuriće, pjenjenje i stapanje mjehurića u ćeliji. Upravo radi činjenice što je većina čestica bojila i drugih zagađivala u procesu recikliranja papira prirodno hidrofobna, dok su celulozna vlakna hidrofilna kao i kompleksnosti sustava, u svrhu studiranja mehanizma procesa flotacije, potrebno je razmotriti i hidrodinamičke i nehidrodinamičke interakcije koje su dio fizikalno kemijske prirode cjelokupnog procesa. [4]

Razumijevanje problematike može biti olakšano razvojem modela koji iskorištava uvođenje fizikalnih parametara (npr . veličinu i raspodjelu čestica te stupanj turbulencije) i njihov utjecaj na učinkovitost flotacije, a varijable iz domene kemije površina (naboj čestica i svojstva površine mjehurića) mogu biti kvantificirane. [5]

4.2. Ekološki aspekt recikliranja otpadnog papira

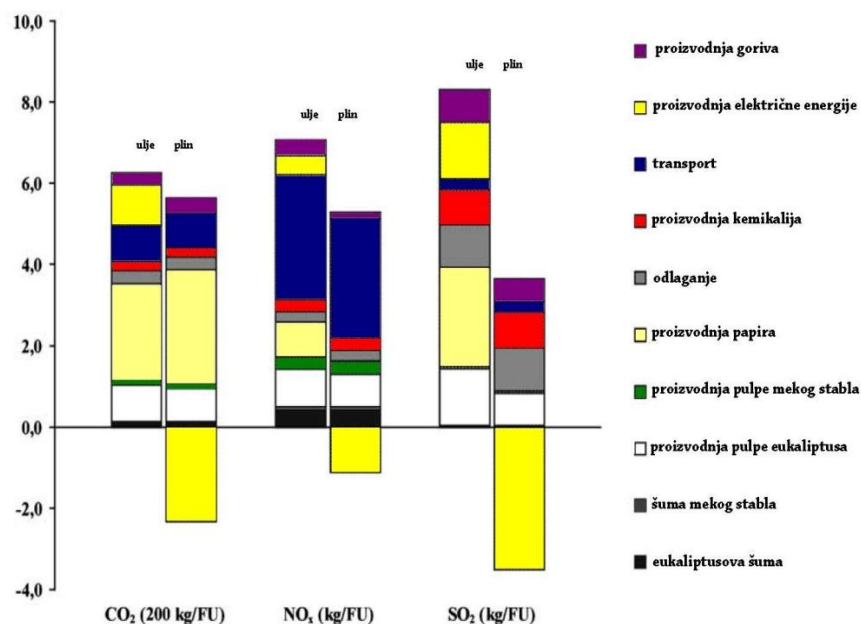
Proces uklanjanja boje sa starog papira je bila i ostala tehnološka zapreka za veće korištenje recikliranih vlaknaca kao sekundarne sirovine. Proces recikliranja papira ipak ima određene ekološke i ekonomske prednosti u odnosu na proizvodnju papira iz djevičanskih vlaknaca.

Primjenom metode životnog ciklusa proizvoda i analizom inventara na slikama dijagrama od *Slike 5. do Slike 7.* prikazuje se utrošak energije, emisija zagađivala u atmosferu i karakteristični pokazatelji opterećenja procesne vode kroz pojedine faze životnog ciklusa papira.



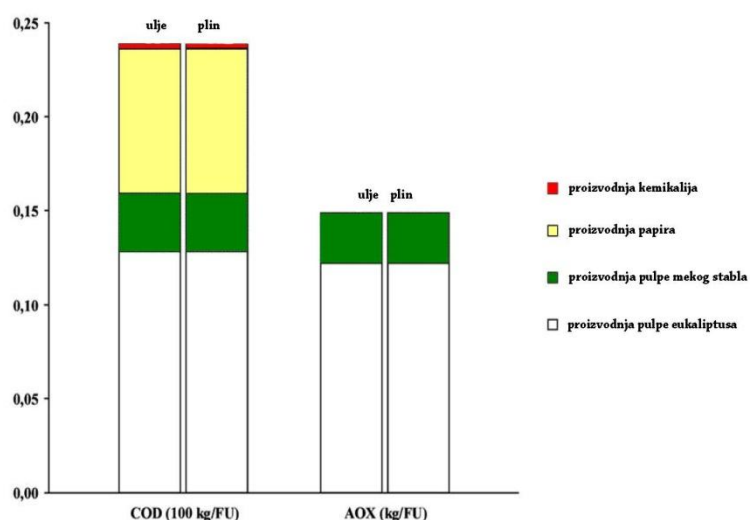
Slika 5. Životni ciklus papira: potrošnja obnovljive i neobnovljive energije [6]

Obnovljiva energije obuhvaćena prikazom uključuje obnovljiva goriva i/ili izvore (voda, drvo, kora i crni lug) koji se koriste za energiju u cjelokupnom životnom ciklusu papira. Neobnovljiva energija odnosi se na korištenje fosilnih goriva u procesima proizvodnje. Proizvodnja pulpe eukaliptusa najveći je potrošač obnovljive energije pošto se sva energija u ovom podsustavu dobiva iz obnovljivih izvora (kora i crni lug). Promjenom energenta loživo ulje/prirodni plin dolazi do smanjenja potrošnje obnovljive energije zbog utjecaja električne energije proizvodnog podsistema koji, kao rezultat veće proizvodnje električne energije u procesu proizvodnje papira, postaje negativan. Ovo znači da potrošnja obnovljive energije izbjegavanjem trošenja električne struje iz nacionalne mreže, nadilazi obnovljivu energiju povezanu s upotrebom električne energije i na drugim stupnjevima životnog ciklusa papira.



Slika 6. Životni ciklus papira: emisija zagađivala u atmosferu [6]

Najveći izvor emisije CO₂ može se pripisati proizvodnji energije iz neobnovljivog izvora u procesu proizvodnje papira. Prelaskom na plin, ova emisija može se smanjit za oko 50%. Većina dušikovih oksida nastaje u transportu, a dio emisijom u procesu proizvodnje papira korištenjem lož ulja kao energenta. Emisija sumpornog dioksida prelaskom na plin može se smanjiti za oko 98%.



Slika 7. Životni ciklus papira: pokazatelji kvalitete procesne vode [6]

Proizvodnja pulpe glavni je čimbenik utjecaja na kvalitetu procesne vode, a odabir energenta, kako je i za očekivati, nema utjecaja.

Proizvodnja papira recikliranjem u odnosu na klasičnu proizvodnju donosi:

- smanjenje potrošnje energije za 40%
- smanjenje zagađenja zraka za 74 do 95%
- smanjenje zagađenja vode za 35%
- smanjenje opasnosti od zagađenja podzemnih voda ostacima bojila iz odloženog otpadnog papira
- smanjenje potrošnje vode za 25%. [6]

U procesu recikliranja moguća je emisija specifičnih zagađivala. Barbarić-Mikočević i suradnici, EDXRF analizom pratili su koncentracije teških metala u produktima flotacijskog deinkinga otisaka digitalnog ofsetnog tiska i tiskovne podloge. [7]

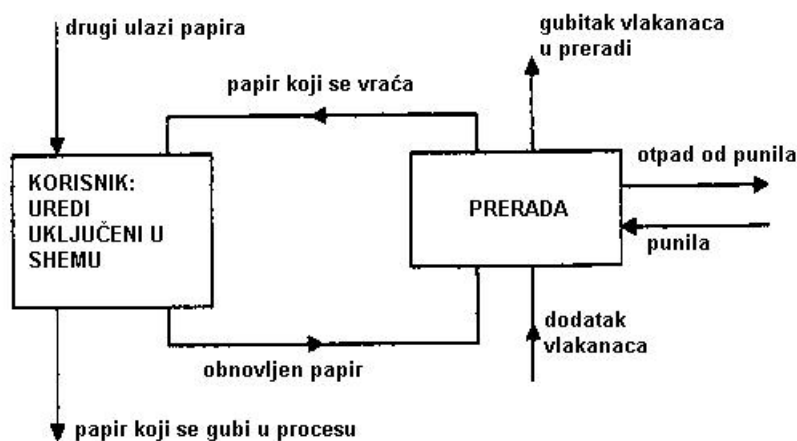
Rezultati istraživanja su pokazali da dezintegracijom otisaka, može utjecati na raspodjelu elemenata iz tiskovne podloge u procesnu vodu, laboratorijski list i pjenu. Teški metali iz ElectroInka ne prelaze u procesnu vodu procesa deinkinga. Najveći dio organoklornih spojeva u proces recikliranja ulazi preko papira za obradu, a svega 1% preko kemikalija deinkinga i korištenih aditiva. [8]

S aspekta ekologije i održivosti značajno je zatvaranje kružnog toka vode u proizvodnji papira. Ukupni stupanj smanjenja KPK otpadne vode koja je reciklirana i ponovno vraćena u proizvodni proces iznosi 90%, što zadovoljava visoke zahtjeve samog procesa. [9]

4.3. Dizajn održivog grafičkog proizvoda i odabir tiskovne podloge

Dizajneri koji pokušavaju razumjeti ekološki učinak papira, najčešće korištene tiskovne podloge, moraju se suočiti s naletom kompetitivnih logotipa i tržišnih tvrdnji od strane proizvođača papira. Svaka kompanija promovira određeni raspon prednosti svojih proizvoda, zbog čega je teško usporediti konkurentne proizvode. Ako se razumiju mnogostruki ekološki problemi s kojima se suočava proizvođač papira, elementi odabira papira za kreaciju održivog grafičkog proizvoda proizlaze iz tri osnove kategorije problematike: vlakanaca, vode i energije. [10]

Dizajneri izborom papira u domeni vlaknaca mogu djelovati na sprječavanje sječe šuma, a samim time i na biološku raznolikost. Ekološka održivost kroz dizajn u ovom segmentu postiže se korištenjem papira načinjenog od sekundarne sirovine-recikliranih vlaknaca ili pak održivih djevičanskih vlaknaca.



Slika 8. Recikliranje papira-zatvoreni sustav

Recikliranje papira – zatvoreni sustav (uredski otpadni papir se skuplja, reciklira i ponovo vraća u urede) može izbjeći nestalnost cijena i zalihe ponovo korištenih materijala radi postojanja čvrste veze između iskorištenog materijala i potrebe za recikliranim proizvodom. U ovom slučaju analiza naglašava potrebu primjene načela industrijske ekologije jer razmišljanja nadilaze integrirano upravljanje otpadom u kontekstu planiranja uporabe i ponovnog korištenja specifičnih materijala. Daljnji pristup u upravljanju iskorištenim materijalima i proizvodima vodi do razvoja eko-industrijskih parkova unutar kojih bi papir bio samo jedna od sirovina koje kruže.

Osim toga u proizvodnji papira mogu se koristiti alternativna vlakanca koja nisu dobivena iz drveta kao sirovine. Alternativna vlakanca su još jedan smjer ka izbjegavanju uništavanja šuma kroz kupovinu papira. Jedno od alternativnih vlakana je bambus. [11]

Raste brže od drveta i može ponovno izrasti iz već posađenog korijena, bez ponovne sadnje, što znači da ne utječe na smanjenje gubitaka tla. Međutim, većina bambusa dolazi

iz Azije i mora biti transportirana preko velikih udaljenosti, što zahtjeva značajne količine energije.

Navedeni, ali i drugi slični usjevi bude nadu za promjenu izvora vlakanca na godišnje obnovljive usjeve koji mogu rasti u mnogim klimama i uz malo pesticida. Agri-pulpa je možda izvor vlakanca koja najviše obećava, koriste se dijelovi usjeva koji nisu upotrijebljeni za hranu ili druge primarne svrhe.

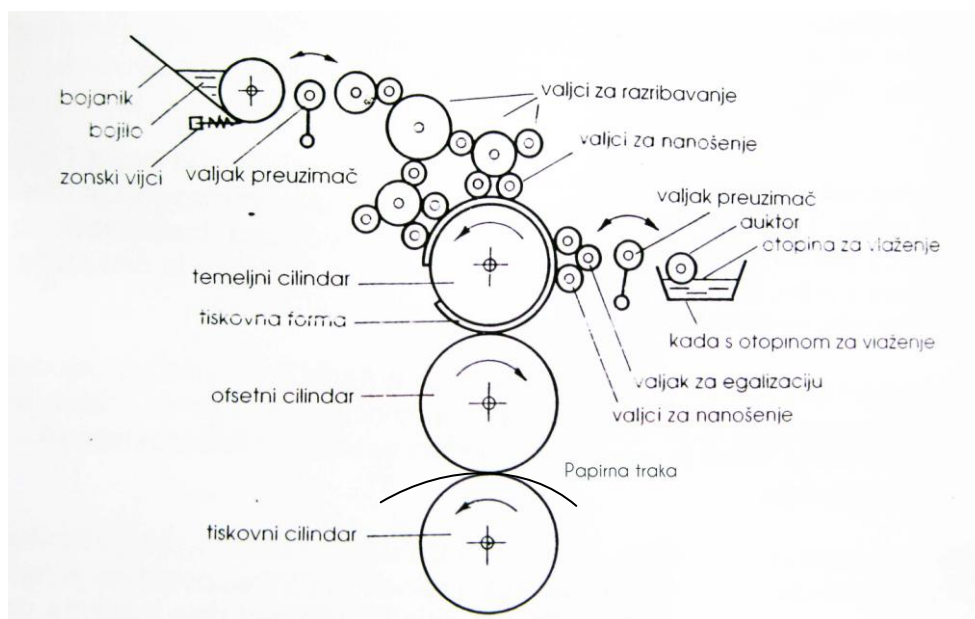
Dizajneri pri odabiru papira u odnosu na utrošak vode i kvalitetu procesne vode trebaju podržavati proizvođače koji koriste zatvoreni kružni tok voda, kao i one koji za proizvodnju papira koriste sekundarnu sirovinu (manji utrošak vode po masi proizvoda). [12]

U tvornicama papira sa zatvorenim kružnim tokom vode i pročišćavanjem procesne vode, određena količina pročišćene vode vraća se u proces i zamjenjuje svježom vodom. [13]

Dizajneri mogu smanjiti negativan utjecaj na okoliš sa aspekta energije kroz odabir papira načinjenih od recikliranih vlakana i podržavanjem obnovljivih izvora energije u izradi papira.

5. USPOREDBA KONVENCONALNOG I DIGITALNOG OFSETA SA EKOLOŠKOG ASPEKTA

Glavna karakteristika ofsetnog (plošnog tiska) je da su tiskovni elementi i slobodne površine tiskovne forme praktično u istoj ravnini, a crtež s tiskovne forme prenosi se na tiskovnu podlogu posredstvom ofsetnog cilindra. Funkcioniranje tiskovne forme u plošnom tisku zasnovano je na oleofilnosti¹ odnosno hidrofobnosti² tiskovnih elemenata i hidrofobnosti, odnosno oleofilnosti slobodnih površina. Na tako prepariranu tiskovnu formu prvo se preko cijele površine nanosi otopina za vlaženje (voda s dodatcima) koja se prihvaća samo na slobodnim površinama. Zatim se preko cijele forme nanosi bojilo (bojilo je izrađeno na bazi ulja). Bojilo će se prihvatiti na slobodne površine, koje nisu „zauzete“ otopinom za vlaženje, i to su tiskovni elementi. Nakon toga ofsetni cilindar preuzima bojilo i bezbojnu otopinu za vlaženje sa forme i prenosi ih na tiskovnu podlogu. [14]



Slika 9. Princip rada ofsetnog tiska (sustav za bojanje i sustav za nanošenje otopine za vlaženje)

¹ Oleofilnost je fizikalno svojstvo molekule da se otapa u ulju; oleofilni elementi zbog svog sastava na sebe privlače ulje, oni su tiskovni elementi; na njih se prihvaća bojilo (jer je na bazi ulja), ali ne i voda.

² Hidrofobnost je fizikalno svojstvo molekule da se ne otapa u vodi; u tisku ti dijelovi neće biti otisnuti.

5.1. Konvencionalni ofsetni tisak

Priprema konvencionalnog tiska je duga i skupa. Primjerice za tisak iz četiri boje, potrebno je koristiti četiri ofsetne ploče koje su montirane na cilindre, napuniti spremnike za boju ofsetnom bojom, zatim slijedi uhodavanje stroja – ulaganje papira koji ulazi u tisak dok se razine tinte i pritisci valjaka podešavaju. Svi otisci koji su napravljeni tokom ove faze pripremanja stroja za tiskanje su otpad (makulature), a to je značajna količina otpada. Na makulature će otpasti 10 % papira koji će biti otpad pripreme. Jedan od načina za izmjeriti eko učinkovitost tiskanja je usporediti količinu nastalog otpada sa količinom neupotrebljivog otisnutog materijala. Konvencionalni ofsetni tisak započinje sa vrlo velikim deficitom u mjerenju njegovog dugačkog procesa pripreme. Vrijeme pripreme varirati i ovisiti će o tiskarevoj opremi i iskustvu. [10]

Uloga dizajnera je da u komunikaciji i dogovoru sa tiskarom spriječi nepotreban otpad.

Ekološki učinak tiska je određen tokom triju ključnih faza:

- 1) Priprema stroja
- 2) Vrijeme rada stroja
- 3) Čišćenje stroja

Svaka faza predstavlja izrazite ekološke izazove.

Utjecaj ofsetnog tiska, kao procesa proizvodnje na okoliš, manifestira se kroz cijeli niz čimbenika kao što su: utrošak materijala, buka strojeva, zagađivanje zraka, voda i tla te recikliranje i zbrinjavanje iskorištenog proizvoda.

Svakako bi trebalo spomenuti i pripremu ofsetne forme prije samog tiska, koja također uvelike utječe na kvalitetu okoliša. U fotografskim procesima tekući otpad čine upotrijebljene otopine razvijača, fiksira te vode koja se koristila za ispiranje filmova. Kruti otpad su iskorišteni filmovi, pomoćni materijali kao npr. montažne folije. Navedeni prije svega imaju negativan ekološki učinak na vode.

Tokom faze pripreme stroja u otpad ulaze papiri i bojilo.

U fazu rada stroja ulaze alkohol i alkoholne zamjene, koji su glavni izvori onečišćenja zraka u obliku hlapljivih organskih spojeva. Također, ulazi i potrošnja energije koja se dobiva iz fosilnih goriva, što rezultira značajnom emisijom stakleničkih plinova.

U fazu čišćenja stroja ulaze toksična otapala (izvor hlapljivih organskih spojeva) često korištena za čišćenje valjaka i spremnika boje. Označavaju se kao hlapljivi organski spojevi, osim određene zdravstvene i sigurnosne rizičnosti unutar pogona, mogu dovesti do niza fotokemijskih reakcija u vanjskoj atmosferi.

Stalnom kontaktu radnika s otopinama za vlaženje, sredstvima za pranje i čišćenje; koji su načinjeni na bazi ugljikovodika (spojevima u kojima su agresivne kemikalije) te bojama uzrokuje kožna oboljenja. [15]

S obzirom na kemikalije koje se upotrebljavaju u samom postupku u otpadnim vodama kao polutante treba istaknuti kromate, odnosno ione kroma (VI) i (III). Prisutnost organskih spojeva u otpadnim vodama prezentira se kemijskom potrošnjom kisika. U *Tablici 1* prikazane su koncentracije iona kroma prema radnim operacijama, kao i kemijska potrošnja kisika.

Tablica 1 Koncentracija kroma i KPK³-a u otpadnoj vodi iz procesa pripreme tiskovne forme pozitivskim kopirnim postupkom. [16]

Faza rada	Koncentracija polutanata u otpadnoj vodi
Čišćenje, centrifugiranje	200 - 400 mg Cr(VI)/m ³
Razvijanje (25% pokrivenost površine)	200 - 300 mg Cr(VI)/m ³
Oslojavanje, KPK	500 - 900 mg Cr(VI)/m ³
Razvijanje, KPK	50-380 mg O ₂ /l
uklanjanje preostalog kopirnog sloja, KPK	1600-1900 mg O ₂ /l
gumiranje, KPK	380-410 mg O ₂ /l

Mjere koje bi doprinijele povećanju kvalitete okoliša su: zamjena ili smanjenje 2-propanolnog alkohola (koji pod određenim uvjetima može sudjelovati u fotokemijskim

³ Kemijska potrebitost kisika (KPK) je količina (volumenska masa) kisika, koja je potrebna za potpunu oksidaciju organskih i anorganskih tvari. Jedinica za kemijsku potrebitost kisika je mg O₂/ l. Važan je parametar za samokontrolu ulaznih i izlaznih (otpadnih) voda kao i postrojenja za obradu voda. [15]

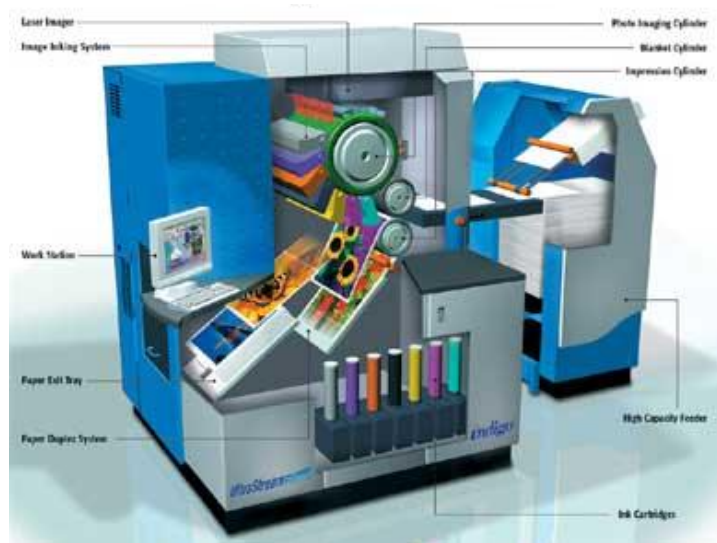
reakcijama s produktima štetnim za okoliš i ljudsko zdravlje) u otopini za vlaženje, upotreba automatskih sustava za pranje, smanjenje količine deterdženata te upotreba regeneracijom pročišćenih ulja.

5.2. Digitalni ofsetni tisak

Digitalni tisak je tehnika tiska kojom se informacija (tekst i slika) grafički obrađuje i priprema pomoću računala u digitalnom obliku, u latentnoj i nematerijalnoj formi, a tisak se ostvaruje bez materijalnih prijenosnika informacija kao što su tiskarski slog, film i tiskovna forma. Osnova digitalnog tiska je elektroničko računala.

Otisak se stvara izravno iz digitalnih podataka, drugim riječima, stranica, tekst i slika stvorenih su pomoću elektroničkih prijeloma ili programa za stolno izdavaštvo. Za razliku od konvencionalnih tiskarskih postupaka, nema srednje međutiskarske faze između digitalnog dokumenta i završnog ispisa otiska. Nema upotrebe filma, osvijetljivača ploča, foto-kemikalija i nema otpada. Nema ni pripreme za tisak, odnosno nema ofsetnih ploča i njihovog montiranja, registracije, prilagodbe, i nema ručnog miješanja boje. Digitalni ofsetni tisak je potpuno digitalno kreiranje ispisa, a samim time je ekološko prihvatljiviji od konvencionalnog ofsetnog tiska. [10]

Potrošnja papira, bojila, kemikalija, otpada je manja kod digitalnog tiska u odnosu na konvencionalni ofsetni tisak.



Slika 10. HP Indigo Series 2000

6. HIPOTEZA, OPĆI I SPECIFIČNI CILJEVI RADA

Kao što je spomenuto u prethodnim poglavljima cilj današnjih dizajnera i grafičara je postići održivu, čistiju, „zelenu“ proizvodnju/dizajn podrazumijevajući, između ostalog, upotrebu recikliranog papira.

Kvaliteta recikliranog papira je slabija od papira napravljenog od djevičanskih vlakanca, ona odstupa u stupnju bjeline papira i njegovim mehaničkim svojstvima. Općenito, cilj je postići što bijeliji papir radi estetskih i tehničkih razloga (npr. otisnuta boja poprima drugačiji ton od željenog).

Poznato je da proces flotacije u fazi recikliranja papira igra veliku ulogu na krajnji rezultat bjeline i „čistoće“ papira. Kako bi se dokazala hipoteza da osim flotacije i dužina trajanja dezintegracije utječe na krajnji rezultat, ovaj rad će se pozabaviti procesom dezintegracije, mijenjajući parametre njezinog trajanja kako bi se dokazalo da i dužina dezintegracije utječe na bjelinu papira i umanjenu čestica obojenja, odnosno na umanjenje veličina i količine čestica na recikliranom papiru, a sve u svrhu da bi se dokazalo da reciklirani papir ne odstupa puno od nerecikliranog. Ispitivati će se vrijednosti dezintegracije vremenskog trajanja od 10 minuta, 20 minuta, 30 minuta i 40 minuta.

Raniji radovi ukazali su na probleme u deinking flotaciji otisaka dobivanih elektrofotografskim principom otiskivanja s tekućim tonerom. Postavlja se pitanje da li je moguće promjenom uvjeta u određenim fazama tiska utjecati na veću kvalitetu recikliranih vlakanca, a da se time ne dovede u pitanje kvaliteta otiska. U ovom radu istražuje se utjecaj korekcije temperature ofsetnog cilindra u temperaturnom području 125⁰C, 130⁰C, 135⁰C, 140⁰ C i 145⁰ C.

7. MATERIJAL, METODE I PLAN RADA

7.1. Materijali

Za izradu otisaka na stroju HP Indigo TurboStream korišteno je bojilo ElectroInk. To je emulzija koja sadrži oko 5% monomerne pigmentne paste, oko 94% mineralnog lakohlapivog ulja i oko 1% agensa za povećanje električne provodljivosti.

Za otiskivanje na stroju Xerox DocuColor 5000 korišten je praškasti dvokomponentni toner, koji se sastoji od polimera i pigmenta, te nosioca željeznog oksida.

Osim navedenog u eksperimentalnom dijelu korištene su sljedeće kemikalije deinkinga: natrijev hidroksid NaOH p.a., vodikov peroksid H₂O₂ p.a., natrijev silikat Na₂SiO₃ p.a., Flokutan STE, i Aquasec od Schill - Seilacher, Heibron.

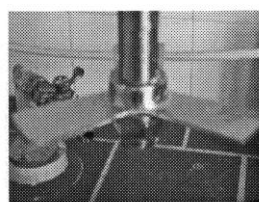
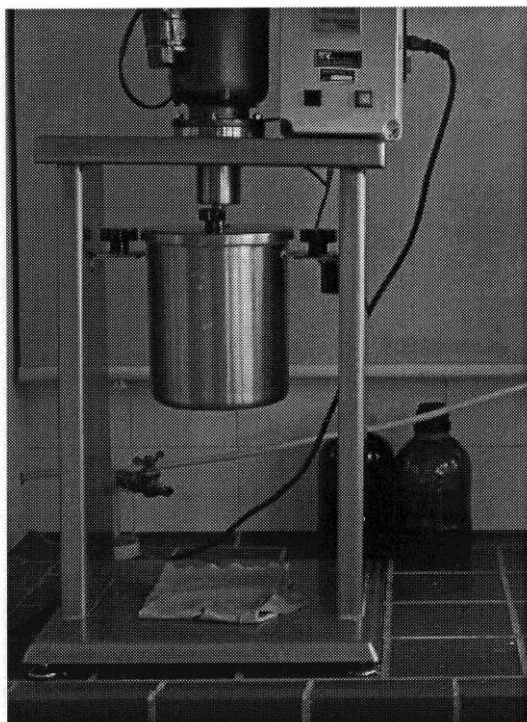
Za otiskivanje korišten je premazani papir namijenjen za digitalni tisak. Gramatura tog papira iznosi 160g/m², ISO svjetlina 93%, a upojnost po Cobbu 38.49 g/m²

7.1.1. Dizajniranje test forme

Test forma je dizajnirana korištenjem standardnih ISO i ECI predložaka, a kreirana je u aplikaciji Adobe Photoshop. Cjelina koju predstavlja ECI mjerni segment sastoji se od 378 polja za izradu ICC profila i 3D gamuta. Test forma sadrži klasične tiskarske elemente za praćenje kvalitete reprodukcije, stepenaste CMYK klinove u rasponu 10 do 100% RTV i standardnu ISO ilustraciju.

7.1.2. Dezintegrator

Za dezintegraciju otisaka korišten je uređaj proizvođača Enrico Toniolli, koji je prikazan na *Slici 11*.



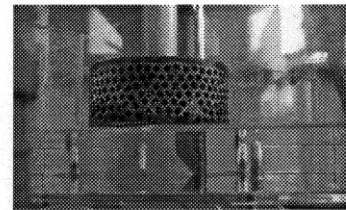
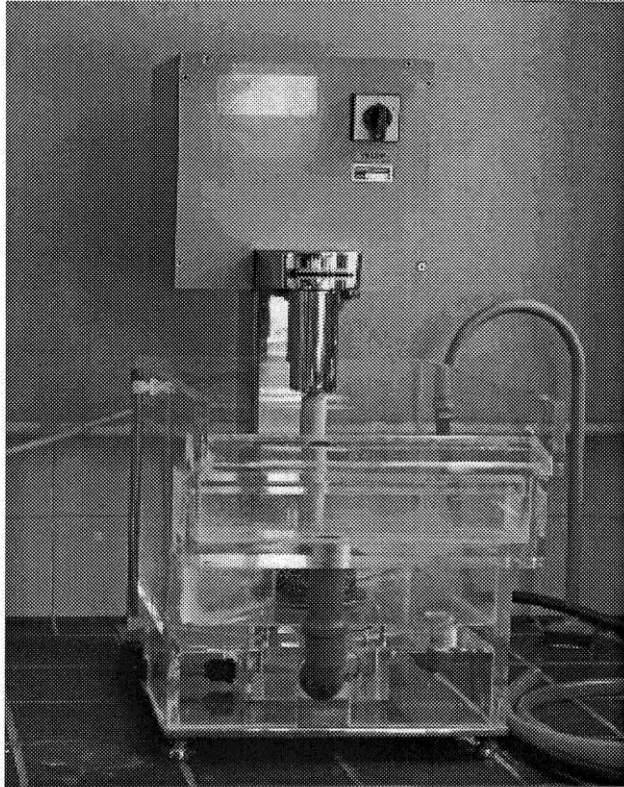
Slika 11. Dezintegrator

Uz pomoć navedenog uređaja papir se razvlaknuje i pretvara u kašu

Dezintegrator se sastoji od: posebno dizajnirane posude u koju se smješta uzorak, vijaka za fiksiranje posude, elektromotora koji okreće miješalicu s noževima, sigurnosnog mikro prekidača, brojača okretaja, glavnog prekidača za uključivanje napajanja motora i signalne sijalice.

7.1.3. Flotacijska ćelija

U istraživanjima je korištena laboratorijska flotacijska ćelija, prikazana na *Slici 12*. Flotacija slijedi nakon procesa dobivanja pulpe.



Slika 12. Flotacijska ćelija

Posljednjih godina naglo se razvija tehnologija „konstrukcija flotacijskih ćelija“. U radu se koristi tzv. Denverski tip flotacijske ćelije. Od drugih tipova, ćelije se razlikuje i po količini bojila koji se može izdvojiti odnosno količini odbačene tvari.

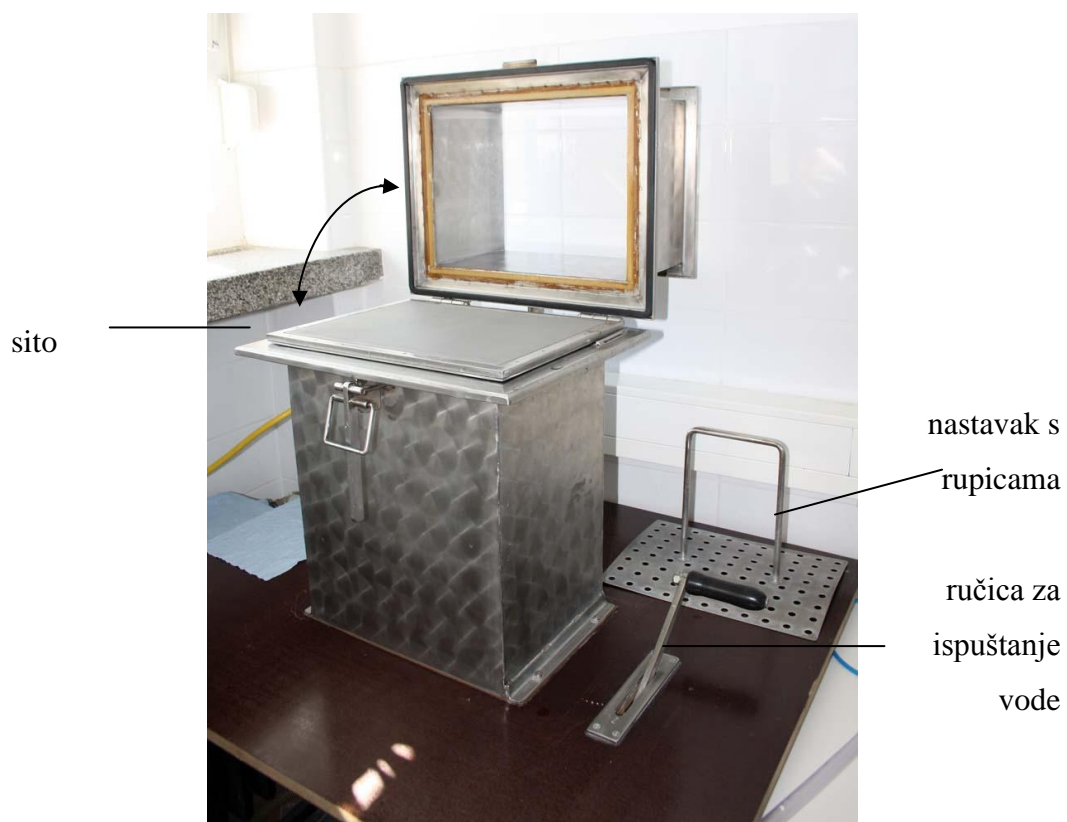
Flotacija slijedi nakon procesa dobivanja pulpe u dezintegratoru. Da bi se moglo postići dobro odvajanje boje i nečistoća potrebno je postići određenu hidrofobnost, veličinu čestica, kontaktni kut kako je sve pojašnjeno u Općem dijelu.

Osnovni princip flotacije uključuje uvođenje zračnih mjehurića u suspenziju starog papira, kemikalija i vode. Tijekom flotacije zračni mjehurići prolaze kroz suspenziju i dolazi do prihvaćanja čestica za mjehurić.

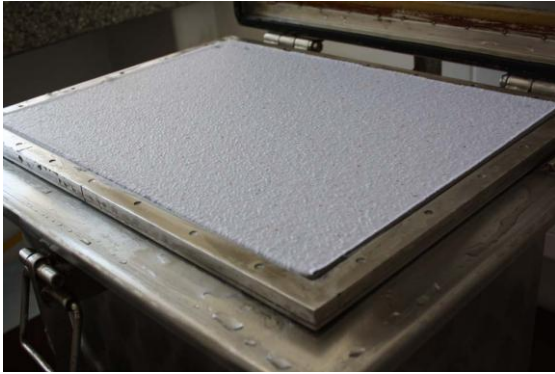
Čestica prihvaćena za mjehurić putuje kroz suspenziju i dolazi na površinu dviju faza, gdje se ona uključuje u pjenu.

7.1.4. Uređaj za formiranje lista

Za izradu laboratorijskih listova korištena su dva uređaja. Uređajem za formiranje lista papira prikazanim na *Slici 13* (podržava standardnu TAPPI-205 metodu) dobivamo A4 format recikliranog papira (210 x 297 mm). Former se napuni vodom te se suspenzija ravnomjerno ulijeva po situ kako bi se homogenizirala sa vodom. Zatim se nastavkom s rupicama potiskuje voda sa suspenzijom prema dolje te se voda ispušta iz uređaja i na situ ostaje formirani laboratorijski list papira. List se odvaja od sita pomoću valjka i papira velike upojnosti prelazeći valjkom oprezno u jednom smjeru preko slojeva papira, odvaja se ručno od sita i suši na zraku. Izrađuje se jedan papir sa suspenzijom prije flotacije i dva sa suspenzijom nakon flotacije.



Slika 13. Uređaj za formiranje lista papira



Slika 14. Formirani list papira



Slika 15. Odvajanje lista papira od sita

Drugi uređaj za formiranje laboratorijskog lista je Rapid-Köthenu Sheet Former proizvođača PTI Austrija. Za razliku od prije opisanog uređaja, ovaj se može koristiti za formiranje automatske i ručne verzije. Rapid Köthen Sheet Former oblikuje okrugle papire, radijusa 100mm.

Recikliranje papira rađeno je u K1 programu koji je definiran prema standardu ISO 5269-2, a sastoji se od slijedećih navedenih faza s njihovim trajanjem: punjenje-18 sekundi, agitacija-7 sekundi, umirujući rad-5 sekundi, ispuštanje vode-2 sekundi i isušivanje-20 sekundi.

Suspenzija se dodaje kada voda u uređaju dostigne nivo od 4 litre. Nakon što voda pomiješana sa suspenzijom dostigne nivo od 7 litara, komprimirani zrak izlazi iz rupica smještenih na donjem rubu spremnika i na taj način homogenizira suspenziju. Suspenzija kratko vrijeme miruje kako bi svi mjehurići izašli na površinu. Voda se ispušta kroz donji dio spremnika te se spremnik ručno otvara i na sito na kojem se nalazi formirani mokri list papira stavlja se okrugli upojni papir (gladom stranom prema dolje), zatim se prelazi valjkom i to na način sredina-lijevo-desno-sredina, te sredina-gore-dolje-sredina (prema standardu ISO 5269-2). Udarcom o gumenu podlogu odvaja se papir od sita, te se na drugu stranu mokrog papira stavlja manji okrugli papir i stavlja u sušač s papirnim nosačem (veći papir) okrenutim prema dolje.

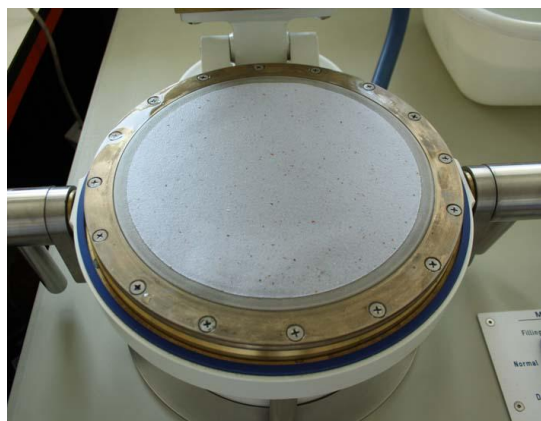
Izrađuju se četiri papira prije flotacije (po dva približne mase 1,4g i 1,7g) i osam nakon flotacije ($m=1,4g$ i $1,7g$), odnosno onoliko koliko je potrebno da bi se do kraja potrošila suspenzija.



Slika 16. Rapid Kothen Sheet Former (PTI) uređaj



Slika 17. Agitacija



Slika 18. Formirani list papira



Slika 19. Upojni papir i valjak

7.1.5. Spektrofotometar Technidyne Color Touch 2

Nakon što su se reciklirani laboratorijski listovi osušili slijedi spektrofotometrijsko mjerenje.

Technidyne Color Touch 2 spektrofotometar omogućava brzo i točno mjerenje optičkih karakteristika pulpe i papira. Ujedno je i prvi spektrofotometar dizajniran posebno za industriju pulpe i papira.

Ovim spektrofotometrom može se mjeriti svjetlina, boja, razlika boja, fluorescencija, opacitet, bjelina te ERIC vrijednost. Ispituju se papir prije flotacije i dva papira nakon flotacije. Napravi se 6 mjerenja, okrećući strane papira.

Koristeći ovaj spektrofotometar može se odabrati između šest sistema (prostora boja): XYZ, Lab, $L^*a^*b^*$, $L^*C^*h^*$, DWL PUR x,y,z, RxRyRz; u ovom radu su mjereni x,y,z i $L^*a^*b^*$.

Za područje opaciteta, odnosno prozirnosti mjereni su:

R_0 i R_∞ koji omogućuju individualna očitavanja za R_0 (vrijednost reflektancije dobivene s podlogom koja ima refleksiju 0) i R_∞ (vrijednost reflektancije dobivene s podlogom od nekoliko papira (kup papira) koja se koriste za izračunavanje opaciteta.

Contrast ratio - omjer kontrasta definiran je kao $100 * (R_0 / R_\infty)$ R_∞ se ne mjeri, već je izračunat iz R_0 i R_∞ vrijednosti.

Raspršenje i absorpcija (*eng.: Scattering and Absorption Powers/ Scattering and Absorption Coefficient*). Transparencija daje DIN transparentnost izračunatu na sljedeći način: $T = ((R_\infty - R_0) * (1 / R_\infty - R_0))^{1/2} * 100$.

ERIC vrijednost (*eng.: Effective Residual Ink Concentration*) je koncentracija zaostale boje u papiru. Pomoću ove opcije moguće je mjerenje parametara koji utvrđuju sadržaj, odnosno koncentraciju zaostale boje u papiru. Iz ovih mjerenja vidljivo je u kojoj mjeri se mora provoditi deinking i bijeljenje kako bi se postigla zadovoljavajuća svjetlina papira. U nastavku se pojašnjavaju pojmovi koji ulaze pod ERIC i mjereni su u radu:

Svjetlina (*eng.: Brightness*):

Trenutna (*eng.: Carrent*) - vrijednost svjetline

Ciljana (*eng.: Target*) - željena svjetlina finalnog proizvoda

Inkless - svjetlina koja bi se mogla postići ukoliko bi se odstranila sva zaostala boja (odnosi se na proces bez bijeljenja). Po vrijednosti bi Inkless svjetlina trebala biti veća

od ciljane svjetline i taj podatak može pokazati koliko boje još treba ukloniti te u kojoj mjeri treba provoditi bijeljenje, kako bi se održala ciljana svjetlina.

Absorpcija (*eng.: Absorption*):

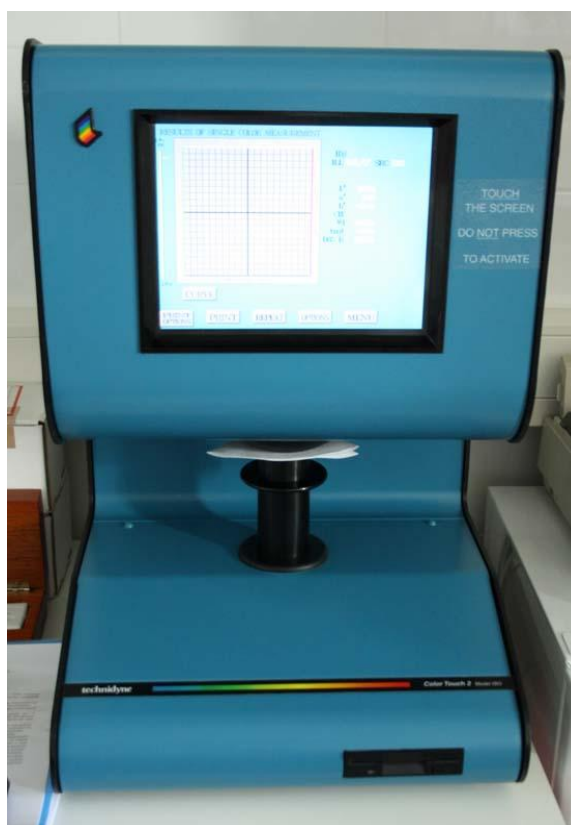
Residual ink - koeficijent apsorpcije zaostale boje. Označava koliko je svjetlosne energije apsorbirala preostala boja (pri valnoj duljini od 457nm).

Lignin & dyes - koeficijent apsorpcije lignina i boja

Total - ova vrijednost predstavlja koeficijent apsorpcije uzorka pri 457nm.

Vrijednost predstavlja kombinaciju koeficijenta apsorpcije zaostale boje i ostalih komponenti koje mogu absorbirati boju pri 457nm.

Scattering coefficients - daje prikaz izmjenjenog raspršenja za Light Weight Sample (uzorke s opacitetom manjim od 97%).



Slika 20. Technidyne Color Touch 2 spektrofotometar

7.1.6. X-rite DTP 41

Uređaj je spojen na računalo. Pomoću aplikacije ColorShop X može se izmjeriti: gustoća obojenja, L^* , a^* , b^* , c^* , H^* , x,y,z , Y , sivoće, pogreške tona, spektralne refleksije u vidljivom dijelu spektra i rastertonske vrijednosti obojenja i ICC profili. Iz generiranog ICC profila pomoću programa MONACO platinum mogu se formirati prostorni gamuti obojenja.



Slika 21. X-rite DTP 41

7.2. Metode rada

7.2.1. Kemijska deinking flotacija

Masa uzorka od 88 g izreže se na kvadratiće veličine 2x2 cm, te zajedno s 2L vodovodne vode (temperature 50°C); 0,053 ml Aquasec-a; 0,51 ml natrij silikata; 1,54 ml 10% H_2O_2 ; 1,73 ml 5% NaOH i 0,3 ml 50% Flokutana STE dezintegrirana na određeno vrijeme

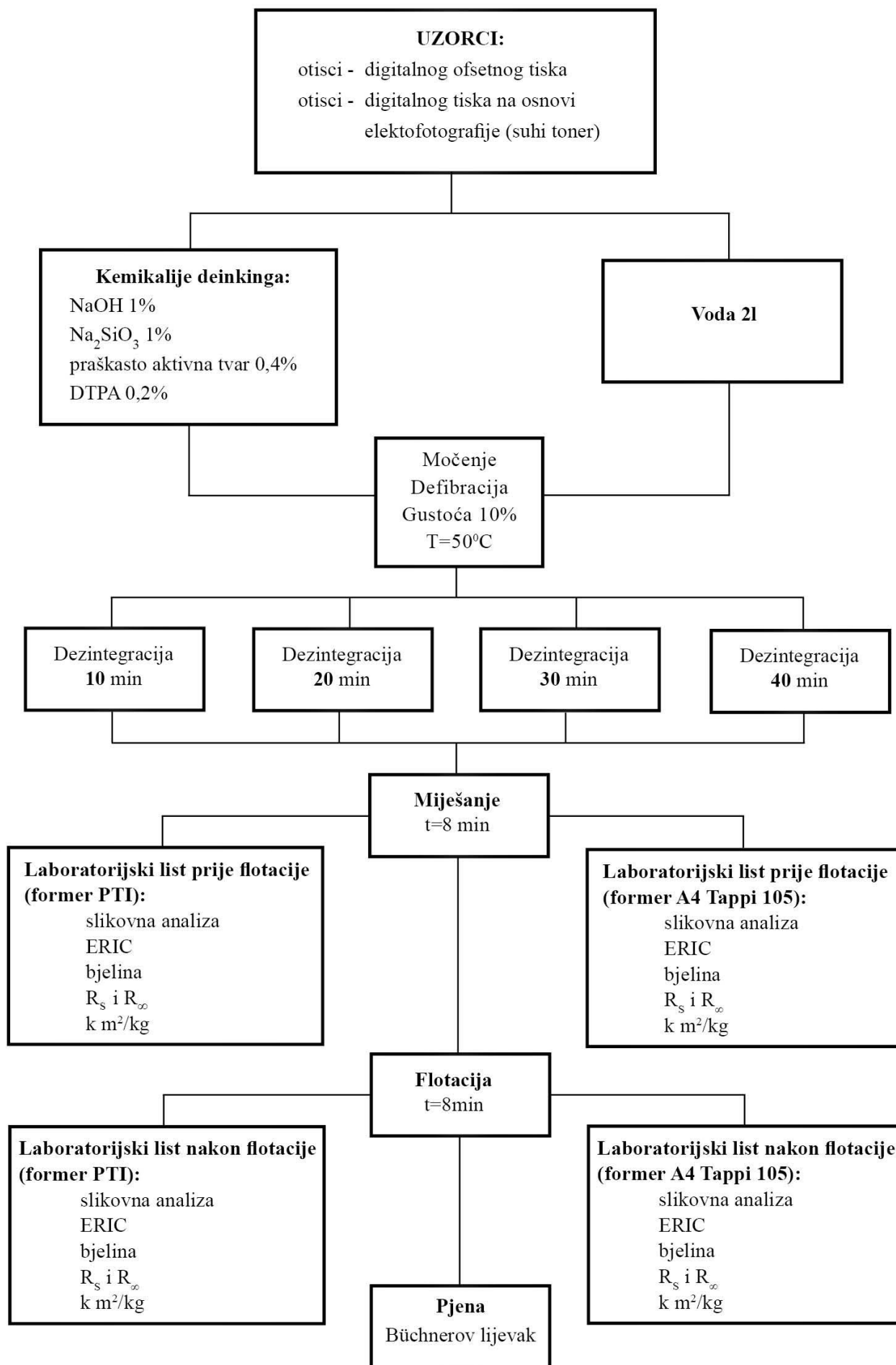
(10, 20, 30 i 40min). Dobivena suspenzija preljeva se u posudu za miješanje uz dodatak 10 litara vodovodne vode, temperature 30°C te se miješa 8 minuta.

Nakon miješanja odvaja se 1824 ml suspenzije za izradu lista papira prije flotacije. Preostali volumen suspenzije, odnosno 10176 ml, prenosi se u flotacijsku ćeliju. Proces flotacije traje 8 minuta i za to vrijeme se lopaticom skuplja pjena s površine suspenzije. Na taj način uklanjaju se čestice bojila i ostale nečistoće, koje su neželjene u konačnom proizvodu. Pjena skupljena tokom flotacije filtrira se preko Büchnerovog lijevka. Suspenzija se koristi za izradu laboratorijskih listova poslije flotacije.



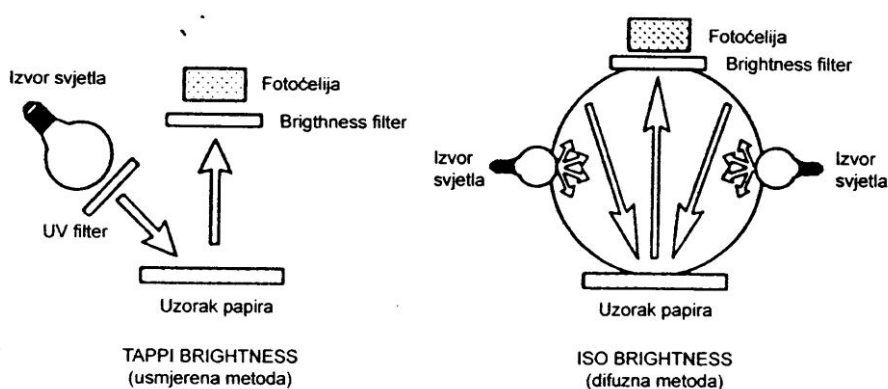
Slika 22. Pjena

Tok eksperimentalnog rada prikazan je na *Slici 23*.



Slika 23. Tok eksperimentalnog rada

Parametar koji se najčešće koristi za numeričko prikazivanje optičke kvalitete pulpe nakon provedbe procesa deinking flotacije je faktor spektralne refleksije R_{457} koji se koristi kao veličina ISO svjetlina. Instrumenti za mjerenje su spektrofotometri. Princip mjerenja je određivanje omjera između svjetla reflektiranog s uzorka papira pri određenom kutu, te svjetla koje je pri identičnim uvjetima mjerenja reflektirano s posve bijelog materijala. Dva reflektirana intenziteta svjetla se zatim uspoređuju. Instrument se kalibrira na poznatu bijelu referencu, a izmjerenu vrijednost uzorka čita kao faktor refleksije.



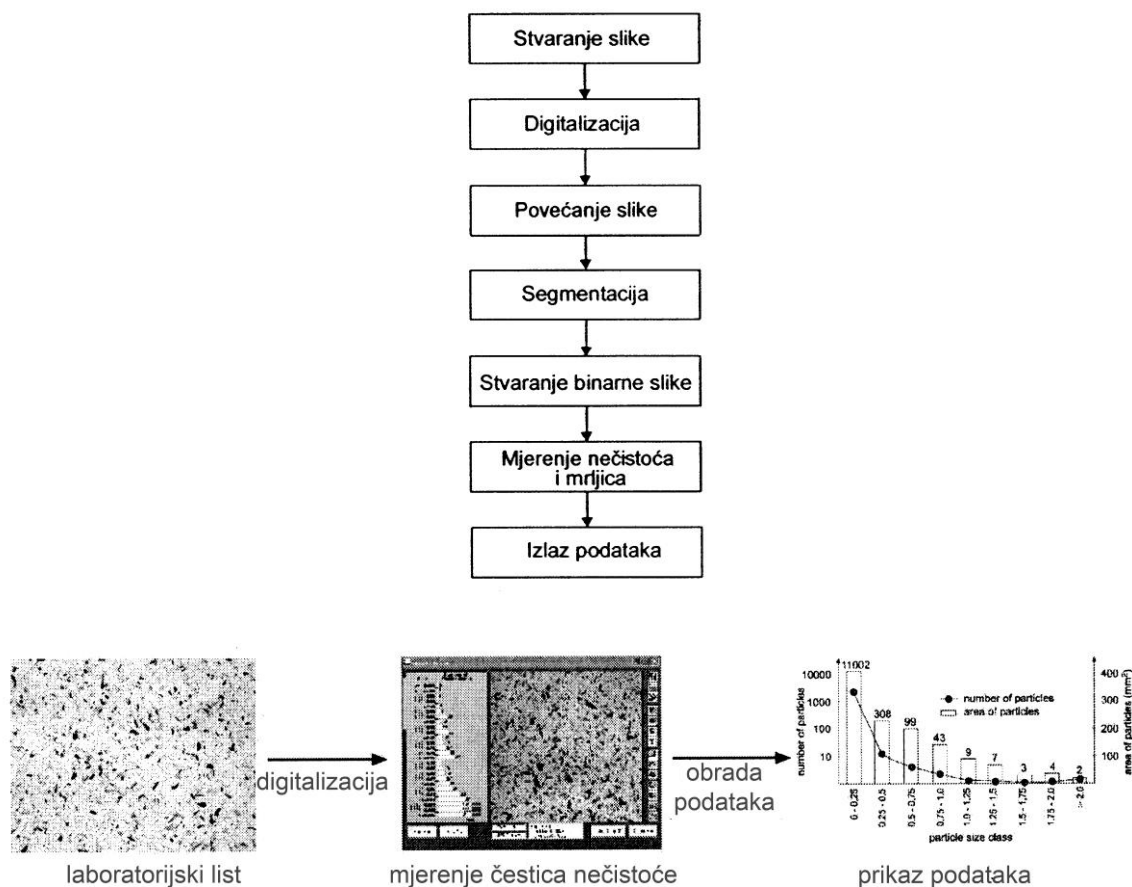
Slika 24. Razlike u mjerenju bjeline prema TAPPI i ISO standardu²³⁷

Postoje dvije osnovne metode za određivanje bjeline papira: TAPPI i ISO standardna metoda^{233, 234}. Obje metode koriste princip mjerenja faktora refleksije papira pri efektivnoj valnoj duljini od 457nm, koja definira faktor spektralne refleksije R_{457} . Razlika u metodama postoji radi geometrije upadne zrake svjetla koja je prema TAPPI standardu 45° . Prema ISO standardu potrebna je difuzna iluminacija, kako je to prikazano na Slici 24. Za mjerenje se u oba slučaja koristi 0° .

7.2.3. Slikovna analiza

Slikovna analiza se koristi za utvrđivanje optičke nehomogenosti laboratorijskih listova. Tu se podrazumijevaju nečistoće odnosno čestice bojila zaostale nakon procesa deinking flotacije otpadnog papira.

U izvedbi same metode važna je priprema uzorka, jer se snimaju samo one čestice koje se nalaze na površini uzorka. Kvantitativna analiza može se načiniti samo na vrlo tankim uzorcima, gdje je smjer z gotovo jednak nuli. Sam proces mjerenja sastoji se od koraka kako je to prikazano na *Slici 25*.



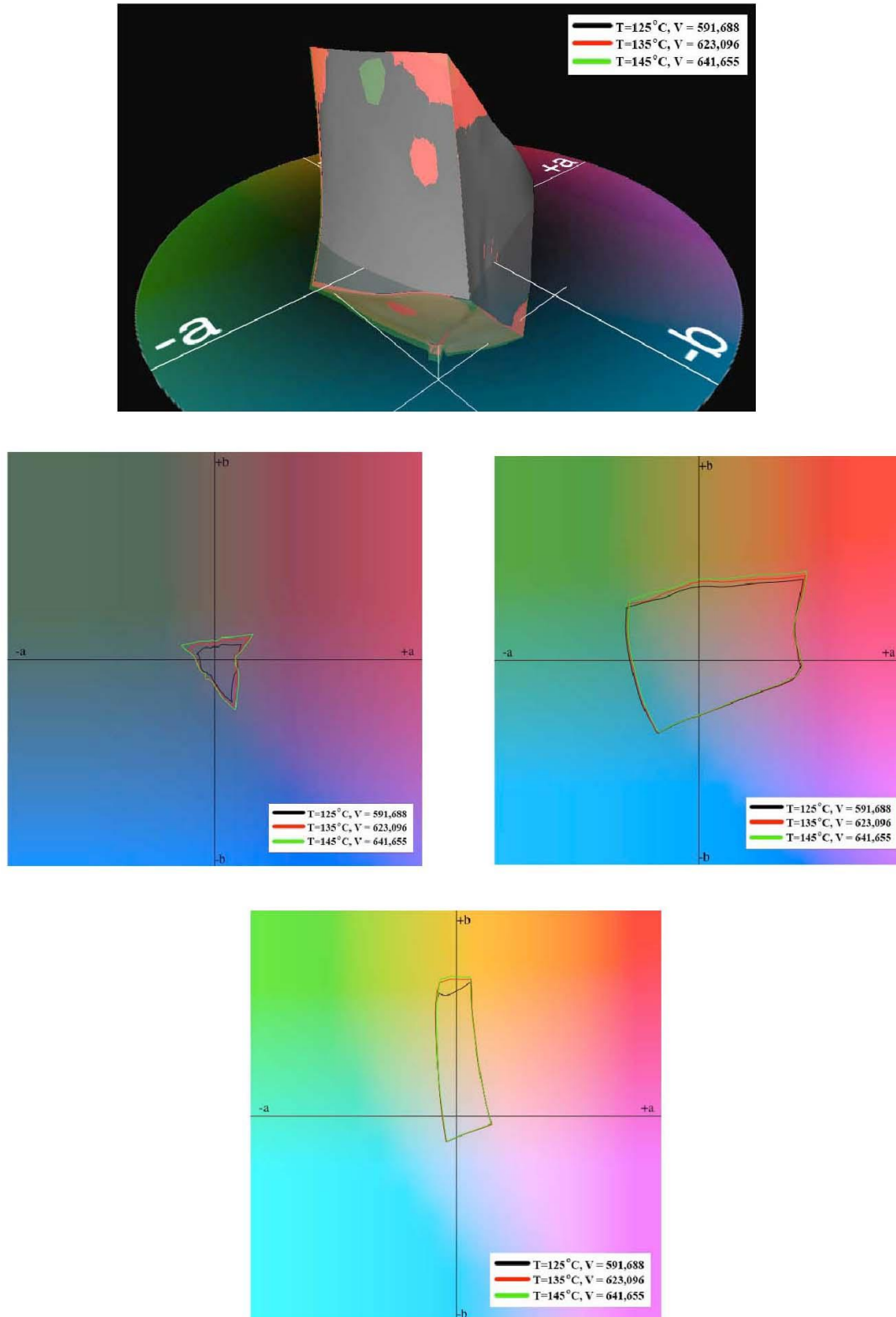
Slika 25. Princip i tok mjerenja čestica bojila i nečistoća slikovnom analizom

Prepoznavanje i snimanje čestica nečistoće metodom slikovne analize koristi razliku kontrasta između čestica i njihove pozadine. Slika dobivena kamerom se digitalno transformira u piksele čija veličina ovisi o polju vidljivosti, a ono pak o razlučivosti kamere. Identificiranje čestica se koristi razlikom u nivoima sivog. Svakom pikselu je dodijeljena veličina za stupanj sivoće sa maksimumom od 255 u ovisnosti o njegovoj refleksanciji. Funkcije obrade slike povećavaju kontrast između mjernog objekta i pozadine

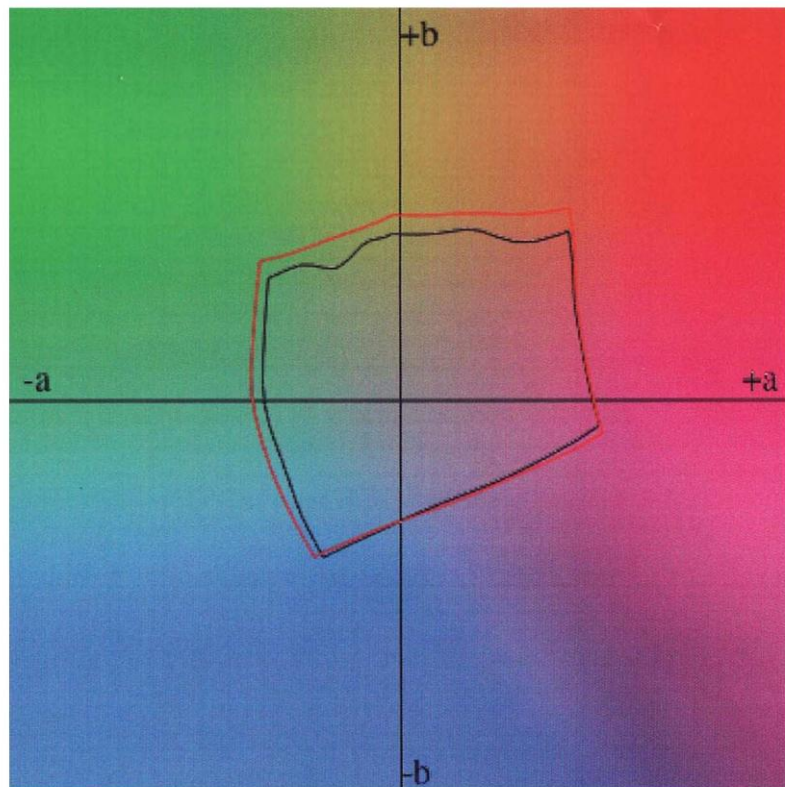
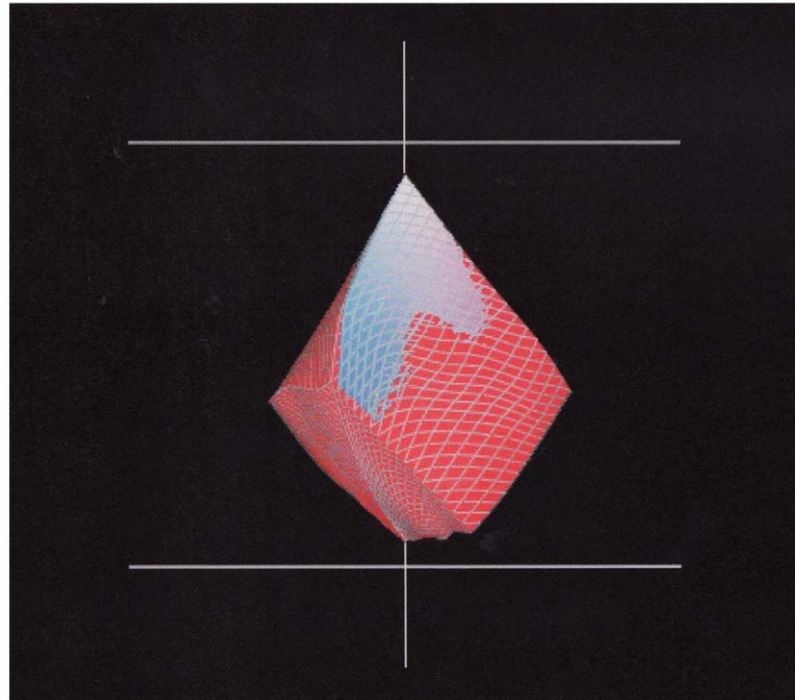
slike. Segmentacijom slike se digitalne vrijednosti sivoće slike dobivene kamerom konvertiraju u binarne vrijednosti. Ovako se svi pikseli sa stupnjem sivoće iznad određenog praga vrijednosti identificiraju kao čestice nečistoće te dobivaju vrijednost 1u binarnoj slici. Slikovna analiza završava mjerenjem čestica nečistoća i izlazom podataka. Parametri mjerenja se obično odnose na 1m^2 uzorka papira ili 1g na zraku suhe pulpe. Za slikovnu analizu korišten je software Spec*Scan® Apogee Systems, Inc. Princip određivanja distribucije broja i površine čestica bojila unutar određenih klasa veličina na listu načinjenom od vlaknaca iz različitih faza procesa reciklacije otisaka shematski je prikazan na *Slici 25*.

8. REZULTATI

8.1.Prikazi gamuta otisaka

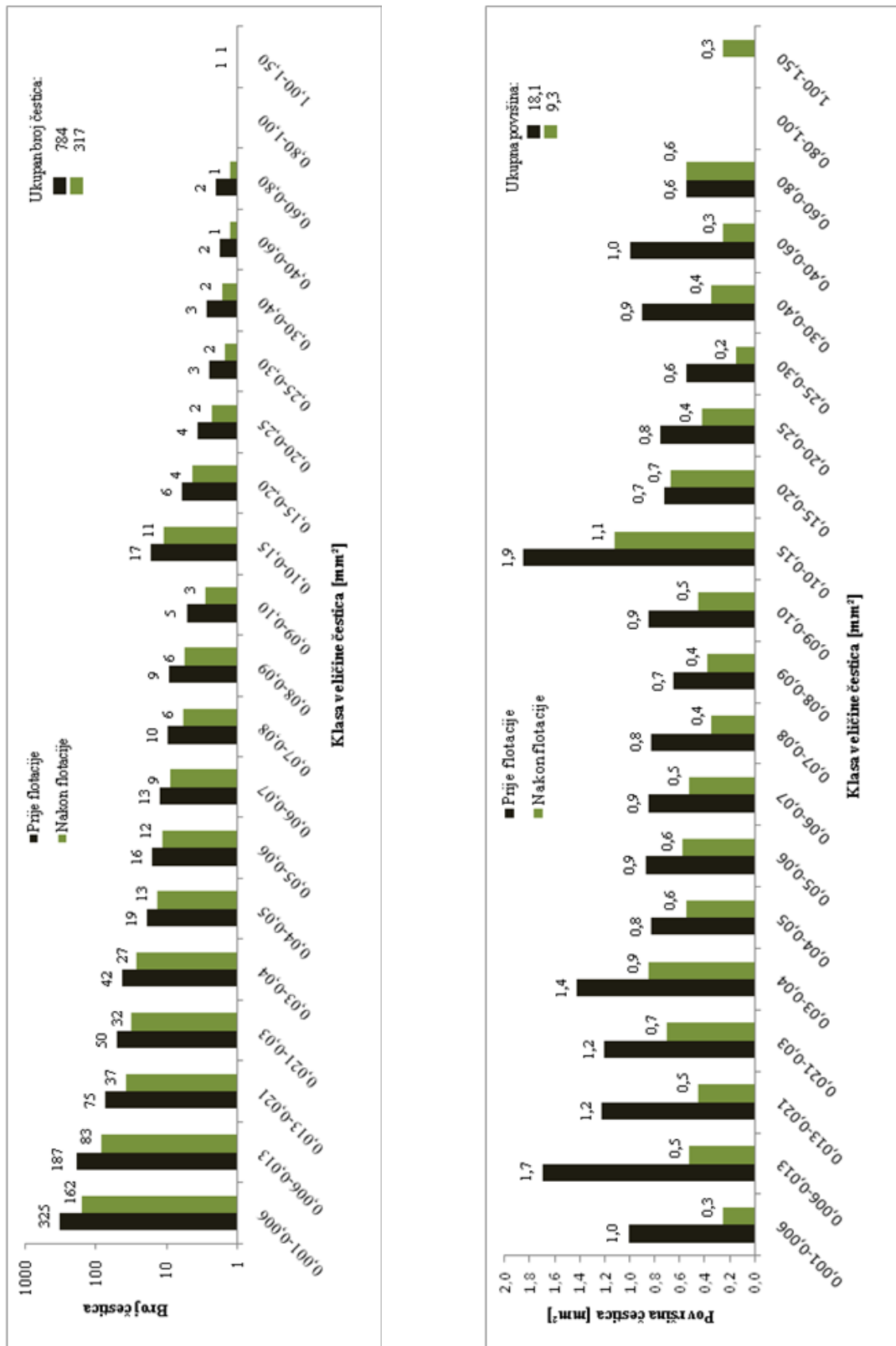


Slika 26. Usporedni dvodimenzionalni i trodimenzionalni prikaz gamuta otisaka na stroju HP Indigo TurboStream, varijacija temperature ofsetnog cilindra

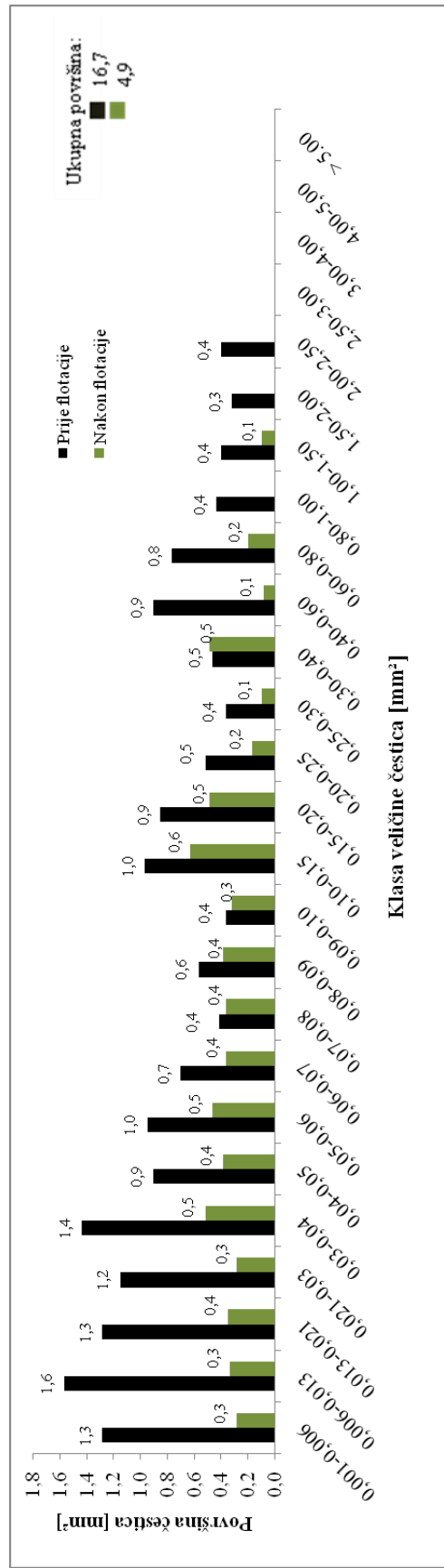
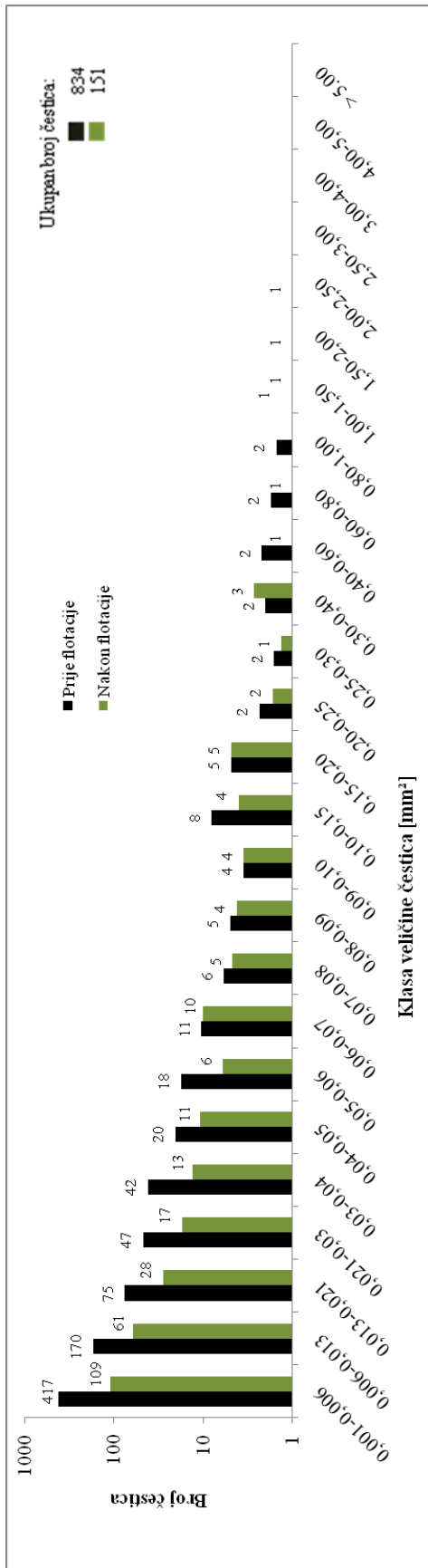


*Slika 27. Usporedni dvodimenzionalni i trodimenzionalni prikaz gamuta otisaka
Xerox DocuColor 5000 (različite podloge)*

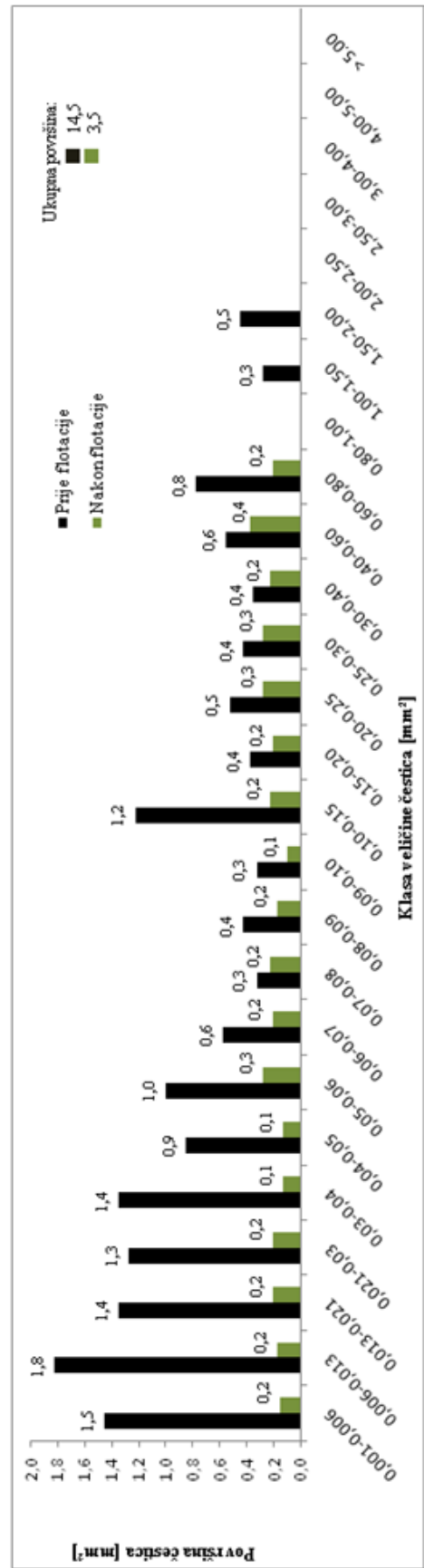
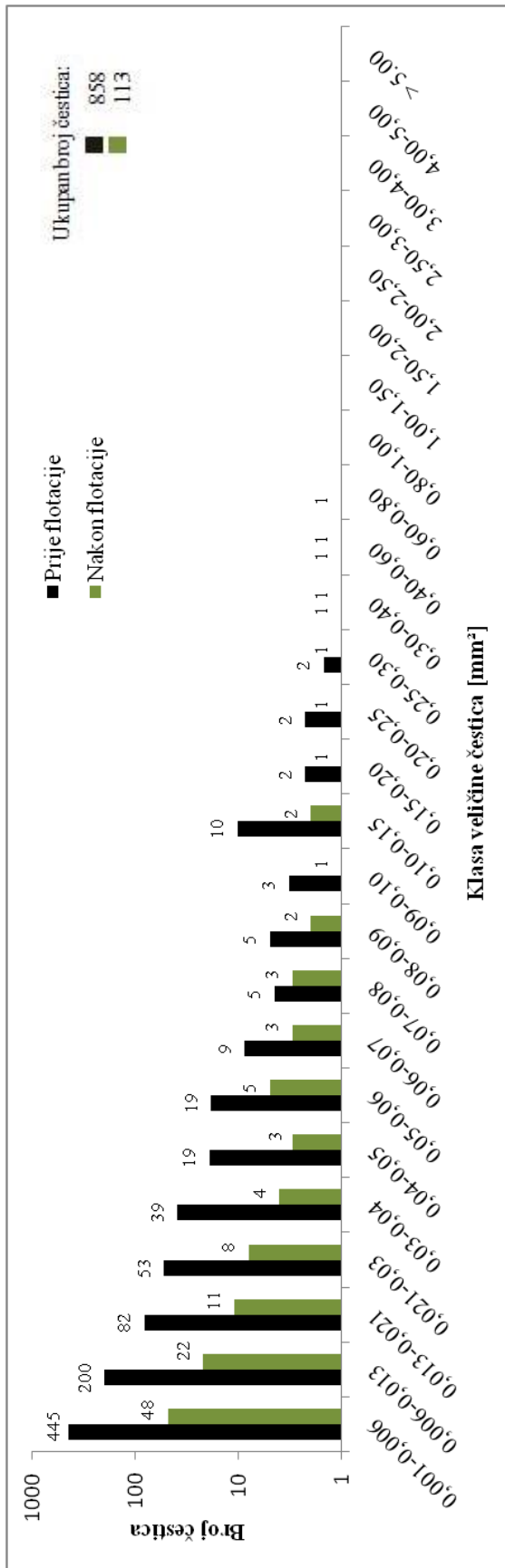
8.2.Rezultati slikovne analize



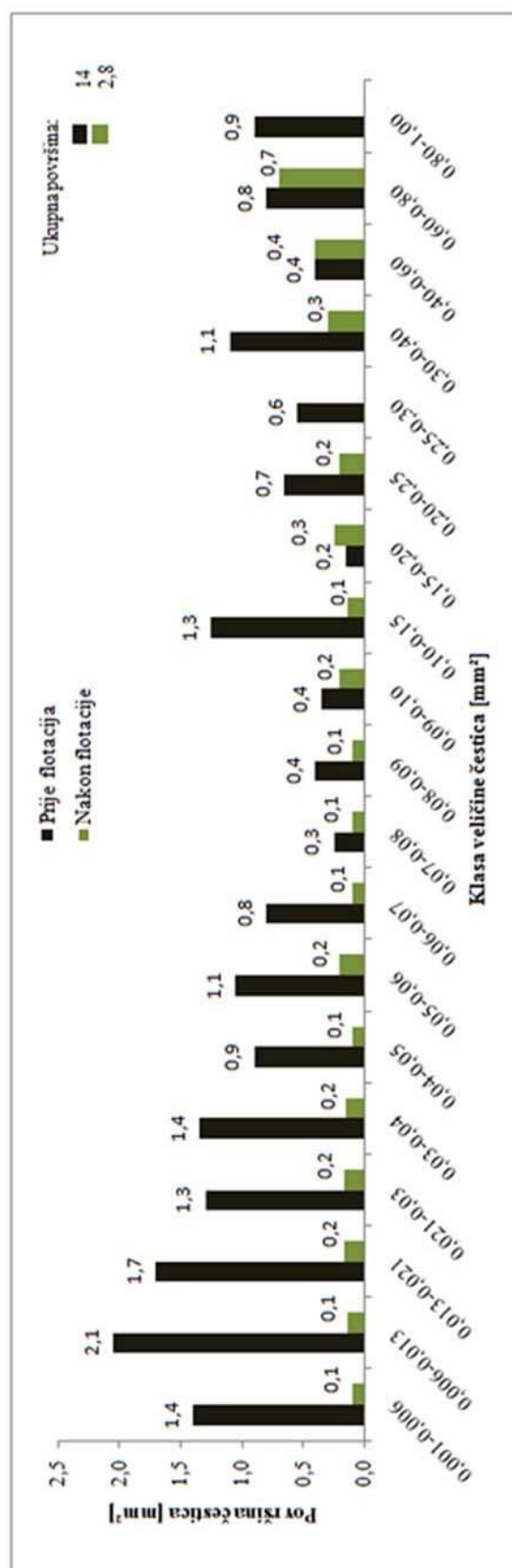
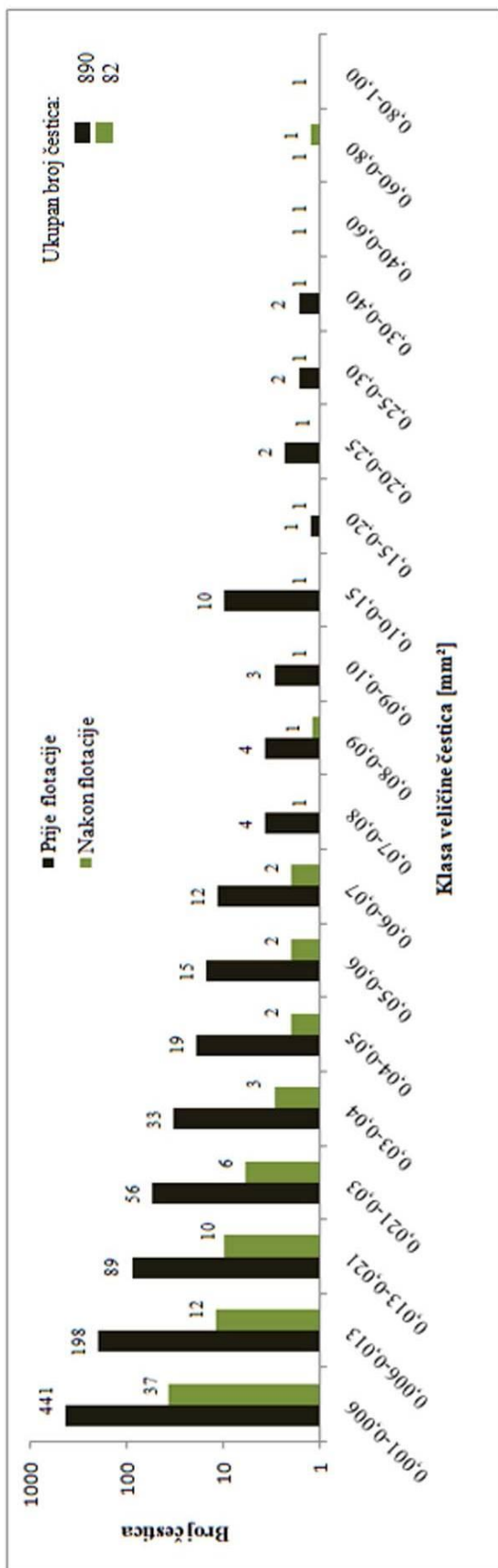
Slika 28. Razdioba veličine čestica i njihove površine na listu načinjenom prije i poslije flotacije otisaka Xerox DocuColor 5000, t dezintegracije 10 min



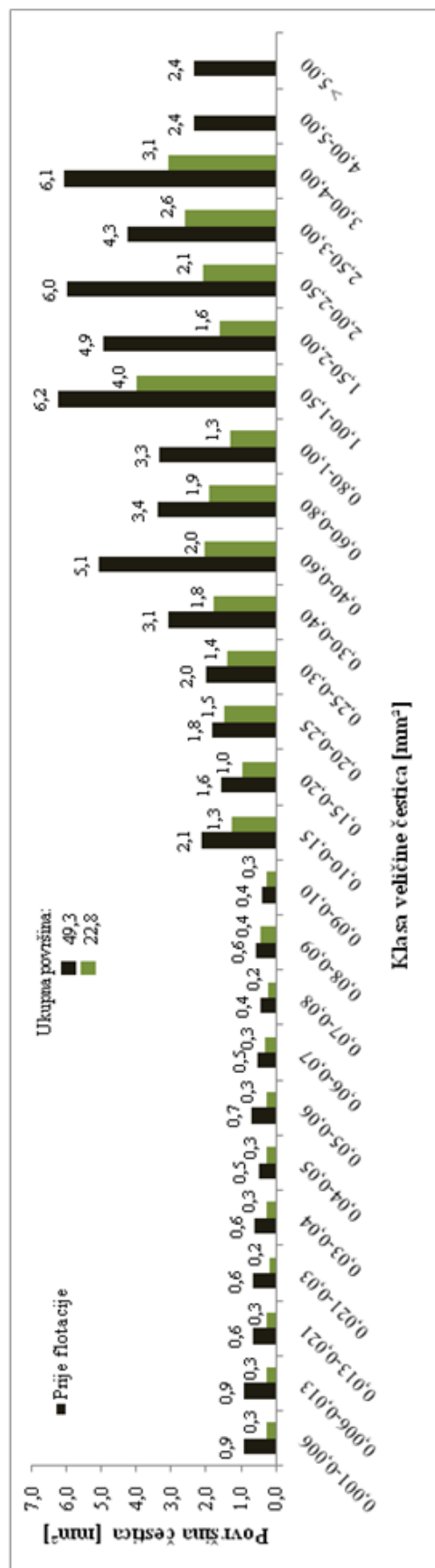
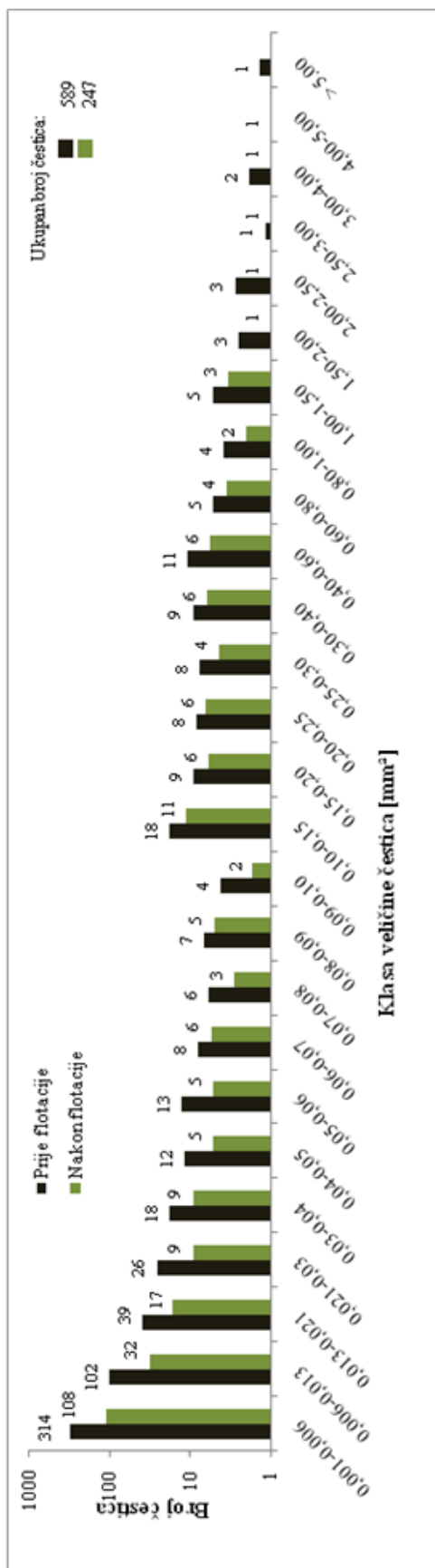
Slika 29. Razdioba veličine čestica i njihove površine na listu načinjenom prije i poslije flotacije otisaka Xerox DocuColor 5000, t dezintegracije 20 min



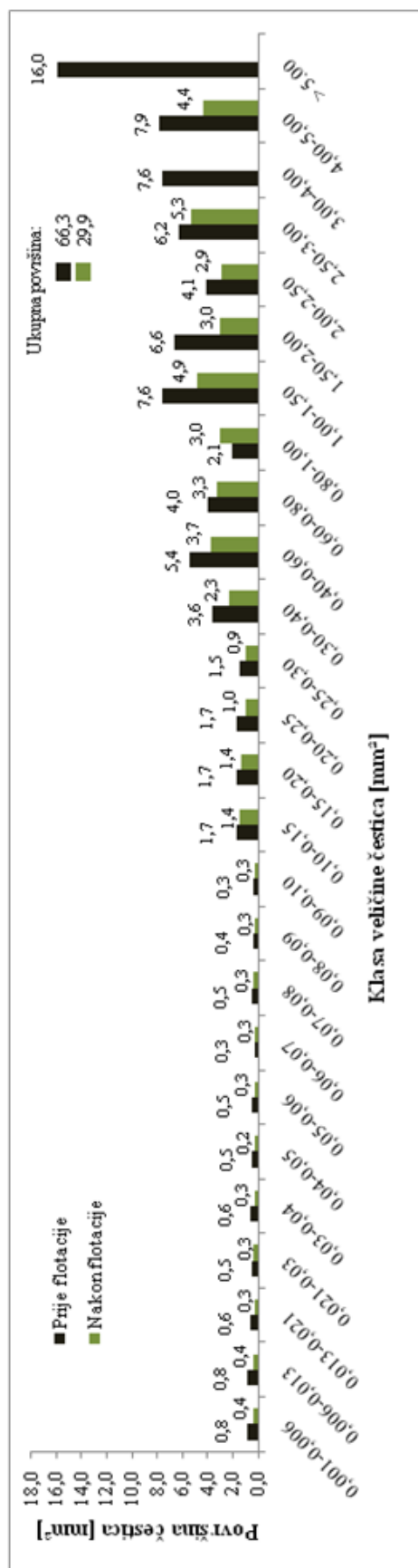
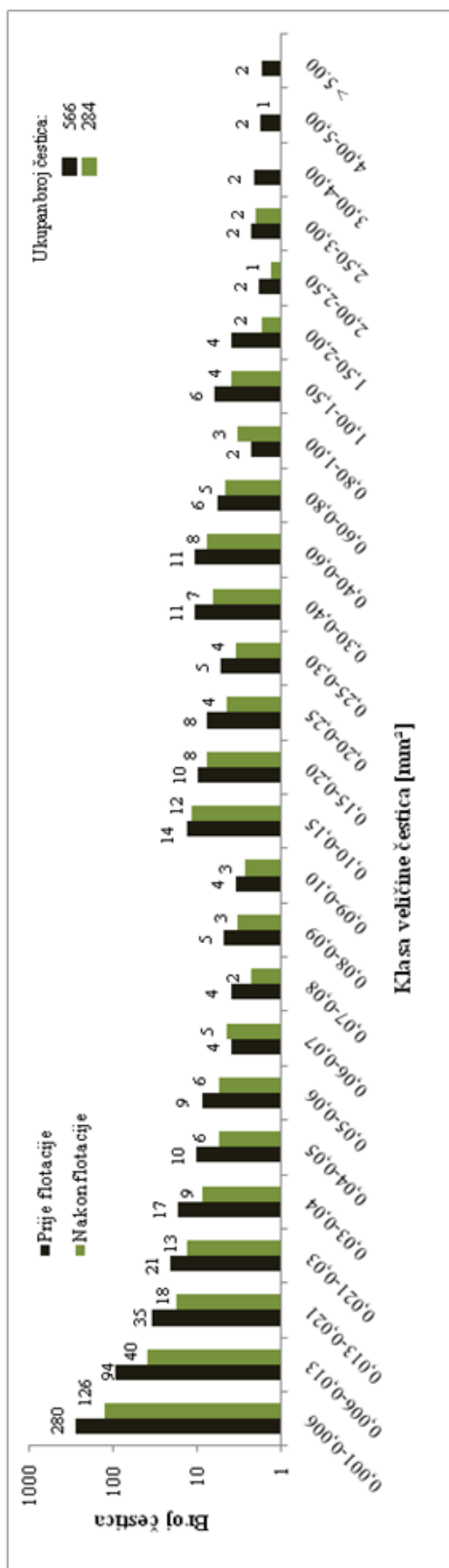
Slika 30. Razdioba veličine čestica i njihove površine na listu načinjenom prije i poslije flotacije otisaka Xerox DocuColor 5000, t dezintegracije 30 min



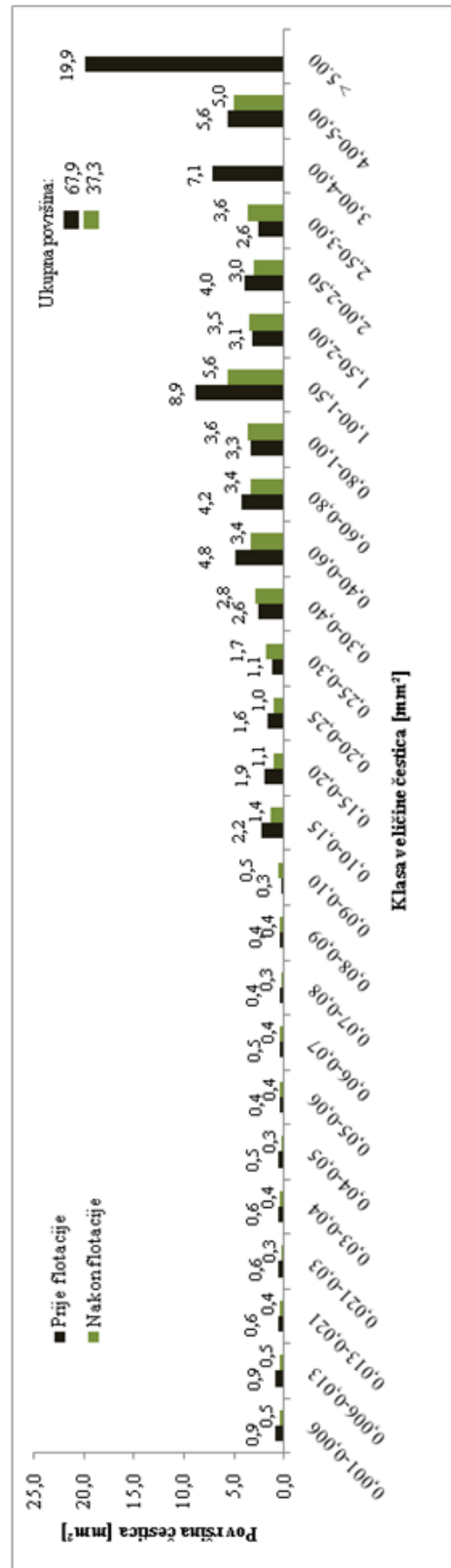
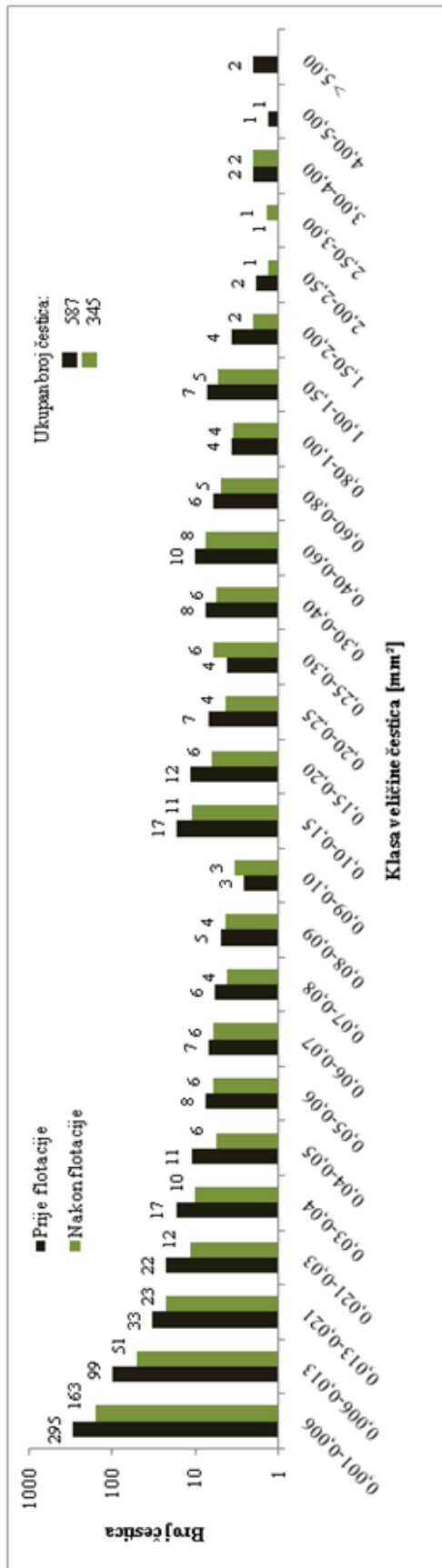
Slika 31. Razdioba veličine čestica i njihove površine na listu načinjenom prije i poslije flotacije otisaka Xerox DocuColor 5000, t dezintegracije 40 min



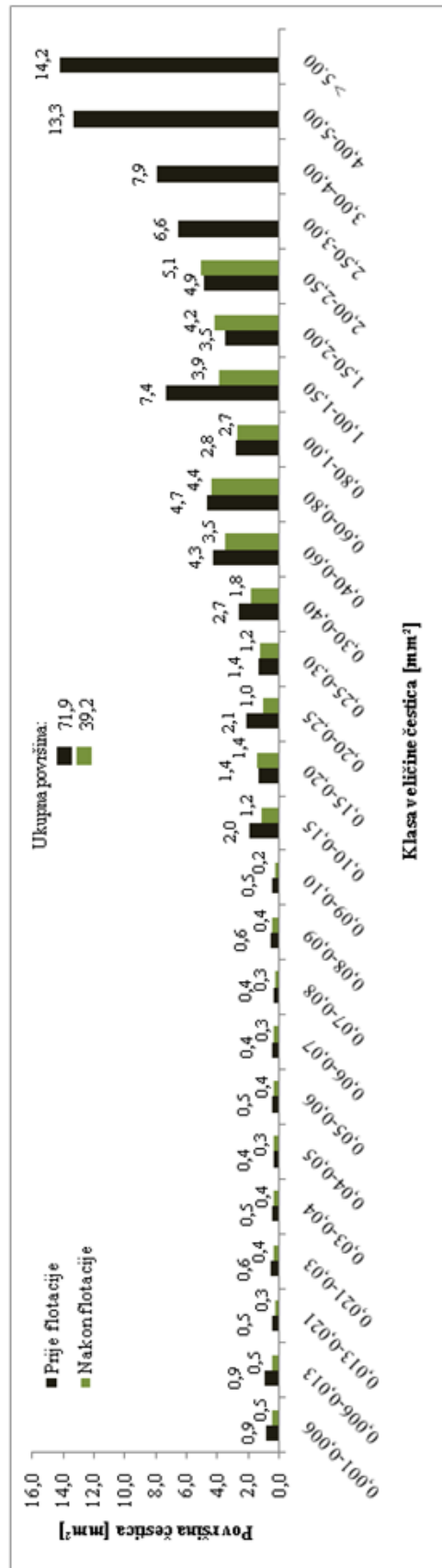
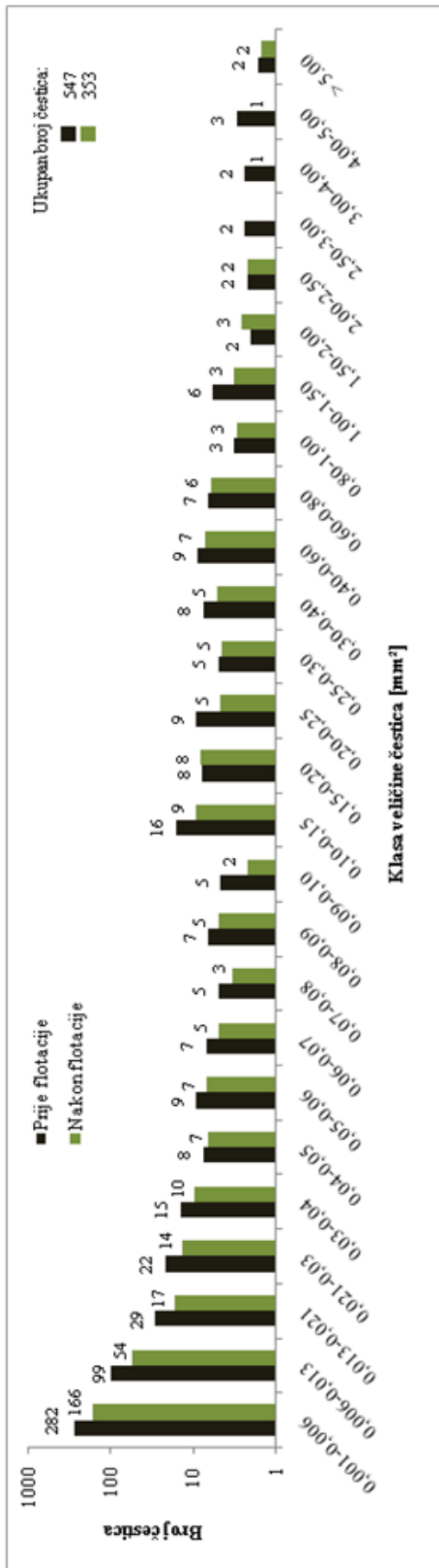
Slika 32. Razdioba veličine čestica i njihove površine na listu načinjenom prije i poslije flotacije otisaka HP Indigo TurboStream, ofsetni cilindar T 125 °C



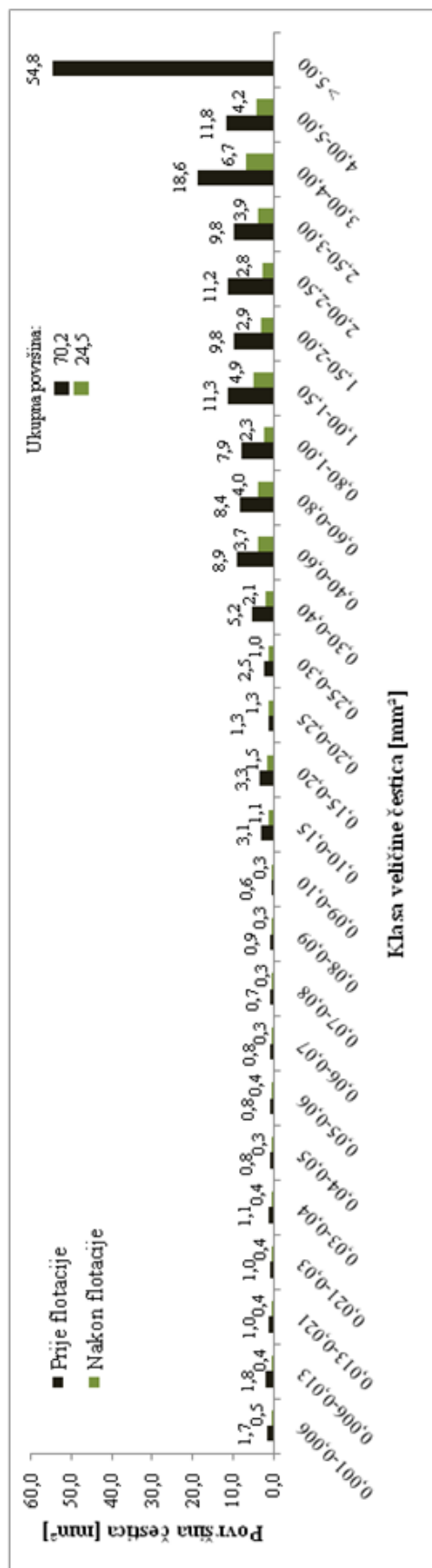
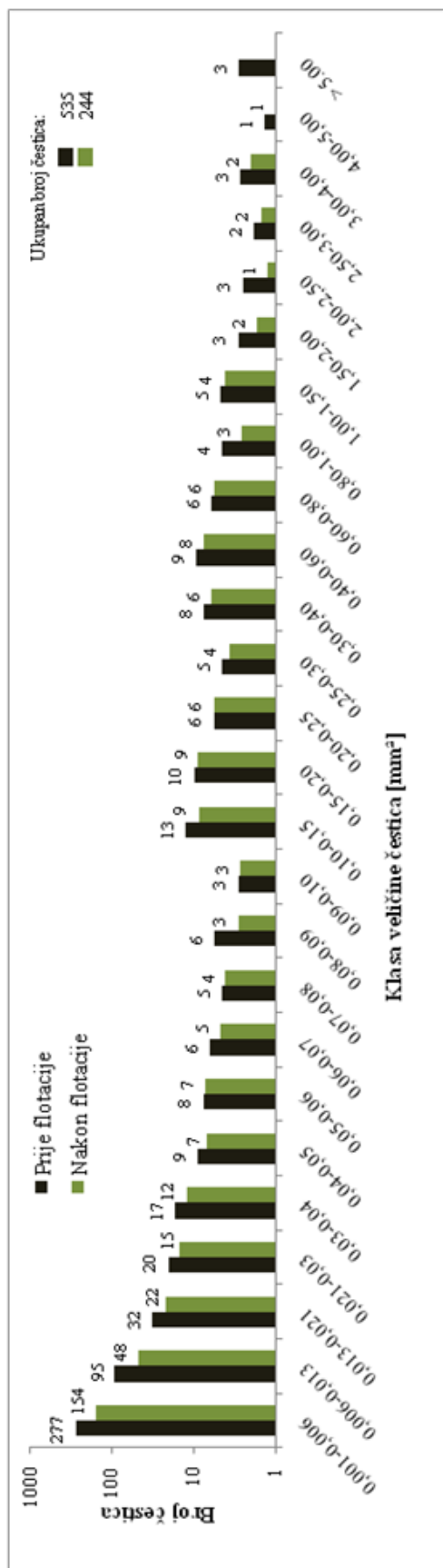
Slika 33. Razdioba veličine čestica i njihove površine na listu načinjenom prije i poslije flotacije otisaka HP Indigo TurboStream, ofsetni cilindar T 130 °C



Slika 34. Razdioba veličine čestica i njihove površine na listu načinjenom prije i poslije flotacije otisaka HP Indigo TurboStream, ofsetni cilindar T 135 °C

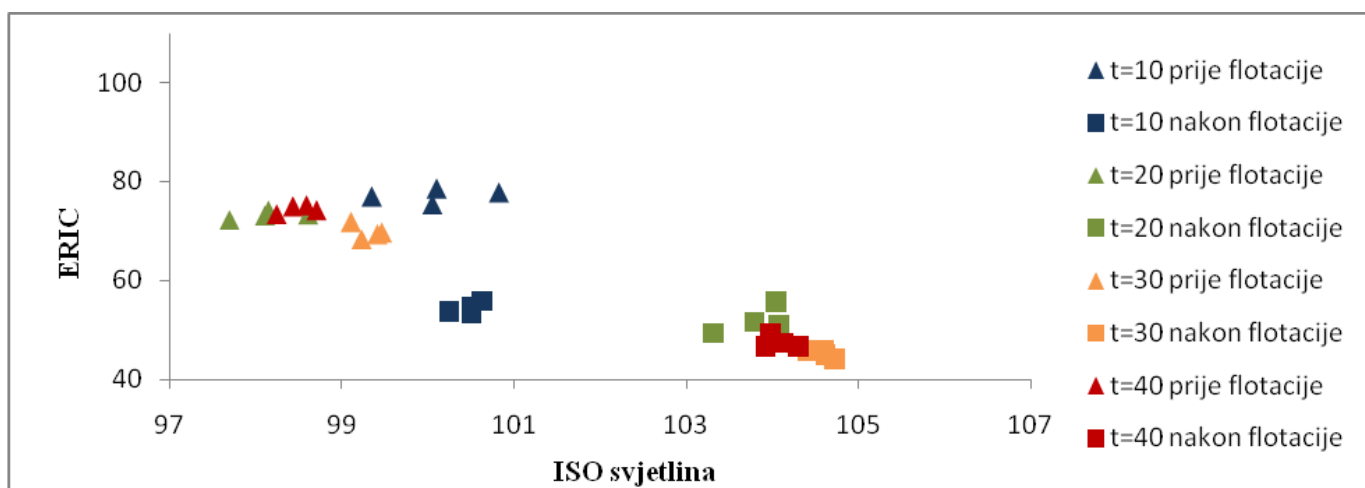


Slika 35. Razdioba veličine čestica i njihove površine na listu načinjenom prije i poslije flotacije otisaka HP Indigo TurboStream, ofsetni cilindar T 140 °C

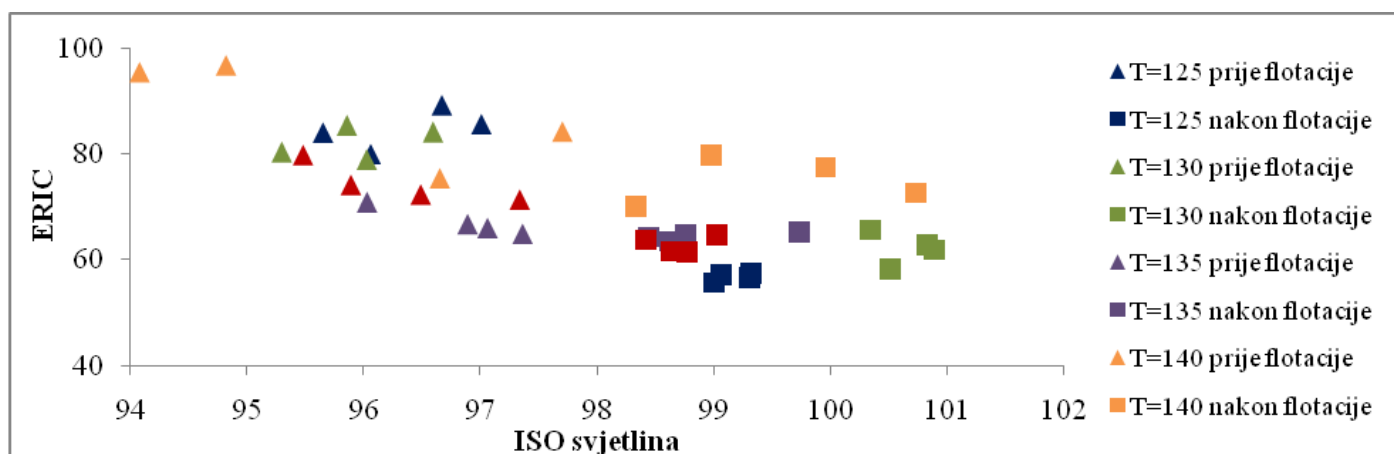


Slika 36. Razdioba veličine čestica i njihove površine na listu načinjenom prije i poslije flotacije otisaka HP Indigo TurboStream, ofsetni cilindar T 145 °C

8.3 Rezultati mjerenja svjetline listova prema fazama procesa recikliranja u odnosu na zaostale čestice bojila



Slika 37. Odnos ISO svjetline i ERICA za listove načinjene od vlaknaca prije i poslije reciklacije otisaka Xerox DocuColor 5000, (različita vremena dezintegracije)



Slika 38. Odnos ISO svjetline i ERICA za listove načinjene od vlaknaca prije i poslije reciklacije otisaka HP Indigo TurboStream, (različite temperature ofsetnog cilindra)

9. RASPRAVA

Prijelaz korištenja pristupa pročišćavanja na kraju procesa (*eng.: end of pipe*) u akcije ciljane na prevenciju zagađenosti, bitne su kao postavke i u ranoj fazi održivog grafičkog dizajna. Upravljanje promjenama i u grafičkoj proizvodnji treba biti takvo da istodobno doprinosi gospodarskom razvoju i povećava kvalitetu okoliša. To nije jednostavno, no međutim prije navedeni literaturni podaci pokazuju da je to moguće, pa i uz dva naizgled suprotna cilja, kao što je spomenuta veća ekološka prihvatljivost i smanjenje troškova. Ekonomske ciljeve trebalo bi postići uz uvažavanje ekoloških principa i socijalnih zahtjeva, a što je u međusobnoj interakciji kako to proizlazi iz postavki održivosti.

Upravo u kontekstu održivosti u ovom radu prikazan je samo mali dio kompleksnih istraživanja primjenjivih u kreaciji grafičkog proizvoda kroz životni ciklus podržavajući princip od “kolijevke do kolijevke“, pri tome ne ugrožavajući funkcionalnost, estetske i druge bitne karakteristike proizvoda.

Uvažavajući rečeno za tisak su odabrane digitalne tehnike, što znači veću ekološku podobnost. Međutim raniji radovi su ukazali na probleme u deinking flotaciji otisaka dobivanih elektrofotografskim principom otiskivanja s tekućim tonerom. Diskusijom rezultata koji slijede utvrditi će se da li je moguće promjenom uvjeta u određenim fazama tiska utjecati na veću kvalitetu recikliranih vlaknaca, a da se time ne dovede u pitanje kvaliteta otiska. U ovom radu istražuje se utjecaj korekcije temperature ofsetnog cilindra u temperaturnom području 125⁰C, 130⁰C, 135⁰C, 140⁰ C i 145⁰ C.

Četvrta faza u indirektnoj elektrofotografiji je prvi transfer bojila. U tom se procesu čestice tonera s fotokonduktorske površine prenašaju na prijenosni medij, ofsetni cilindar. Na transforni postupak u digitalnom ofsetnom tisku utječu temperatura i napon ofsetnog cilindra. Variranje temperature ofsetnog cilindra utječe i značajno je za prijenos bojila s fotokonduktora na tiskovnu podlogu. Gamut otiska predstavlja sveukupan opseg informacije o boji uključujući ton, zasićenje i svjetlinu, koje je moguće reproducirati na danom mediju. Najveći gamut reprodukcije je postignut pri temperaturi ofsetnog cilindra od 145⁰C (V 641.655 prostornih jedinica). Volumen gamuta se smanjuje smanjenjem

temperature ofsetnog cilindra. Karakteristični presjeci pokazuju da se tonovi najviše mijenjaju u središnjem dijelu gamuta. Porast temperature utjecati će na povećanje tonskih vrijednosti žutih tonova i smanjenja obojenja zelene. Kod reprodukcije tamnih tonova nema veće promjene.

Usporedbe radi na *Slici 27.* je prikazan gamut otiska na istoj podlozi i papiru načinjenom od celuloze, bijeljene bez prisutnosti klora (*eng.: Totally Chlorine Free – TCF*), tri puta obostrano premazan, sjajni i velike glatkoće. U ovom slučaju dobiven je nešto veći volumen gamuta, u odnosu na prije analiziranu podlogu.

Slijedi povezivanje uvjeta određenog segmenta digitalnog tiska, pa i karakteristike otisaka povezane s karakteristikama recikliranih vlaknaca u smjeru zatvaranja kružnog toka prema postavci od „kolijevke do kolijevke“. Za nehomogenost lista kao posljedicu mehanizma odvajanja tonera s površine otisaka moguće je pratiti prema fazama procesa deinking flotacije pomoću slikovne analize ili određivanjem efektivne koncentracije preostalog bojila. To su inače postupci koji mogu doprinijeti potvrdi hipoteza vezanih uz studiju mehanizma deinking flotacije.

Na slikama od *Slika 28.* do *Slika 36.* prikazana je distribucija veličine i površine čestica po klasama od 0,001-0,006 do $>5\text{mm}^2$ za listove načinjene od vlaknaca iz procesa deinking flotacije otisaka HP Indigo TurboStream i Xerox DocuColor 5000.

Karakteristike raspodjele broja čestica po klasama za reciklirani otisak digitalnog tiska na osnovi elektrofotografije su veći broj čestica u najnižim klasama i ne nalaženje čestica u najvišim klasama za razliku od karakteristike raspodjele broja čestica po klasama za laboratorijski list načinjen od recikliranih otisaka digitalnog tiska na osnovi elektrofotografije su: veći broj čestica u najnižim klasama i ne nalaženje čestica u najvišim klasama, za razliku od raspodjele na listu dobivenom od otisaka digitalnog ofsetnog tiska s tekućim tonerom.

U odnosu na promjene temperature ofsetnog cilindra u tisku ne primjećuju se značajnije promjene broja zaostalih čestica na listu nakon dezintegracije otisaka HP Indiga. One se kreću u rasponu 547 - 589 u ovisnosti o temperaturi. Efikasnost odstranjivanja čestica kreće se u rasponu od 31 - 59%. Ukupna površina koju čestice zauzimaju na listu prije

flotacije kreće se u rasponu od $49,3 \text{ mm}^2$ – $72,0 \text{ mm}^2$ u odnosu na temperature ofsetnog cilindra. Najviša vrijednost pridružena je najvišoj temperaturi. Smanjenje površine prekrivene česticama nakon flotacije kreće se od 46% do 66%.

Osim principom tehnike tiska ovi rezultati se mogu tumačiti i oblikom čestica. Kod digitalnog ofsetnog tiska s tekućim tonerom čestice bojila su plosnate određenih površinskih karakteristika, a mehanizam odvajanja bojila od celuloznih vlaknaca u vodenom mediju ovisan je o fizikalnoj interakciji, adhezivnoj interakciji (vodikova veza ili ne specifična van der Waalsova interakcija). Odvajanje bojila biti će otežano porastom hrapavosti podloge, radi veće površine kontakta između tih dviju tvari, kao što to i ovdje može biti slučaj.

Prikazane rezultate distribucije broja i površine čestica poklapaju se s rezultatima svjetline listova prije i poslije recikliranja. Razlike svjetlina listova prije i poslije flotacije u nizu prema većim temperaturama iznose 3,2; 4,7; 3,7; 2,1; i 2,4. U svim slučajevima utvrđen je obrnuto proporcionalni odnos između svjetline i ERIC-a, kako je to i prikazano na slikama *Slika 37.* i *Slika 38.*

Općenito istraživanje potvrđuju da se varijacijom temperature ofsetnog cilindra i dužinom dezintegracije može utjecati na kvalitetu recikliranih vlaknaca u okvirima kvalitete otisaka, primjenljivo u ranoj fazi dizajna održivog grafičkog proizvoda.

10. ZAKLJČAK

Dizajneri bi trebali poboljšati učinkovitost komunikacijskih sustava na način da pronađu produktivnu korist za otpadne tokove. Ne bi se smjeli ograničavati na standardne materijale, već bi trebali tražiti otpatke iz drugih industrija. Ovi nekonvencionalni materijali bi mogli poticati kreativna rješenja, ujedno ona su besplatna ili povoljnija.

U kontekstu održivosti u ovom radu prikazana su istraživanja primjenjiva u kreaciji grafičkog proizvoda kroz životni ciklus podržavajući princip od “kolijevke do kolijevke“, pri tome ne ugrožavajući funkcionalnost, kvalitetu, estetske i druge bitne karakteristike proizvoda.

Na osnovu rezultata istraživanja može se zaključiti slijedeće:

Kao što je to moguće i vidjeti na slikama *Slika 28.* do *Slika 31.* dužina dezintegracije itekako utječe na kvalitetniju reciklaciju papira; porastom vremenskog trajanja dezintegracije smanjuju se površina i veličina čestica, primjerice (u ovom radu najdužim vremenom) u četrdesetominutnoj dezintegraciji za 11 puta je smanjen broj čestica, a površina čestica je 5 puta manja; usporedbe radi u desetominutnoj dezintegraciji odnos površine i veličine čestica u odnosu prije i poslije dezintegracije je dvostruko smanjen nakon dezintegracije.

Volumen gamuta otiska digitalnog ofsetnog tiska na osnovi elektrofotografije se smanjuje smanjenjem temperature ofsetnog cilindra u okviru eksperimentalnih uvjeta.

Sikovnom analizom listova načinjenih od recikliranih vlakanca HP Indiga utvrđena je distribucija broja čestica zaostalog ElectroInka kroz čitavo područje klasa veličina od 0,001-0,006 do <5mm.

Utvrđena je efikasnost odstranjivanja čestica bojila u reciklaciji u rasponu od 31% do 59%.

Za otisak s najvećom temperaturom ofsetnog cilindra utvrđena je efikasnost uklanjanja čestica bojila 55 % i smanjenje površine pokrivene česticama 45% procesom flotacije.

Dokazano je da se svjetlina listova povećava smanjenjem ERIC-a, u skladu s rezultatima broja i površine zaostalih čestica bojila.

Primjena rezultata moguća je u ranoj fazi dizajna grafičkog proizvoda u kontekstu održivosti.

Karakteristični presjeci pokazuju da se tonovi najviše mijenjaju u središnjem dijelu gamuta. Porast temperature će utjecati na povećanje tonskih vrijednosti žutih tonova i smanjenja obojenja zelene. Kod reprodukcije tamnih tonova nema veće promjene.

Četvrta faza u indirektnoj elektrofotografiji je prvi transfer bojila. U tom se procesu čestice tonera s fotokonduktorske površine prenašaju na prijenosni medij, ofsetni cilindar. Na transferni postupak u digitalnom ofsetnom tisku utječu temperatura i napon ofsetnog cilindra. Variranje temperature ofsetnog cilindra (utječe i) značajno je za prijenos bojila s fotokonduktora na tiskovnu podlogu. Gamut otiska predstavlja sveukupan opseg informacije o boji uključujući ton, zasićenje i svjetlinu, koje je moguće reproducirati na danom mediju. Najveći gamut reprodukcije je postignut pri temperaturi ofsetnog cilindra od 145°C (V 641.655 prostornih jedinica). Iz karakterističnih presjeka vidljivo je da je najveća promjena tonova u središnjem dijelu gamuta. Porast temperature utječe na povećanje tonskih vrijednosti žutih tonova i smanjenja obojenja zelene. Kod reprodukcije tamnih tonova nema znatnije promjene.

Usporedbe radi na *Slici 26.* prikazan je gamut otiska na istoj podlozi i papiru načinjenom od celuloze, bijeljene bez prisutnosti klora (eng.: *Totally Chlorine Free – TCF*), tri puta obostrano premazan, sjajni i velike glatkoće. U ovom slučaju dobiven je nešto veći volumen gamuta, u odnosu na prije analiziranu podlogu.

Slijedi povezivanje uvjeta određenog segmenta digitalnog tiska, pa i karakteristike otisaka povezati s karakteristikama recikliranih vlakana u smjeru zatvaranja kružnog toka prema postavci od „kolijevke do kolijevke“. Za nehomogenost lista kao posljedicu mehanizma odvajanja tonera s površine otisaka moguće je pratiti prema fazama procesa deinking flotacije pomoću slikovne analize ili određivanjem efektivne koncentracije preostalog bojila. To su inače postupci koji mogu doprinijeti potvrdi hipoteza vezanih uz studiju mehanizma deinking flotacije.

Na slikama od *Slika 28.* do *Slika 36.* prikazana je distribucija veličine i površine čestica po klasama od 0,001-0.006 do $< 5\text{mm}^2$ za listove načinjene od vlakana iz procesa deinking flotacije otisaka HP Indigo TurboStream i Xerox DocuColor 5000.

Karakteristike raspodjele broja čestica po klasama za laboratorijski list načinjen od recikliranih otisaka digitalnog tiska na osnovi elektrofotografije su: veći broj čestica u najnižim klasama i ne nalaženje čestica u najvišim klasama za razliku od raspodjele na listu dobivenom od otisaka digitalnog ofsetnog tiska s tekućim tonerom.

U odnosu na promjene temperature ofsetnog cilindra u tisku ne primjećuju se značajnije promjene broja zaostalih čestica na listu nakon dezintegracije otisaka HP Indiga. One se kreću u rasponu 547 - 589 u ovisnosti o temperaturi. Efikasnost odstranjivanja čestica kreće se u rasponu od 31-59%. Ukupna površina koju čestice zauzimaju na listu prije flotacije kreće se u rasponu od 49.3 mm^2 - 72.0 mm^2 u odnosu na temperature ofsetnog cilindra. Najviša vrijednost pridružena je najvišoj temperaturi. Smanjenje površine prekrivene česticama nakon flotacije kreće se od 46% do 66%.

Osim principom tehnike tiska ovi rezultati se mogu tumačiti i oblikom čestica. Kod digitalnog ofsetnog tiska s tekućim tonerom čestice bojila sa plosnate određenih površinskih karakteristika, a mehanizam odvajanja bojila od celuloznih vlakana u vodenom mediju ovisno je o fizikalnoj interakciji, adhezivnoj interakcija (vodikova veza ili ne specifična van der Waalsova interakcija). Odvajanje bojila biti će otežano porastom hrapavosti podloge, radi veće površine kontakta između tih dviju tvari, kao što to i ovdje može biti slučaj.

Prikazane rezultate distribucije broja i površine čestica poklapaju se s rezultatima svjetline listova prije i poslije recikliranja. Razlike svjetlina listova prije i poslije flotacije u nizu prema većim temperaturama iznose 3,2; 4,7; 3,7; 2,1; i 2,4. U svim slučajevima utvrđen je obrnuto proporcionalni odnos između svjetline i ERIC-a, kako je to i prikazano na slikama *Slika 37.* i *Slika 38.*

Zaključno, istraživanja potvrđuju da se varijacijom temperature ofsetnog cilindra može utjecati na kvalitetu recikliranih vlakana u okvirima kvalitete otisaka, primjenljivo u ranoj fazi dizajna održivog grafičkog proizvoda.

12. POPIS LITERATURE

1. V. Vezzoli, E. Manzini, *Design for Environmental Sustainability*, Springer, London, 2008.
2. B. Dougherty with celery design collaborative, *Green graphic design*, Allowrth Press, New York, 2008.
3. K. Thender, R.J. Pugh, *Surface chemicals concepts of flotation deinking*, *Colloids and surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 240, 2004., 111 - 130 str.
4. R. G. Li, X. Xie, A.L. Wang, K.F. Chen, *Application of Hydrodynamics in Design of Flotation Deinking Cell*, proceedings of the Fifth International Conference on Fluid Mechanics, Shangai, China, 2007.
5. A. E. Garner, T.J. Heindel, *The efect of fibre type on Bubble Size*, *J. Pulp Pap. Sci.*, 26(7) (2000.), 266 - 269 str.
6. E. Lopes, A. Dias, L. Arroja, I. Capela, F. Pereira, *Application of life cycle assessment to the Portuguese pulp and paper industry*. *Journal of Cleaner Production* 11 (2003.), 51 – 59 str.
7. Ž. Barbarić - Mikočević, V. Oreščanin, Z. Bolanča, S. Lulić, M. Rožić, *Journal of Environmental Science and Health*, Part A. 39, 1221, 2004.
8. U. Hamm, *Environmental aspects in Recycled fiber and deinking* L. Göttching, H. Pakarinnen, (Eds), *Fapet Oy, Helsinki*, 507 (2000.), 122 - 141 str.
9. G. Thompson, J. Swain, M. Kay, C.F. Forster, *The treatment of pulp and paper mill effluent: a review*, *Bioresource Technology* 77 (2001.), 256 - 258 str.
10. B. Dougherty, *Green graphic design*, Allowrth Press, New York, 2008.
11. M. Patel, *Micro and nano technology in paper manufacturing*, *Industrypaper*, Orissa India, 2009.

12. C. Bülow, G. Pingen , U. Hamm, Complete water system closure. *Pulp Paper int.* 8 (2003.) 14 - 16 str.
13. I. Demel, J. Kappen, Optimierung von Wasserkreisläufen, *Wochenbl. Papierfabrikat* 127 (9) (1999.), 599 - 603 str.
14. S. Bolanča, Glavne tehnike tiska, *Acta Graphica*, Zagreb, 1997.
15. Z. Bolanča, *Ekološko pogodniji proizvodi*; *Acta Graphica*, 4 (1992.), 123 str.
16. O. Korelić, *Kemigrafija*, Zagreb: VGŠ, 1986.
17. R. Haynes, A. Nobel, Measuring ink: from pulper to deinked pulp, *Proceedings, TAPPI Recycling Symposium*, TAPPI Press, Atlanta, 2000., 677 - 682 str.