

Problemi i deformacije otiska na fleksibilnoj ambalaži

Drvarić, Nikola

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:556524>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-04**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR KOPRIVNICA



DIPLOMSKI RAD br. 4/AMB/2019

Problemi i deformacije otiska na fleksibilnoj ambalaži

Nikola Drvarić

Koprivnica, rujan 2019.

SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR KOPRIVNICA



DIPLOMSKI RAD br. 4/AMB/2019

Problemi i deformacije otiska na fleksibilnoj ambalaži

Student:
Nikola Drvarić, 0632/336D

Mentor:
doc. dr. sc. Mile Matijević

Koprivnica, rujan 2019.

Zahvala

Zahvaljujem se svome mentoru doc. dr. sc. Mili Matijeviću koji je svojim savjetima, sugestijama i komentarima pomogao u izradi ovog rada.

Također, zahvaljujem se poduzeću Muraplast d.o.o iz Kotoribe koje mi je omogućilo izradu eksperimentalnog dijela rada te svim djelatnicima koji su mi pomogli svojim stručnim znanjem.

Na kraju, najviše se želim zahvaliti svojoj obitelji koja mi je bila najveća podrška tokom cijelog školovanja te bez čije pomoći ne bih uspio.

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za ambalažu

STUDIJ diplomski sveučilišni studij Ambalaža

PRISTUPNIK Nikola Drvarić

MATIČNI BROJ 0128056168

DATUM 12.04.2019.

KOLEGIJ Napredni tisak na ambalažu

NASLOV RADA Problemi i deformacije otiska na fleksibilnoj ambalaži

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Problems and deformations of print on flexible packaging

MENTOR Mile Matijević

ZVANJE doc. dr. sc.

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. doc.dr.sc. Petar Miljković

2. doc.dr.sc. Krunoslav Hajdek

3. doc.dr.sc. Mile Matijević

4.

5.

Zadatak diplomskog rada

BROJ 4/AMB/2019

OPIS

U današnje vrijeme fleksotisak je zbog visoke kvalitete i velikih mogućnosti jedna od najzastupljenijih tehnika tiska, posebice u tisku fleksibilne ambalaže.

U ovom diplomskom radu obraditi će se područje tiska fleksibilne ambalaže sa aspekta problema, pogrešaka i deformacija otiska kao sastavnih dijelova proizvodnog procesa.

Sam proces fleksotiska biti će detaljno opisan te će se na primjerima iz stvarne proizvodnje prikazati glavni problemi i moguće greške u tisku te metode suzbijanja istih kako bi konačni proizvod uvijek bio vrhunske kvalitete.

Eksperimentalni dio uključuje spektrofotometarska mjerenja raznih boja gdje je cilj prikazati kako različiti čimbenici utječu na promjene u tonu, zasićenost te svjetlinu boje. Izmjerene vrijednosti će biti prikazane u CIE Lab* prostoru boja te će napraviti usporedbu pomoću grafova.

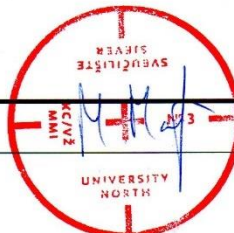
Neki od čimbenika su: viskozitet i sastav boje, debljina nanosa boje (određena rastriranim anilinskim valjkom) te izbor tiskovne podloge. Također, mjeriti će se prirast rastertonske vrijednosti (rtv) koji je posljedica deformacije rasterskih elemenata.

ZADATAK URUČEN

M. J. 2019.

POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE
SJEVER



SADRŽAJ

SAŽETAK

1. UVOD	1
2. FLEKSOTISAK ILI FLEKSOGRAFIJA	2
2.1. Konstrukcijske izvedbe fleksografskih strojeva	3
2.2. Fleksografska bojila	4
2.2.1. Fleksografska bojila na bazi vode	5
2.2.2. Fleksografska bojila na bazi organskog otapala	5
2.2.3. UV bojila	5
2.2.4. Temeljna bijela boja	6
2.3. Izvedbe sustava za obojenje kod fleksografskih strojeva	7
2.4. Rastrirani aniloks valjak	9
2.5. Tiskovna forma ili klišej	12
2.5.1. Karakteristike tiskovne forme	13
2.5.2. Digitalni postupak izrade tiskovne forme	14
2.6. Montažna traka	15
2.7. Rastriranje	16
2.7.1. Podjela rastera	16
2.7.2. Kutevi rastera i moire	18
2.7.3. Deformacije rasterskih elemenata	19
2.8. Modeli boja RGB i CMYK	22
2.8.1. Autotipijska sinteza boja	23
2.9. Spektrofotometrija	23
2.9.1. Tolerancije boja	26
3. FLEKSIBILNA AMBALAŽA	27
3.1. Jednoslojna ambalaža	27
3.1.1. Monofolija s tiskom	27
3.1.2. Papir	29
3.2. Višeslojna ambalaža	30
3.2.1. Duplex folije	30
3.2.2. Triplex folije	31

3.3. Tiskovne podloge	32
3.3.1. Filmovi i folije	32
3.3.1.1. Polietilen (PE)	33
3.3.1.2. Polipropilen (PP)	33
3.3.1.3. Biaksijalno orijentirani polipropilen (BOPP)	34
3.3.1.4. Poliamid (PA)	34
3.4. Obrada površine	35
3.4.1. Obrada plamenom	35
3.4.2. Obrada ionima plina (bombardiranje)	35
4. EKSPERIMENTALNI DIO	36
4.1. Metodologija i tijek rada	37
4.2. Korišteni uređaji	38
4.3. Rezultati mjerenja osnovnih (CMYK) boja na različitim uzorcima	39
4.4. Rezultati mjerenja prirasta rastertonskih vrijednosti	42
5. DISKUSIJA REZULTATA	52
6. ZAKLJUČAK	54
7. LITERATURA	55
POPIS SLIKA	57
POPIS GRAFOVA	60
POPIS TABLICA	60

SAŽETAK

Fleksografija ili fleksotisak je jedna od glavnih tehnika tiska u današnje vrijeme, a razvojem novih tehnologija zauzima sve veći udio u svijetu tiskarstva. Posebno mu raste primjena u području tiska ambalaže zbog iznimne kvalitete, pristupačne cijene te mogućnosti tiska na različitim podlogama. Najčešće je to tisak ambalažnih materijala, papira, etiketa, filmova ili folija raznih primjena. Svaka podloga ima drugačija svojstva i koristi se u različite svrhe, a sveukupni proizvodni proces (priprema, tisak i dorada) se priprema u skladu s karakteristikama podloge.

U ovom diplomskom radu teoretski će se obraditi područje tiska fleksibilnih ambalažnih materijala tehnikom fleksotiska, odnosno princip otiskivanja, konstrukcija strojeva, materijali i mogućnosti te percepcija i doživljaj boja. Eksperimentalnim mjerenjima i vizualnim primjerima prikazati će se problemi, pogreške i deformacije otisaka koji su sastavni dio svakog tiskovnog procesa.

Cilj je objasniti na koji način pojedini aspekt tiska narušava kvalitetu te postupke kojima se ona poboljšava. Eksperimentalnim mjerenjima pomoću spektrofotometra usporediti će se otisak vrhunske kvalitete sa otiscima umanjene i upitne kvalitete.

Svako odstupanje u kvaliteti za proizvođača znači dodatne troškove i moguće reklamacije naručitelja. Imajući to na umu, uvijek je cilj napraviti vrhunski proizvod i postaviti standarde za ostatak konkurencije.

Ključne riječi: tisak, fleksografija, fleksibilna ambalaža, kvaliteta, deformacija, spektrofotometar

1. UVOD

Kvaliteta reprodukcije otiska fleksotiska u konstantnom je porastu zbog napredovanja tehnologije, odnosno razvojem tiskarskih strojeva, boja, aniloks valjaka i fotopolimernih tiskovnih ploča. Nove vrste tiskovnih formi su izrađene digitalnim CtP (Compute to Plate) postupkom čime raste kvaliteta otiska te se otvaraju nove mogućnosti poput tiska rastriranih elemenata visoke finoće. Drugim riječima moguće je postići otisak izraženih detalja. Ekološki aspekt proizvodnje poboljšavan je upotrebom UV boja i boja na bazi organskih otapala kojima se zamjenjuju alkoholna otapala. Aniloks valjcima definiramo debljinu i finoću nanosa boje, a mogućnosti i paleta izbora aniloks valjaka sve je veća. Korištenjem najnovijih tehnika moguće je otiskivanje reprodukcija izvrsne kvalitete koje fleksotisak stavljaju u sam vrh tiskarske industrije uz plošni i duboki tisak.

U stvarnoj proizvodnji ponekad je potrebno provesti mjere korekcije i poboljšanja kvalitete otiska zbog raznih čimbenika koji je narušavaju. U ovom diplomskom radu detaljno će biti opisan proces fleksotiska te će se na primjerima iz proizvodnje prikazati glavni problemi i moguće greške u tisku te metode suzbijanja istih kako bi konačni proizvod uvijek bio vrhunske kvalitete.

Ekperimentalni dio uključuje spektrofotometrijska mjerenja raznih boja gdje je cilj prikazati kako različiti čimbenici utječu na promjene otiska. Izmjerene vrijednosti biti će prikazane u CIE Lab* prostoru boja te će biti napravljena usporedba pomoću grafova. Neki od spomenutih čimbenika su: viskozitet i sastav boje, debljina nanosa boje (određena rastriranim aniloks valjkom), kvaliteta tiskovne forme te izbor tiskovne podloge. Također, mjeriti će se prirast rastertonske vrijednosti koji je posljedica deformacije rasterskih elemenata. Prirast će se mjeriti na uzorcima otisnutim pod različitim uvjetima.

TEORIJSKI DIO

2. FLEKSOTISAK ILI FLEKSOGRAFIJA

Fleksotisak ili fleksografija je tehnika direktnog rotacijskog tiska kod koje je otisak definiran reljefom, odnosno tiskovni elementi su povišeni u odnosu na slobodne, ne tiskovne površine. Koristi elastične tiskovne forme koje se u današnje vrijeme izrađuju modernim CtP (Computer to Plate) postupcima. Tiskovne forme se graviraju direktno na gumeni cilindar (sleeve) ili se već predhodno izrađene fotopolimerne ploče pričvršćuju na cilindar pomoću posebnih obostrano ljepljivih traka.

Termin „fleksografija“ prvi puta se spominje 1952. godine kada zamijenjuje naziv anilinski tisak. Stari naziv dolazi od anilinskih bojila (bojila su sadržavala pigmente dobivene od anilinskog ulja dobivenog iz indigo biljke, ali kasnije su se izrađivale od katrana kamenog ugljena) koja su se nekad koristila. Tehniku karakterizira nizak viskozitet bojila i mali pritisak između tiskovne forme i tiskovne podloge. [1]

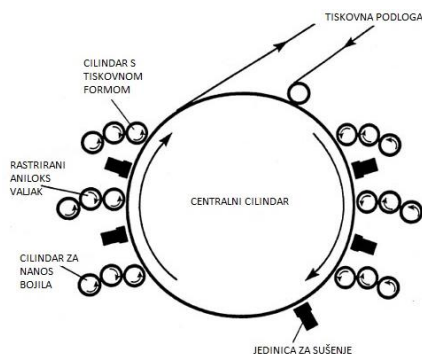
Od 1970. godine počinje upotreba kvalitetnijih fotopolimernih tiskovih formi koje istiskuju gumene, a također počinje i primjena ekološki osvještenijih bojila na bazi vode i organskih otapala. U to vrijeme, plošni tisak je bio dominantan zbog visoke kvalitete, ali razvojem tržišta te sve većim zahtjevima i marketinškim potrebama u ambalažnoj industriji („Ambalaža prodaje proizvod“), fleksotisak zauzima vodeće mjesto zbog raznih mogućnosti koje nudi. Glavna prednosti koju ima je tisak na različitim upojnim i neupojnim podlogama zbog relativno rijetkih i brzosušećih bojila što ga čini idealnim u tisku ambalažnih proizvoda.

UV fleksotiskarska bojila na bazi vode ili otapala suše fizičkim isparavanjem, a ostala UV bojila UV zračenjem koje potiče polimerizaciju. Takvo sušenje je brzo i ima neke pozitivne strane za tisak, odnosno eliminira nedostatke kao što su prirast rasterskih elemenata i zadebljanje rubova tiskovnih elemenata. Također omogućuje otiskivanje reprodukcija na materijale koji zahtjevaju jako brzo sušenje kao što su razne vrste filmova i folija te metalizirane folije koje se u velikoj mjeri koriste kao ambalažni materijali. [2]

2.1. Konstrukcijske izvedbe fleksografskih strojeva

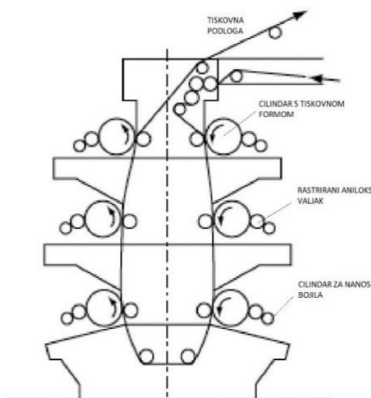
Konstrukcijske izvedbe fleksografskih strojeva dijele se na tri glavne skupine: strojevi s centralnim cilindrom, strojevi u obliku dimnjaka te strojevi u liniji. [2]

Kod konstrukcijske izvedbe fleksografskog stroja s centralnim cilindrom (*Slika 1.*), tiskovne jedinice su smještene oko centralnog cilindra. Kod ove konstrukcije postignut je odličan paser i smanjuju se promjene tiskovne podloge. Najčešće se koriste za otiskivanje na neupojnim tiskovnim podlogama, odnosno filmovima i folijama. [3]



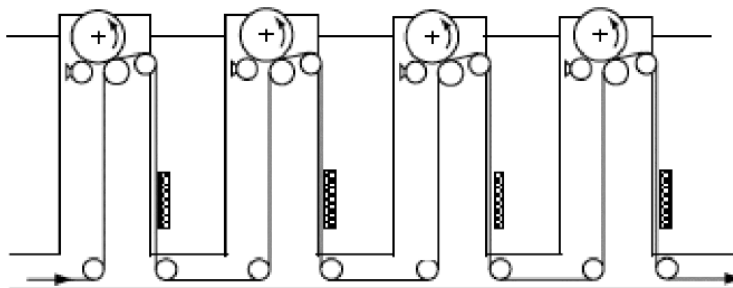
Slika 1. Konstrukcijska izvedba fleksografskog stroja s centralnim cilindrom
[<https://19january2017snapshot.epa.gov/air-emissions-monitoring-knowledge-base/monitoring-information-industry-printing-and-publishing.html>, Datum pristupa: 20.03.2019.]

Kod konstrukcijske izvedbe fleksografskog stroja u obliku dimnjaka (*Slika 2.*), tiskovna podloga prolazi između tiskovnih jedinice koje su smještene na vanjskim rubovima konstrukcije. Ova konstrukcija stroja najviše se koristi za tisak velikih naklada na širokim rolama. [3]



Slika 2. Konstrukcijska izvedba fleksografskog stroja u obliku dimnjaka
[<https://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/motion-control-systems-and-solutions/motion-control-industry-solutions/printing-systems/Documents/IND-printing-flexographic-presentation.pdf>, Datum pristupa: 20.03.2019.]

Kod konstrukcijske izvedbe fleksografskog stroja u liniji (Slika 3.), tiskovne jedinice odvojeno su smještene. Ovi strojevi uglavnom se koriste za otiskivanje na uske role zbog teškog poklapanja pasera i registra, pogotovo na upojnim podlogama. [3]



Slika 3. Konstrukcijska izvedba fleksografskog stroja u liniji

[<https://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/motion-control-systems-and-solutions/motion-control-industry-solutions/printing-systems/Documents/IND-printing-flexographic-presentation.pdf>, Datum pristupa: 20.03.2019.]

2.2. Fleksografska bojila

Fleksografska bojila na bazi vode baš kao i ona na bazi organskog otapala sastoje se uglavnom od četiri glavne komponente. Riječ je o pigmentima, aditivima, vezivima i otapalu. Od komponenti koje daju obojenje upotrebljavaju se pigmenti ili tekuća bojila. Aditivi daju specifična svojstva boji kao što su svjetlostalnost, otpornost na vremenske uvjete ili mogućnost naknadne termičke obrade, a ujedno s vezivom određuju i upotrebu. Otapala se najčešće baziraju na organskim otapalima etil-acetatu ili etanolu, a kod boja s vodenom bazom na prirodnoj vodi ili na prirodnoj vodi s jednim malim dijelom organskog otapala. [4]

Jedno od važnijih svojstava fleksografskih bojila jest viskozitet. Pravilno podešen viskozitet izuzetno je značajan za postizanje visoke kvalitete reprodukcije. Ukoliko je viskozitet previsok, potrebno je dodati otapalo kako bi razrijedili bojilo. U suprotnom slučaju kada je nizak dodajemo novu boju ili pigmentnu bazu kako bi ga podesili na optimalnu razinu. U proizvodnji, viskozitet se mjeri jednostavnom metodom pomoću DIN čašice u koju se dozira bojilo te uz mjerenje vremena potrebnog za istjecanje istog. Ostala svojstva fleksografskih bojila su brzo sušenje na otisku, ali ne i rastriranom valjku, visoka sposobnost transparentije kod višebojnog tiska, visoka sjajnost, otpornost na otiranje i tisak na različite tiskovne podloge.

2.2.1. Fleksografska bojila na bazi vode

Fleksografska bojila na bazi vode se uvode kao ekološki povoljnija bojila koje će zamijeniti ona temeljene na hlapivim organskim otapalima. Bojila temeljene na vodi se gotovo odmah suše na vrlo upojnoj podlozi, a ukoliko tiskamo na neupojnim podlogama potrebno je znatno više energije za sušenje otisaka, što dakako usporava brzinu otiskivanja. Ta bojila su jače pigmentirana (30% i više) od bojila temeljenih na otapalima. Zbog jače pigmentacije mogu se tiskati otisci zadovoljavajuće gustoće obojenja s manjim količinama bojila te se tako smanjuje i količina vode koju treba sušenjem ishlapiti. [5]

2.2.2. Fleksografska bojila na bazi organskog otapala

Fleksografska bojila na bazi organskog otapala se koriste za tisak na neupojnim polimernim materijalima, folijama, laminatima, papirima, kartonima i ljepenrama. Za filmove i folije koriste se bojila odgovarajuće adhezije, ali kako ne postoje fleksografska bojila s kojima bi se moglo otiskivati na svim filmovima potrebno je za svaku polimernu podlogu izabrati optimalno bojilo. Bojila trebaju biti vrlo transparentna kako bi se maksimalno iskoristila reflektivna svojstva folije i filma pa se koriste nitrocelulozna bojila visoke svjetlostalnosti. Za fleksografski tisak na papirima i kartonima rabe se jednostavna i jeftina fleksografska bojila koja sadrže bazična bojila otopljena u alkoholu, sredstvo za taloženje i smolni firnis kako bi se poboljšao prijelaz bojila i otpornost otiska. [5]

2.2.3. UV bojila

Kod UV bojila nema upotrebe otapala, jer UV zračenje kod ove vrste bojila trenutno aktivira polimerizacijske reakcije, koje na tiskovnoj podlozi trenutno potpuno stvrdnu otisnuta bojila. Viskozitet UV bojila može se prilagoditi za upotrebu u fleksotisku i dubokom tisku. Ova bojila ne sadrže otapala, a sastoje se od: 55% do 80% veziva, 10% do 20% pigmentata, 5% do 15% fotoinicijatora i 5% do 10% aditiva. [6]

Izlaganjem otiska UV zračenju dolazi do momentalnog sušenja odnosno osvjetljeni fotoinicijatori započinju polimerizaciju što rezultira skrućivanjem. Takvim se bojilima postižu visoko kvalitetni otisci s dobrim mehaničkim i kemijskim svojstvima, a primjena im je na podlogama kao što su: papir, PVC, aluminijske folije, laminati. [2,6]

Sva UV bojila, lakovi i UV zračenja mogu utjecati na kvalitetu ljudskog zdravlja, a samim time i na prirodni okoliš posebice ukoliko se s njima nepropisno postupa, zato se za njihovu upotrebu iz sigurnosnih razloga mora vršiti obuka tiskara. Prednosti UV bojila su što ne sadrže hlapljiva organska otapala, gustoća obojenja je bolja u odnosu na boje na bazi otapala, dok je nedostatak visoka cijena samih bojila te cijelog sustava za sušenje.

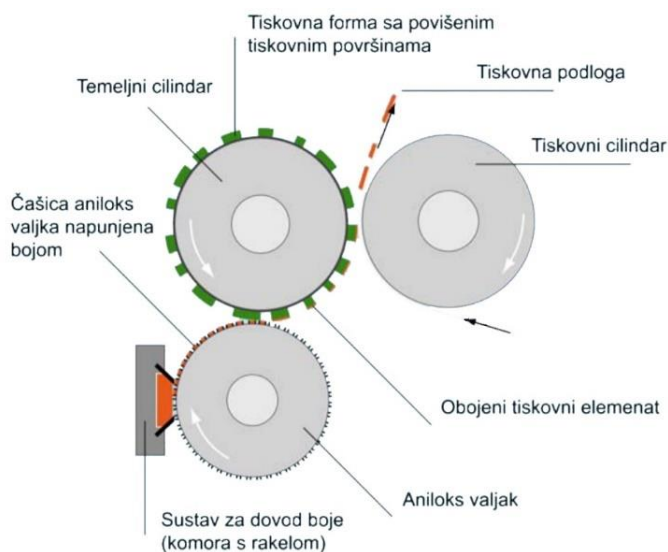
2.2.4. Temeljna bijela boja

Jedna od važnijih stavki za fleksotiskarsku industriju je neprozirnost (opacitet) bijele boje. Cilj je postići što veći opacitet bijele boje. U današnjem fleksografskom okruženju moguće je postići opacitet od oko 80%, budući da je došlo do ogromnog napretka u svim potrebnim faktorima koji utječu na vrijednost opaciteta, uključujući aniloks valjak, bojila, rakel, montažnu ljepljivu traku, UV boje i pripremu podloge za tisak. [2]

2.3. Izvedbe sustava za obojenje kod fleksografskih strojeva

Postoji više načina na koje su konstruirani fleksografski strojevi, ali princip je sličan jer su kod svih glavni djelovi uređaj za obojenje i temeljni cilindar. Uređaj za obojenje jednostavne je konstrukcije, ne sadrži valjke za razribavanje zbog malog viskoziteta bojila. Najčešći načini koji se koriste za obojenje tiskovne forme jesu sustav za obojavanje s gumenim valjkom i sustav za obojavanje s rakelom.

Sustav s komornim rakelom (*Slika 4.*) danas je često u primjeni i kod njega je za obojavanje bojanik zamijenjen s komorom koja je u direktnom kontaktu s rastriranim valjkom. Komora je ograđena s dva rakel. Također, oni su često od različitih materijala gdje je jedan čelični, a drugi plastični (polietilen visoke gustoće). Jedan rakel smješten je pod kutem suprotnim od rotacije rastriranog valjka, pri čemu odstranjuje bojilo sa slobodnih površina, a u isto vrijeme gura bojilo u ćelije. Drugi rakel ima zadatak držati bojilo unutar komore. Tiskarsko se bojilo kod ovog sustava dovodi pod pritiskom iz tiskarskih agregata, stalno cirkulira i puni ćelije rastriranog valjka. Sustavi s komornim rakelom omogućuju bolju i precizniju kontrolu prijenosa bojila, a zbog zatvorenosti sustava smanjuju isparavanje otapala i povećavaju stabilnost bojila.

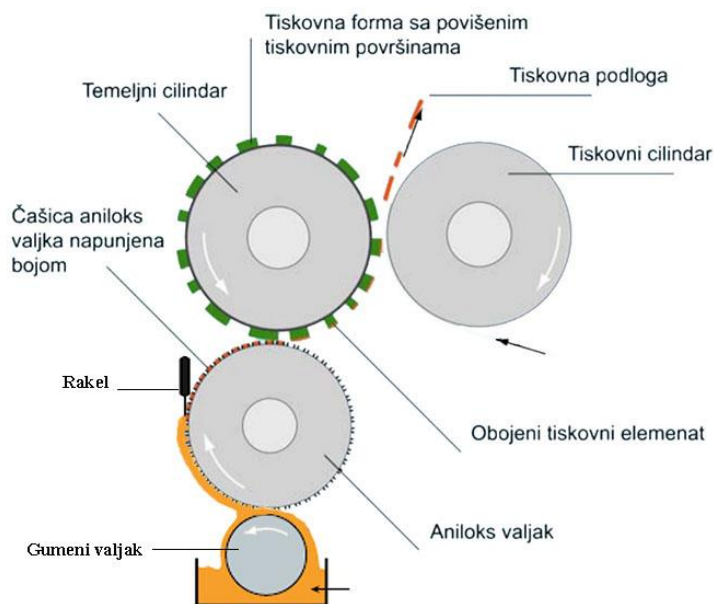


Slika 4. Princip sustava za obojenje s komornim rakelom

[http://materijali.grf.unizg.hr/media/TB_visoki_offset.pdf, Datum pristupa: 24.03.2019.]

Kod sustava za obojavanje s gumenim valjkom (*Slika 5.*), rastrirani valjak prima bojilo od gumenog valjka koji je uronjen u bojanik. Brzina okretanja gumenog valjka sporija je u odnosu na rastrirani valjak, pri čemu se bojilo smješta samo u ćelije rastriranog valjka. Na učinkovitost ovog načina doziranja bojila utječe mehanička tvrdoća gumenog valjka.

Kod sustava za obojavanje s rakelom, rastrirani valjak u direktnom je kontaktu s rakelom. Rakel sa slobodnih površina rastriranog valjka odstranjuje bojilo. Ovim sustavom ostvaruje se puno kontroliraniji nanos bojila u odnosu na sustav s gumenim valjkom. [5]



Slika 5. Princip sustava za obojenje s gumenim valjkom
[\[http://materijali.grf.unizg.hr/media/TB_visoki_offset.pdf, Datum pristupa: 24.03.2019.\]](http://materijali.grf.unizg.hr/media/TB_visoki_offset.pdf)

2.4. Rastrirani aniloks valjak

Rastrirani valjak možda i najviše utječe na kvalitetu fleksografskog tiska. Prijenosni sustav s rastriranim (aniloks) valjkom razvijen je krajem 1970. godine, kako bi se omogućio konstantan nanos bojila na tiskovnom materijalu. Funkcija rastriranog valjka jest prijenos određene količine tiskarskog bojila na tiskovnu formu. Danas se još uvijek koriste strojevi s konvencionalnim uređajem za obojenje, gdje se pritiskom između gumenih valjaka određuje željena količina bojila na tiskovnom materijalu.

Odabir rastriranog valjka u velikoj mjeri ovisi o tiskovnoj podlozi, tiskarskom bojilu i uređaju za obojenje. Velika linijatura i mali volumen ćelija rezultirati će nedovoljnim intenzitetom obojenja, odnosno reprodukcije koje se sastoje od punih tonova će izgledati blijedo i nije moguće postići željeni ton. S druge strane mala linijatura i veliki volumen ćelija rastriranog valjka djelovati će na povećanje prirasta rastertonske vrijednosti kod reprodukcija s mnogo detalja i u većini slučajeva dolazi do zapunjenja otiska, drugim riječima spajanja susjednih rasterskih elemenata. Iz tog proizlazi da se aniloks valjci velikih linijatura koriste kod višebojnih reprodukcija i sitnih motiva, a aniloks valjci malih linijatura za pune tonove i jednostavne motive.

Rastrirani valjak je gravirani valjak s određenim brojem ćelija na metalnom ili keramičkom površinskom sloju, koji služi za doziranje bojila na tiskovnu formu. Broj ćelija i njihov oblik uvelike utječu na kvalitetu reprodukcije. Postoji nekoliko načina izrade rastriranog aniloks valjka: kemijskim jetkanjem, mehaničkim graviranjem i laserskim graviranjem. [4]

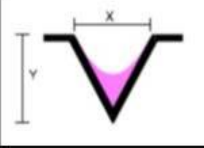
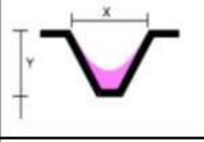
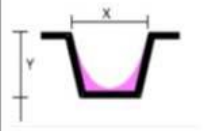
Postupak kemijskog jetkanja obavlja se kopiranjem filma (definiran uzorkom i linijaturom rastera) na površinu valjka, koja je prekrivena fotosenzibilnim slojem. Nakon osvjjetljavanja dio se sloja polimerizira, a neosvjjetljeni dijelovi, rasterske točkice, uklanjaju se pranjem. Kako bi se definirala dubina rasterskih točkica koriste se kiseline, a cijeli valjak na kraju se dodatno kromira, kako bi se povećala otpornost na habanje.

Mehaničkim graviranjem obrađuju se čelični valjci, koji su postupkom galvanizacije presvučeni bakrom (mekaniji i lakše obradiv materijal od čelika). Graviranje strukture (uzorka i linijature rastera) izvršava se dijamantom ili specijalnim valjkom, koji je izrađen od specijalnog

čelika. Čelije dobivene ovim postupkom su u obliku piramide ili odrezane piramide. Na kraju se valjak presvlači slojem kroma. [5,6]

U postupku laserskog graviranja koristi se keramički valjak koji je premazan plazmom i kromooksidnim slojem. Valjak se dodatno brusi dijamantom brusnom pločom, kako bi se postigla ujednačenost. Generirana laserska zraka s velikom preciznosti stvara čelije jednakog i pravilnog oblika, a nakon graviranja, nastale neravnine uklanjaju se postupkom poliranja. Ovim postupkom moguće je stvoriti izrazito malu linijaturu, čak do 600 lpcm kod keramičkog rastriranog valjka. Rastrirani valjak, koji je stvoren ovim postupkom, prenosi više bojila u odnosu na mehaničko graviranje i kemijsko jetkanje. [7,8]

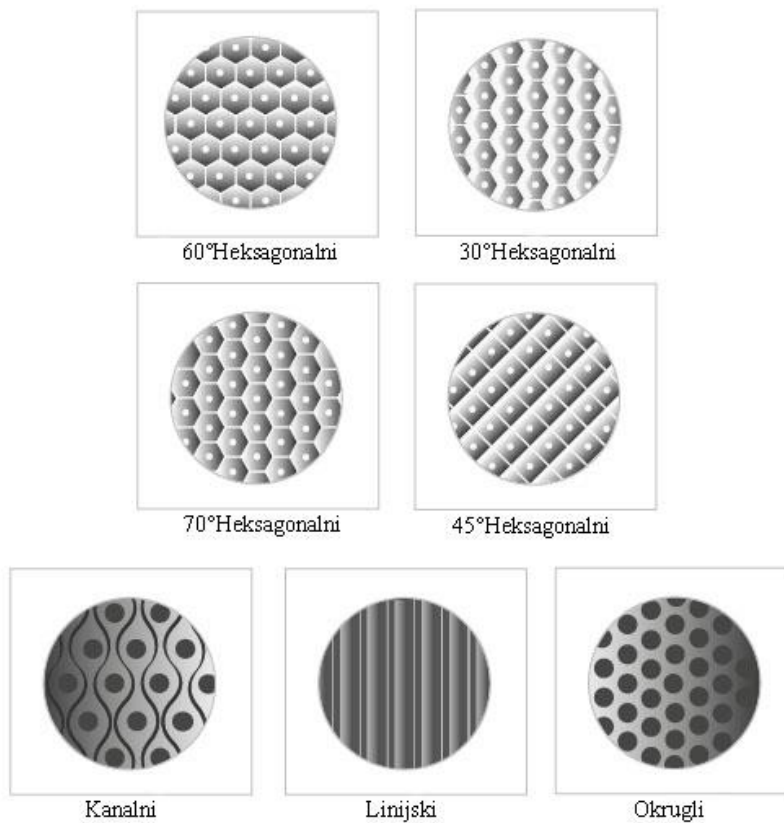
Volumen, linijatura i geometrija čelija glavni su parametri koji opisuju rastrirani valjak. Rasterske čelije s obzirom na oblik mogu biti izražene u obliku piramide, odrezane piramide ili kalote (Slika 6.). Čelije u obliku piramide i odrezane piramide stvaraju se mehaničkim ili elektronskom graviranjem. Uporaba čelije u obliku piramide vrlo je rijetka zbog lošeg pražnjenja dna čelije tijekom tiska. Čelije u obliku kalote prije su se stvarale konvencionalnom izradom, odnosno kemijskim jetkanjem, a danas to omogućava postupak laserskog graviranja. Čelije stvorene laserskim graviranjem imaju veliku primjenu zbog izuzetno dobrog prijenosa bojila. [8]

OBLICI RASTERSKIH ČELIJA	
	PIRAMIDA
	ODREZANA PIRAMIDA
	KALOTA

Slika 6. Oblici rasterskih čelija

[<https://www.flexography.org/industry-news/anilox-volume-measurement-history-evolution-flexographic-printing/>,
Datum pristupa: 30.03.2019.]

Mogući oblici rasterskih mreža su ortogonalna, heksagonalna, dijagonalna, linearna ili romboidna (*Slika 7.*). Ortogonalna mreža najveću primjenu imala je kod strojeva za tisak koverti. Širu primjenu nije imala zbog problematičnosti kod kontakta rakela i rasteriranog valjka. Dijagonalna mreža i linearna mreža u današnje vrijeme imaju malu uporabu. Romboidna mreža stvorena s laserskim graviranjem pod kutem do 60° najviše se koristi te su kod nje mogući različiti oblici ćelija. Kutevi rasterskih linija kod rastriranog valjka jesu 45° (dijamantni uzorak) te 30° ili 60° (heksagonalni uzorak). Najviše se koristi rastrirani valjak s kutem od 60°. Rastrirani valjak pod ovim kutem sadrži 15% više ćelija te pliće ćelije koje omogućavaju prijenos iste količine bojila, a izbjegnuto je moire efekt. [9,10]



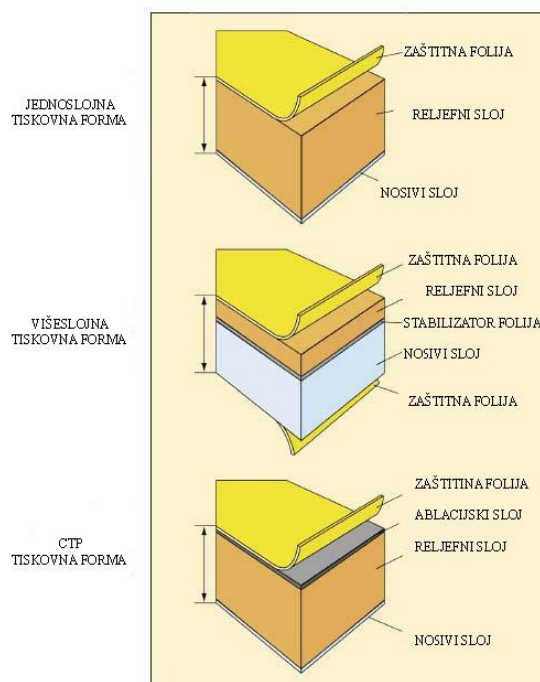
Slika 7. Oblici rasterskih mreža

[<https://www.flexoglobal.com/blog/2017/06/12/apex-a-revolutionary-reinvention-of-anilox-ink-transfer/>,
Datum pristupa: 30.03.2019.]

2.5. Tiskovna forma ili klišej

Razvoj tiskovne forme u fleksotisku je jedan od važnijih čimbenika podizanja kvalitete reprodukcije. U početku su tiskovne forme bile gumene, odnosno izrađene od prirodnog ili umjetnog kaučuka. Velika mana im je slaba dimenzionalna stabilnost što za tisak znači veliki prirast rasterskih elemenata. Početkom 1970-ih godina počeo je razvoj tiskovnih formi od tekućeg fotopolimera. Fotopolimer je proziran i fotoosjetljiv materijal baziran na akril poliesteru koji je sposoban povećati tvrdoću prilikom djelovanja ultraljubičastih (UV) zraka. Fotopolimeri se i danas koriste, samo što je napredovao način izrade. Nakon 1990. godine, konvencionalnu izradu zamijenila je digitalna (računalna) zbog veće preciznosti te visoke kvalitete i mogućnosti reproduciranja. Prednosti su jednostavnost procesa, lakša manipulacija i montaža, kontrola izrade te vođenje procesa tiska. [11]

Danas se uglavnom upotrebljavaju jednoslojne fotopolimerne tiskarske forme namijenjene CtP (Computer to Plate) postupcima izrade, One se sastoje od zaštitnog sloja (folija), sloja za laserku ablaciju, sloja fotopolimera te nosivog sloja koji čini temelj tiskovne forme i daje dimenzionalnu stabilnost (*Slika 8.*).



Slika 8. Presjek fotopolimerne tiskovne forme
[<https://docplayer.net/53260197-Zbornik-radova-proceedings.html>,
Datum pristupa: 30.03.2019.]

2.5.1. Karakteristike tiskovne forme

Fotopolimerne tiskovne forme najčešće su dostupne u debljinama od 0,76 do 6,35mm. Odabrana debljina ovisi o konfiguraciji tiskarskog stroja, širini role, dužini otiska i vrsti grafičkog proizvoda. [5]

Tvrdoća tiskovne forme ima veliki utjecaj na rezultat u tisku. Dok se mekane tiskovne forme dobro prilagođavaju strukturi površine podloge, tvrde imaju veću tendenciju stvaranja efekta praznina na otisku (*Slika 9.*). Međutim, kada se koriste tvrde tiskovne forme, prirast rastertonske vrijednosti je značajno manji, a rasterski element je manje stisnut. Zahtjevi tržišta za što većom kvalitetom grafike rezultiraju postupnim prelaskom na tanje tiskovne forme. Tanja daju učinkovito tvrđu površinu, a time se uvelike poboljšava kvaliteta tiska. S manje polimera za izlaganje i obradu, slike su oštrije, manje je bubrenje, a i vrijeme ispiranja je kraće. [12]



Slika 9. Razlika u otisku tvrde i mekane tiskovne forme
[<https://www.gallus-group.com/en/labelprinting/printing-processes/flexo>,
Datum pristupa: 30.03.2019.]

2.5.2. Digitalni postupak izrade tiskovne forme

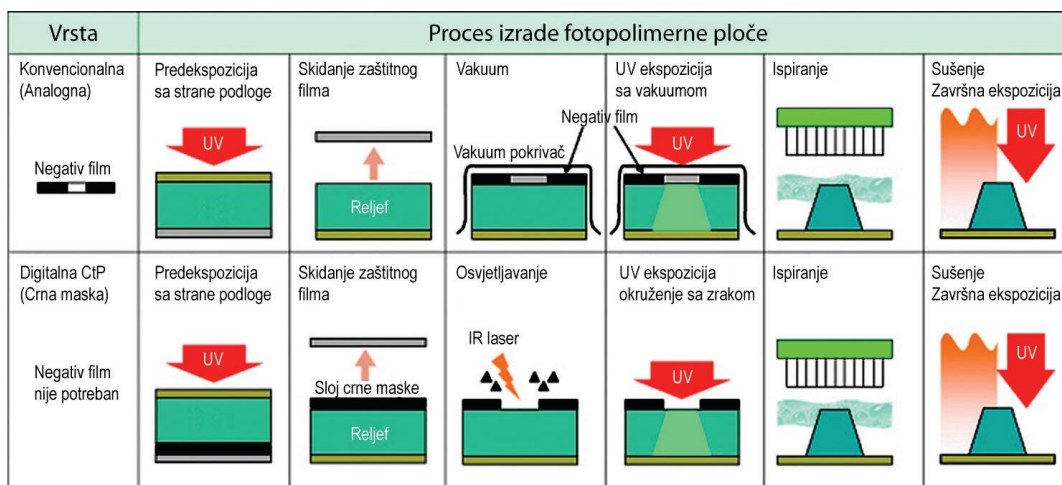
Digitalnim postupak izrade tiskovne forme izbacuje korištenje negativ kopirnih predložaka (Slika 10.). Postoji nekoliko načina prijenosa podataka od RIP-a (Raster Image Processor) do uređaja za ispis. U većini slučajeva uređaj za ispis je spojen izravno s RIP-om, te podaci prelaze izravno iz RIP-a na uređaj za ispis. Slijedeća mogućnost je da se podaci generirani u RIP-u prvo pohranjuju na tvrdi disk u međumemoriju te kasnije ispisuju na tiskovnu formu. [13]

Predložak je zamjenjen integriranjem crnog karbonskog sloja na gornju stranu ploče koji u procesu eksponiranja služi kao maska. Za vrijeme procesa osvjtljavanja digitalne ploče, laser velike snage uklanja crni karbonski sloj (termo osjetljivi sloj) sa područja tiskovnih površina, kreirajući tako negativ masku. Postupak je još poznat pod nazivom laserska ablacija.

Prednost korištenja laserski ablativne maske je prije svega eliminiranje mnogih parametara koje su bile povezane sa analognim procesom pomoću grafičkog filma. Na taj način se je povećala učinkovitost i kvaliteta, dakle, stvorilo se okruženje za bolje rezultate i standardizaciju.

Digitalni proces omogućava dosljednost u kojoj su brojevi, krivulje, optička gustoća, veličina i kut rasterskog elementa ponovljivi parametri. [13]

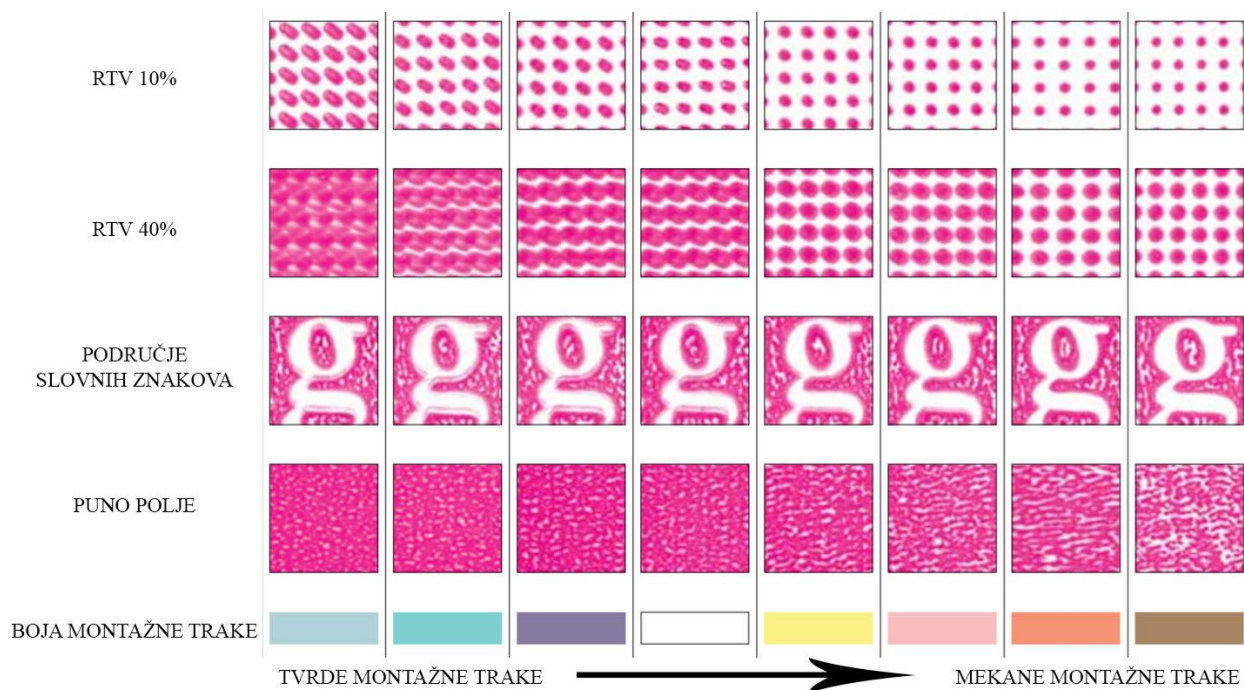
CtP postupkom omogućena je reprodukcija rasterskih elemenata od 3% do 100% kod rastera od 70 lpcm, smanjen je prirast rastertonske vrijednosti, bolja je reprodukcija finih detalja i jasnoća procesnih bojila te je omogućena izrada većih formata tiskovnih formi. Modernim digitalnim načinom izrade tiskovne forme kvaliteta fleksografskog tiska približila se kvaliteti reprodukcija nastalih dubokom i plošnom tiskarskom tehnikom. [14]



Slika 10. Konvencionalna i digitalna (CtP) metoda izrade tiskovnih formi
[Valdec, D., Utjecaj promjenjivih parametara fleksotiska na geometriju rasterskoga elementa predotisnute tiskovne podloge, Doktorski rad, Grafički fakultet, Zagreb, 2013.]

2.6. Montažna traka

Montiranje tiskovne forme na cilindar vrši se pomoću montažne trake koja je obostrano ljepljiva. Funkcija montažne trake nije samo u ljepljenju, već ima i kompresibilnu ulogu, odnosno kompenzira bilo kakve nepravilnosti na površini tiskovne forme. Također, postoje montažne trake različitih tvrdoća te zavisno o izgledu reprodukcije i rasporedu tiskovnih elemenata, smanjuju pritisak na rasterske elemente tokom tiska. Na taj način smanjuje se deformacija rasterskih elemenata i neželjeni prirast. Za reprodukcije koje sadrže pune tonove koriste se montažne trake veće tvrdoće, a za reprodukciju rastriranih slika i tonova koriste se montažne trake male tvrdoće (*Slika 11.*). U slučaju da tiskovna forma sadrži pune tonove i rastrirane elemente, koriste se montažne trake srednje tvrdoće.



Slika 11. Primjer montažnih traka različitih tvrdoća

[<https://multimedia.3m.com/mws/media/1756990/flexographic-mounting-system-selection-guide.pdf>,
Datum pristupa: 05.04.2019.]

2.7. Rastriranje

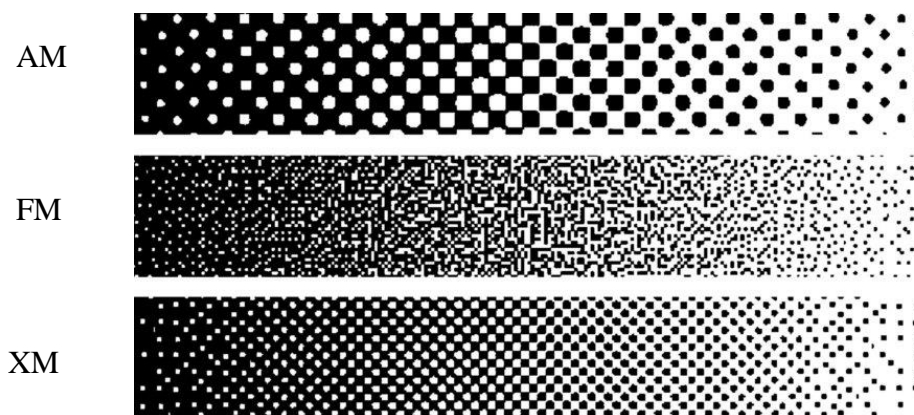
Rastriranje u fleksotisku ima specifičnosti koje proizlaze iz svojstva tiskovne forme, a riječ je o elastičnosti i kompresibilnosti. Posebnu pažnju treba obratiti na male rastertonske vrijednosti jer je česti slučaj u fleksotisku veliki prirast upravo u tom području.

Kada govorimo o pojmu raster tada mislimo na sredstvo kojim se obavlja rastriranje, a kao njegov produkt nastaje rasterski element. Bez obzira radi li se o klasičnom ili digitalnom rastriranju nastanak višetonskih reprodukcija moguć je zbog tromosti ljudskog oka i nemogućnosti raspoznavanja pojedinačnih malih rasterskih elemenata.

Informacije o intenzitetu dobivamo iz skupne refleksije više rasterskih elemenata. Ukoliko je rasterski element manji, to je uočavanje rasterskog elementa na otisku teže. Možemo reći da je osnovna razlika među rasterima njihova veličina i međusobni razmak koji definiraju finoću rastera. Veličina rasterskog elementa može se izraziti kao postotak pokrivenosti površine rastertonske vrijednosti (RTV) ili preko integralne gustoće obojenja (Di). [15,16]

2.7.1. Podjela rastera

Osnovna podjela rastera je na: amplitudno modulirani (AM raster), frekventno modulirani (FM raster) i hibridni raster (XM raster) [16]

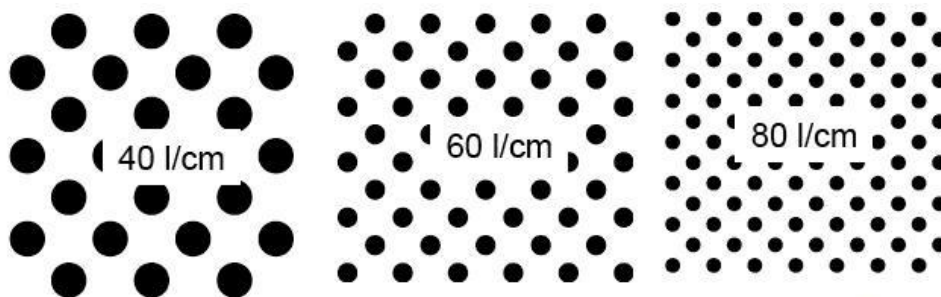


Slika 12. Podjela rastera

[<https://www.longo.media/en/print/pre-press/rastering/>, Datum pristupa: 05.04.2019.]

Kod amplitudno moduliranog rastera karakteristična je modulacija veličine rasterskih elemenata dok je razmak između njih uvijek konstantan. Za razliku od AM rastera, kod frekventno moduliranog rastera veličina rasterskih elemenata je jednaka, a modulira se njihova frekvencija. Kombinacijom AM i FM rastera dobiva se hibridni XM raster (*Slika 12.*). FM se koristi za 0% do 10% i 90% do 100% rastertonskih vrijednosti, a za ostatak se koristi AM raster. [15,17]

Kada govorimo o finoći rastriranja, finoća amplitudno moduliranog rastera ovisi o linijaturi rastera (*Slika 13.*). Linijatura je definirana gustoćom rasterskih linija odnosno brojem linija po inču (lpi) ili centimetru (lin/cm). Linijatura AM rastera ili finoća rastriranja ovisi o namjeni reprodukcije, tehnicima tiska te o papiru i boji koja će se koristiti. Prema tome raster možemo podijeliti na: grubi (do 30 l/cm), srednje fini (30-60 l/cm) i fini (iznad 60 l/cm) [17]



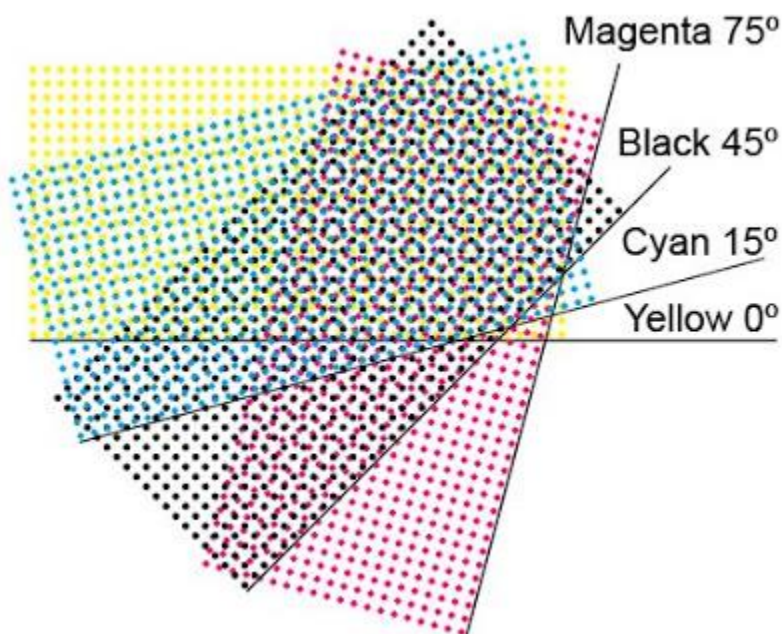
Slika 13. Primjer linijatura AM rastera

[http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/6.%20Rasterski%20sustavi.pdf, Datum pristupa: 10.04.2019.]

Kod FM rastera nema linijature kao kod AM rastera jer je razmak između rasterskih elemenata različit, stoga finoća FM rastera ne ovisi o linijaturi već ovisi o veličini rasterskog elementa. Ako je rasterski element okruglog oblika, što je najčešći primjer, linijatura se definira promjerom rasterskog elementa u mikrometrima.

2.7.2. Kutevi rastera i moire

Najveći problem kod amplitudnog rastriranja je vidljivi uzorak koji može nastati na reprodukciji i predstavlja tehničko ograničenje procesa, a naziva se moire. Do moire-a dolazi ukoliko nisu pravilno podešeni kutevi rastera na pojedinim separacijama (*Slika 14.*). Svaka boja se podešava pod određeni kut kako bi se smanjio negativni učinak moire-a. Također valja napomenuti da su kutevi rastera definirani prema aniloks valjku graviranim pod kutem od 45°. Moire pojava je izraženija što je pomak kuta manji. U fleksotisku treba posebno pripaziti na ovu pojavu prilikom tiska na rastezljive podloge gdje lakše dolazi do pomaka pasera. [17]



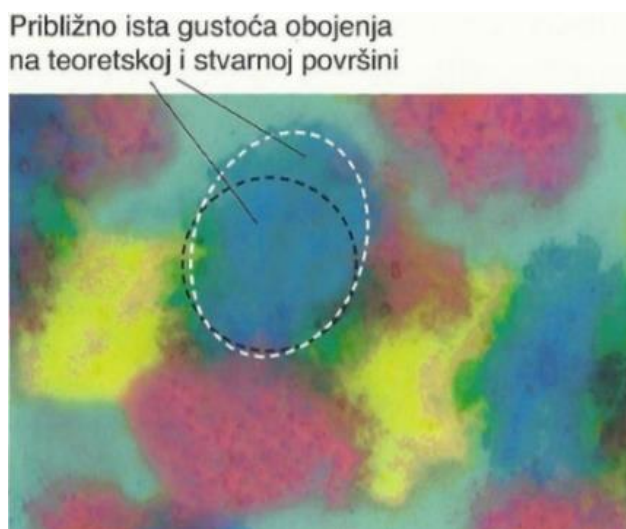
Slika 14. Kutevi rastera

[http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/6.%20Rasterski%20sustavi.pdf, Datum pristupa: 10.04.2019.]

2.7.3. Deformacije rasterskih elemenata

Napretkom tehnologije nisu nestali problemi prilikom dobivanja kvalitetnog otiska, a najviše se pojavljuju u slučaju kada neki parametar sustava nije u optimalnom odnosu s ostalima. Jedan od najvažnijih parametara u smanjenju kvalitete tiska jest deformacija rasterskih elemenata. Mnogo faktora utječe na rasterski element prilikom proizvodnje i s obzirom na tu činjenicu rasterski element se može povećati (pozitivna deformacija) ili smanjiti (negativna deformacija) u odnosu na teoretsku površinu. Kada govorimo o deformaciji većinom je riječ o pozitivnoj deformaciji, a to je deformacija kad je stvarna veličina rasterskog elementa veća od teoretske veličine. Valja napomenuti da je deformacija rasterskih elemenata pojava koja se događa neovisno o vrsti rastriranja, a možemo je podijeliti na geometrijsku deformaciju i optičku deformaciju. Postoje različiti uzroci deformacija rasterskih elemenata no najčešći su oni vezani uz sile pritiska između valjaka, bubnjeva i cilindara. [18]

Geometrijska deformacija rasterskih elemenata nastaje prilikom mehaničkih djelovanja na rasterski element za vrijeme i nakon tiska, a riječ je o obodnim brzinama cilindara te pritisku na materijal. Geometrijska deformacija rasterskih elemenata za vrijeme i nakon tiska može se najčešće dogoditi uslijed smicanja (*Slika 15.*), razmazivanja (*Slika 16.*) i dubliranja (*Slika 17.*). Za razliku od geometrijske deformacije, optička deformacija rasterskih elemenata nastaje uslijed refleksije svjetlosti s unutarnjih slojeva tiskovne podloge. [15,18]



Slika 15. Smicanje

[Zjakić Igor, Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska (str. 40.), Hrvatska Sveučilišna naklada, Zagreb, 2007.]



Slika 16. Dubliranje

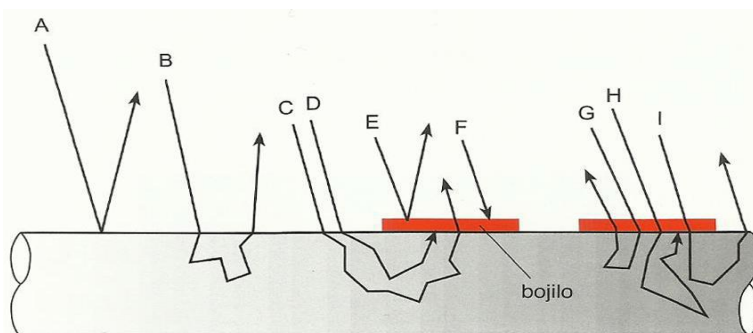
[Zjakić Igor, Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska (str. 41.), Hrvatska Sveučilišna naklada, Zagreb, 2007.]



Slika 17. Razmazivanje

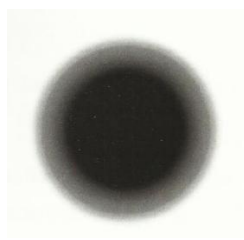
[Zjakić Igor, Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska (str. 42.), Hrvatska Sveučilišna naklada, Zagreb, 2007.]

Veliki dio deformacija rasterskih elemenata uvjetovan je geometrijskim promjenama. Kada bi refleksija svjetlosti bila idealna, problemi u tisku koje ove deformacije uzrokuju vrlo lako bi se rješavali nakon kvalitetnog ustanovljavanja pogreške koja je uvjetovala deformaciju. Međutim, uslijed prolaska svjetlosti kroz tiskovnu podlogu, dio svjetlosti vraća se reflektirana od unutarnjih slojeva tiskovne podloge (Slika 18.). Takva pojava poznatija je pod nazivom „halo efekt“. Rezultat takve refleksije svjetlosti je doživljaj proširenja rasterskog elementa (Slika 19.). Odnos upadne svjetlosti i njene refleksije ovisi o parametrima koji uzrokuju refleksiju i apsorpciju na tiskovnoj podlozi. [15,17]



Slika 18. *Moguće refleksije svjetlosti na tiskovnoj podlozi*

[http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/6.%20Rasterski%20sustavi.pdf, Datum pristupa: 20.04.2019.]

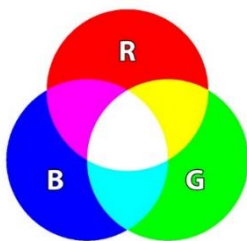


Slika 19. *Doživljaj okruglog rasterskog elementa prilikom optičke deformacije*
 [http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/6.%20Rasterski%20sustavi.pdf, Datum pristupa: 20.04.2019.]

Bez obzira koja se od navedenih vrsta deformacija rasterskih elemenata pojavi u tisku, krajnji rezultat je smanjenje kvalitete grafičkog proizvoda. Zbog toga je vrlo bitno ustanoviti deformacije kako bi se iste kvalitetno mogle ukloniti ili dovesti na prihvatljivu razinu prilikom izrade proizvoda.

2.8. Modeli boja RGB i CMYK

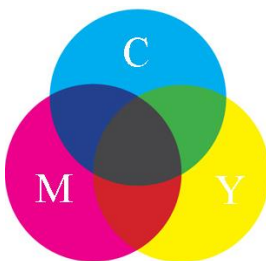
RGB model boja sastoji se od tri primarne boje crvene (Red), zelene (Green) i plave (Blue), a miješanjem te tri boje dobivamo sekundarne i tercijarne (*Slika 20.*). RGB model je aditivni, svjetlosni model miješanja boja. Dodavanjem svjetla u RGB bojama dobivamo bijelu boju. Crna boja u RGB modelu se dobiva kada nema svjetla. Baš kao i u sunčevom svjetlu, gdje sve boje spektra čine bijelu boju, a kad nema sunca onda je tama. Televizijski i računalni ekrani prikazuju boje pomoću RGB modela.



Slika 20. Aditivni model boja (RGB)

[<https://hudu.hr/modeli-boja-rgb-i-cmyk/1018>, Datum pristupa: 05.05.2019.]

CMYK model boja sastoji se od četiri primarne boje cijan (Cyan), magenta (Magenta), žuta (Yellow) i crna (Key), kojima u tisku postizemo sve ostale boje (*Slika 21.*). CMYK je substraktivni model miješanja boja, što znači dodavanjem svih boja CMYK-a dobivamo crnu. To je miješanje boja oduzimanjem svjetla tj. počinjemo s bijelim svjetlom (bijeli papir) i oduzimamo mu svjetlo, dodajemo CMYK boje i na kraju dobivamo crnu boju. Iako u CMYK-u nikada ne miješamo svjetla već tiskarske boje, koje oduzimaju, apsorbiraju svjetlo. Tri boje CMY kada se pomiješaju ne daju savršenu crnu boju, zato se u tisku dodaje još i crna tiskarska boja (Key) s ciljem pojačanja kontrasta.



Slika 21. Suptraktivni model boja (CMYK)

[<https://hudu.hr/modeli-boja-rgb-i-cmyk/1018>, Datum pristupa: 05.05.2019.]

2.8.1. Autotipijska sinteza boja

Višebojne reprodukcije nastaju tiskom CMYK boja jedne preko druge s određenim rastertonskim vrijednostima i pod određenim kutem. Crna boja pojačava kontrast i daje osjećaj dubine na slikama, jer crna koja se dobiva samo od CMY komponenti nije nikad dovoljno duboka zbog pigmenta koji se koriste u bojama. U tisku, veličina amplitudno moduliranih (AM) rasterskih elemenata ovisi o tonu boje koju se želi postići. Kod preklapanja neki od elemenata pojedinačnih boja priljubljeni su jedan na drugi, dok se drugi djelomično ili potpuno preklapaju. Povećalom se može vidjeti efekt suptraktivnog miješanja boja na rasterskim elementima, dok čovjek golim okom ne može vidjeti rezultate pojedinačnog preklapanja, pa se boje miješaju aditivno. Autotipijska sinteza boja je međudjelovanje aditivne i suptraktivne sinteze. [19]

2.9. Spektrofotometrija

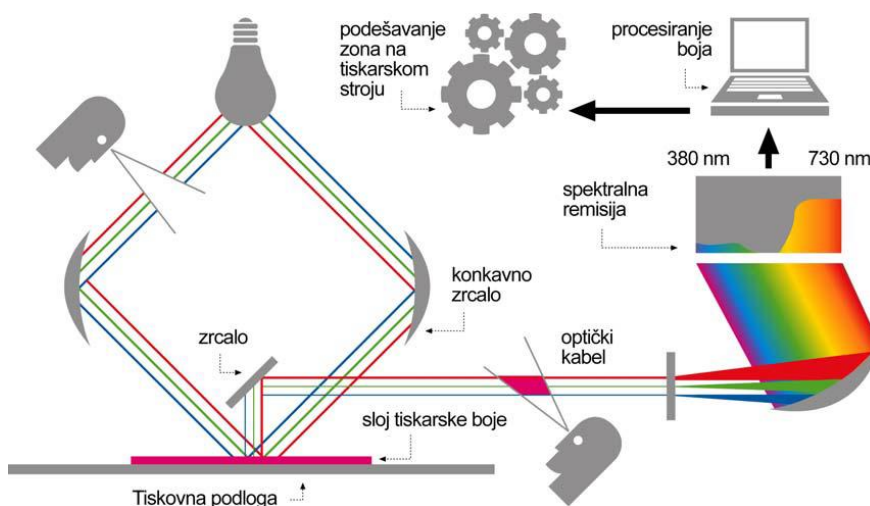
Raspon promjene kolorimetrije je širok, jer može dati nedvosmislen opis boje. Omogućuje procjenu prihvatljivosti tiska kao i održivost boje u radnom toku. Kolorimetrija omogućuje kalibraciju tiskarskih strojeva što im daje visoku točnost i učinkovitost. Primjenjuju se isti principi kao i kod denzitometrije. Najprije je potrebno provjeriti jesu li mjerni uređaji kalibrirani, te koriste li se mjerni standardi prema nekom od industrijskih ili internih standarda. Standardni izvor svjetlosti za industrijsku primjenu je D50, iako se ponekad koristi i D65.

Mjerenje boja uključuje formulu razlike boja. Formula razlike ΔE_{ab} je najjednostavniji izbor, no također se koriste i drugi standardi: ΔE_{cmc} , ΔE_{94} ili ΔE_{00} . Mjerni uređaji nude mogućnost izbora između ovih formula, no važno je naglasiti koja se koristi, jer svaka daje različitu vrijednost ukupne razlike boja. [20]

Spektrofotometrija mjeri vidljivi dio spektra od 380 do 730 nanometara. Svjetlost koju reflektira boja se dijeli na spektralne sastavne dijelove koristeći difrakcijsku mrežu ili druge tehnologije pomoću velikog broja senzora. Izmjerene reflektirane vrijednosti se koriste za izračun standardnih vrijednosti boja x, y i z. Iz razloga što se ove funkcije ne moraju uobličavati filtrima, apsolutna točnost spektrofotometara je vrlo visoka. Glavna prednost spektrofotometrije, kraj visoke apsolutne preciznosti, je činjenica da spektrofotometri mogu dati standardne vrijednosti boja za sve standardizirane izvore svjetlosti i promatrače, ako su odgovarajuće

vrijednosti spremljene. Mogu izračunati gustoće obojenja za bilo koji standard filtra. Proizvođači boja moraju se držati preciznih specifikacija kod proizvodnje svojih proizvoda. Ovo je vrlo važno za standardizirane boje. Ovaj preduvjet se postiže mjerenjem uzoraka spektrofotometrom i potom korištenjem softvera za izračun formule miješanja boje. [19,21]

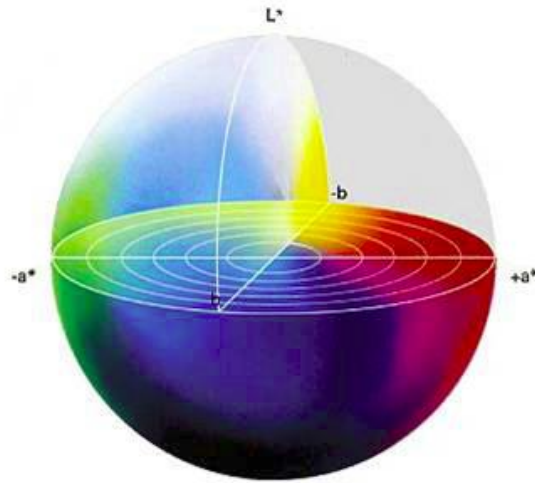
Princip je takav da se najprije uzorak osvijetli pod kutem od 45° . Svjetlost se odbija pod kutem od 0° i dolazi do glave spektrofotometra preko ogledala koje skreće svjetlost i optičkog kabela. Ondje se lomi na spektralne boje preko difrakcijske mreže, na sličan način kao kod prizme. Fotodiode potom mjere distribuciju zračenje kroz cijeli vidljivi spektar i upućuju rezultate prema računalu gdje se podvrgavaju kolorimetrijskoj procjeni (Slika 22.). [21]



Slika 22. Princip rada spektrofotometra
[M.Mihoci, Spektrofotometrijsko određivanje boje, Osvrti, Kem. Ind. 683–685, Split, 2015.]

Rezultat mjerenja se izražava Lab* vrijednostima. Kad se izmjerene vrijednosti usporede s prethodno unesenim ciljanim vrijednostima, sustav izračunava relativna preporučena podešavanja za različite boje. U kontrolnom sustavu podaci se pretvaraju u apsolutne vrijednosti za kontrolu pojedinačnih zona boja.

CIE Lab* je trodimenzionalni prostor boja (Slika 23.) temeljen na objektivnom vrednovanju boja i najbliži je vizualnoj percepciji. Akromatska os L (Luminance) predstavlja svjetlinu od 0 do 100, dok su dvije kromatske osi a* (crveno-zeleno) i b* (plavo-žuto). Za taj sustav, definirano osvjetljenje je D50.



Slika 23. CIE Lab* trodimenzionalni prostor boja
[\[https://www.sony.hr/electronics/support/about-color-management,](https://www.sony.hr/electronics/support/about-color-management) Datum pristupa: 16.05.2019.]

Razlike između dviju boja definiraju se kao razlika između koordinata za dva položaja boja (referentnog i uspoređivanog). Izračunava se kao srednja vrijednost razlika između L, a i b vrijednosti standarda (referentna vrijednost) i vrijednosti izmjerene na uzorku za usporedbu (Slika 24.). [22]

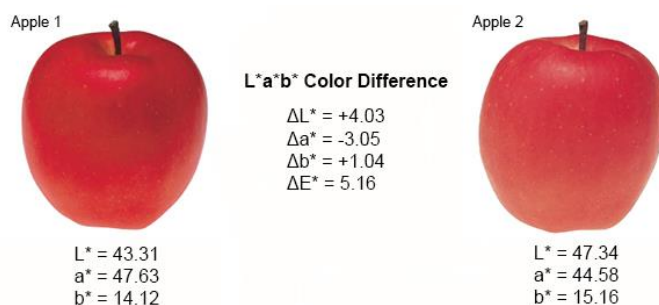
$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$$

Slika 24. Formula za izračun razlike boja
[\[https://sensing.konicaminolta.us/blog/identifying-color-differences-using-l-a-b-or-l-c-h-coordinates/,](https://sensing.konicaminolta.us/blog/identifying-color-differences-using-l-a-b-or-l-c-h-coordinates/)
 Datum pristupa: 16.05.2019.]

2.9.1. Tolerancije boja

Kod percepcije boja važno je razumjeti koja količina vidljive razlike u bojama je prihvatljiva. Varijacija boja se ne može izbjeći u svakoj aplikaciji za tisak, jer svaki proces ima nezaobilazne varijacije sam po sebi. Različite reprodukcije imaju različite zahtjeve. Za primjene na ambalaži, primjerice, bez obzira na tehnologiju tiska, od nezaobilazne važnosti je da sva pakiranja budu jednaka, jer brend ovisi o svojoj boji. Mjerenje boja vrši se spektrofotometrom sa zadanim uvjetima osvjetljenja te na određenoj podlozi, a kao rezultat dobijemo različite Lab*

Razlika boje ΔE^* (delta E) od 0 do 1 je gotovo neprimjetna i može se pripisati mjernom uređaju. Tolerancija boje od 1 do 3 je jedva primjetna i u ovom rasponu tiskare nastoje održati konstantnost tokom cijelog proizvodnog procesa jer je cilj postići ponovljivost boje. Tolerancije iznad 3 nisu prihvatljive u istoj nakladi jer je u tom slučaju razlika boje vidljiva (Slika 25). [15]



Slika 25. Primjer odstupanja Lab* vrijednosti između uzoraka
[<https://sensing.konicaminolta.us/blog/identifying-color-differences-using-l-a-b-or-l-c-h-coordinates/>,
Datum pristupa: 26.05.2019.]

3. FLEKSIBILNA AMBALAŽA

Fleksibilna ambalaža može se podijeliti na jednoslojnu i višeslojnu. Jednoslojna fleksibilna ambalaža sastoji se od samo jednog materijala, dok se višeslojna fleksibilna ambalaža sastoji od više materijala pogodnih za fleksibilnu ambalažu i radi se laminacijom, odnosno kaširanjem različitih vrsta materijala. [23]

3.1. Jednoslojna ambalaža

Jednoslojni ambalažni materijali izrađuju se od jednog materijala čija svojstva zadovoljavaju sve potrebe upakiranog proizvoda. Važno je da ima određenu čvrstoću, dobra barijerna svojstva i otpornost na vremenske uvjete, a također je i jednostavna za izradu. Može sadržavati tisak, a najpoznatiji primjeri jednoslojne ambalaže su monofolija s tiskom ili bez tiska i papir.

3.1.1. Monofolija s tiskom

Polimerni materijali se u velikoj mjeri upotrebljavaju za proizvodnju ambalaže, i to ne samo kao zamjena za konvencionalne materijale. Zbog svojih specifičnih svojstava i dinamičnog razvoja posljednjih desetljeća upravo su ovi materijali omogućili proizvodnju novih ambalažnih oblika i nove tehnike pakiranja, odnosno pakiranje nekih roba koje se prije nisu mogle pakirati, npr. produljenje svježine prehrambenih proizvoda pakiranjem u modificiranoj atmosferi. Premda postoji veliki broj polimernih materijala, za izradu monofolija (*Slika 26.*) kao ambalažnih materijala najviše se upotrebljavaju plastomeri: polietilen niske gustoće (PE-LD), polietilen visoke gustoće (PE-HD), polipropilen (PP), poli(vinil-klorid) (PVC), polistiren (PS) i polietilen tereftalat (PET). [23]



Slika 26. Monofilija s tiskom
[<http://mec.hr/proizvodi/mono-folije/>, Datum pristupa: 03.06.2019.]

Za sve polimerne materijale zajedničko je da imaju malu gustoću, teško su topljivi, kemijski su inertni i podložni su razgradnji utjecajem topline pri relativno niskim temperaturama. Imaju vrlo dobra tehnološka svojstva, lako se mehanički oblikuju uz mali utrošak rada, energije i vremena. Nije im potrebna naknadna površinska obrada niti površinska zaštita, a bojenje se izvodi dodavanjem bojila "u masu". Zahvaljujući plastičnosti moguće je proizvesti proizvode vrlo različitih oblika i svojstava uz primjenu velikog broja postupaka prerade. Mogu se proizvesti u obliku vrlo tanke folije, nanositi u tankom sloju na drugi materijal, itd.

Karakteriziraju je dobra prozirnost i čvrsta konzistencija. Osigurava čuvanje kvalitete proizvoda i dobru vizualnu prezentaciju. Primjenjuje se u pakiranju svježeg voća i povrća, artikala za jednokratnu upotrebu, različitih kućnih potrepština i dr. Zadaća monofilija je da štite proizvod od vlage i oštećenja. [24]

3.1.2. Papir

Papir je najstariji materijal koji služi kao tiskovna podloga i kao materijal za izradu fleksibilne ambalaže. Da bi se optimizirao proces otiskivanja i izrade fleksibilne ambalaže, koriste se prema potrebi različite vrste papira. Najčešće korištene vrste papira su: papirni materijali za fleksibilno pakiranje, papiri za vrećice, prozirni papiri, masni papiri, voštani papiri, pergamentni papiri, bijeljeni sulfatni papiri, bijeljeni sulfitni papiri [23]

Od materijala za izradu tiskane fleksibilne ambalaže papir je najstarija i pojedinačno gledano danas još uvijek najviše rabljena tiskovna podloga (*Slika 27.*). Papir je najčešće celulozna tvorevina s raznim dodacima, slična kartonu, a od kartona se najčešće razlikuje gramaturom. Relativno je jeftin i ima razmjerno povoljnu čvrstoću s obzirom na gramaturu, ima dobar opacitet i služi kao najpovoljnija tiskovna podloga. Velika prednost papira pred sintetskim tiskovnim podlogama jest njegova mogućnost relativno jednostavnog recikliranja, a i to što se papir proizvodi iz obnovljivih prirodnih resursa. [23]



Slika 27. Primjeri fleksibilne ambalaže od papira

[<https://www.mcdonalds.ba/nova-moderna-ambalaza>, Datum pristupa: 03.06.2019.]

3.2. Višeslojna ambalaža

Višeslojni ambalažni materijali izrađuju se uglavnom od nekoliko polimernih materijala ili u kombinaciji s drugim materijalima. Kombinacijom različitih mono materijala dobivaju se materijali željenih svojstava za optimalnu zaštitu zapakiranih proizvoda. Višeslojni materijali omogućuju lako oblikovanje i zatvaranje ambalaže. Dobivaju se postupkom koekstruzije ili laminiranja. Koekstruzijom se dobivaju materijali koji se sastoje od više polimernih materijala. Višeslojni ambalažni materijali proizvode se postupkom laminiranja. Od višeslojne ambalaže najčešće se koriste duplex i triplex folije. [24]

3.2.1. Duplex folije

Pri izradi duplex folija (*Slika 28.*) koriste se dva ista ili dva različita materijala. Primjeri duplex folija su PP/PP, PET/PE. Karakteriziraju ih vrlo dobra barijerna svojstva i čvrsta konzistencija. Poput mono folije, osiguravaju očuvanje kvalitete i arome proizvoda, te dobru vizualnu prezentaciju. Duplex folije primjenjuju se u pakiranju širokog spektra proizvoda, od pekarskih proizvoda, raznih prehrambenih proizvoda kao što su smrznuto povrće i meso, sušeno voće, pa sve do ambalaže za proizvode opće uporabe. [25]



Slika 28. Primjer duplex folije

[<http://mec.hr/proizvodi/duplex-folije/>, Datum pristupa: 12.06.2019.]

3.2.2. Triplex folije

Triplex folije se izrađuju od tri različita materijala (Slika 29.). Neki primjeri triplex folija su PET/metPET/PE, PET/metPP/PE. Karakteristike triplex folija su dobra čvrstoća i varljivost, te izrazita barijerna svojstva. Kao i duplex folije, osiguravaju očuvanje kvalitete i arome proizvoda i dobru vizualnu prezentaciju, no za razliku od duplex folija, triplex folije sprečavaju utjecaj svjetlosti na zapakirani proizvod. Triplex folije primjenjuju se u pakiranju proizvoda koji su naročito osjetljivi na vanjske utjecaje, od koji su neki kava, začini i med. [26]



Slika 29. Primjer triplex folije
[<http://mec.hr/proizvodi/triplex-folije/>, Datum pristupa: 12.06.2019.]

3.3. Tiskovne podloge

Jedna od najvažnijih karakteristika fleksografskog tiska je sposobnost tiska na širokoj paleti podloga, tj. tiskovnih materijala.

Za fleksibilnu ambalažu se kao podloge najviše koriste filmovi, folije i papir. Za potrebe ovog diplomskog rada, obraditi će se tisak folija i filmova na fleksotiskarskoj rotaciji sa 8 ili 10 tiskovnih jedinica.

3.3.1. Filmovi i folije

Folije i filmovi se obično karakteriziraju kao tanki sloj sintetičkog polimera. Razlika između filma i folije je u njihovoj debljini. Folija je film debljine veće od 0,200 mm (200 mikrometara) što znači da se folija koristi samo u vrlo rijetkim slučajevima. Većinom se koriste filmovi debljine od 20 do 200 mikrometara. Međutim, u primjeni za ovu skupinu materijala često se koristi izraz folija (u engleskom govornom području koristi se izraz „film“, a u njemačkom izraz „Folien“). Postoji mnogo vrsta filmova, a njihova primjena ovisi o njihovim fizikalnim i kemijskim svojstvima. Filmovi se općenito specificiraju njihovom masom (plošnom masom) izraženom u g/m^2 i debljinom u mikrometrima, a za neke je korisno znati i njihovu gustoću. [23]

Predobrada filmova će značajno utjecati na njihovu površinsku napetost i omogućiti da se bojilo veže na površinu tiskovne podloge (netretirana površina plastičnih filmova je male površinske energije jer je nepolarna i hidrofobna). Napetost površine mjeri se u jedinicama dyn/cm (engl. dyne, $1 \text{ dyn/cm} = 10^{-5} \text{ N/cm}$). Ukoliko se kao tiskovna podloga koristi film iz polipropilen, polietilen ili poliamid razina površinske napetosti treba biti u rasponu od 38 do 44 dyn/cm . Može se koristiti posebna olovka za testiranje podloge te odrediti površinska napetost filmova prije početka tiska. To može uštedjeti mnogo vremena i smanjiti poteškoće prilikom tiska. Predobrada se može izvoditi u liniji sa tiskom ili odvojeno. Jedan od najčešćih postupaka je korona pražnjenje, a glavni problem je da djelotvornost opada odmah nakon tretmana. To je potaknulo prerađivače filmova da ugrade sustav predobrade u liniji s tiskom, neposredno prije tiskovnih jedinica, kako bi se osigurala visoka kvaliteta tiska, pogotovo kada se koriste bojila na bazi vode ili bojila koja stvrđavaju djelovanjem zračenja. [25,26]

Najčešće korišteni filmovi u svrhu izrade fleksibilne ambalaže su izrađeni iz polietilena (PE), polipropilena (PP), biaksijalno orijentiranog polipropilena (BOPP) ili poliamida (PA).

3.3.1.1. Polietilen (PE)

Polietilen (PE) je kristalasti plastomer koji se industrijski proizvodi polimerizacijom etena (etilena). U proizvodnji folije i filma najviše se koristi polietilen niske gustoće (LD-PE), srednje gustoće (MD-PE), visoke gustoće (HD-PE) i linearni polietilen niske gustoće (LLD-PE). Porastom gustoće povećava se talište i mehanička svojstva, tj. tvrdoća, rastezna čvrstoća, istezanje, krutost i kemijska postojanost. Za sve vrste polietilena, karakteristična je niska cijena, jednostavna prerada te odlična mehanička svojstva.

Primjenjuje se za izradu fleksibilne ambalaže, vrećica za trgovinu, folija za pakiranje i industrijskih filmova. Polietilen niske gustoće karakterizira žilavost te otpornost na kidanje, djelovanje kiselina i alkalija, ali najčešća mu je mana što nije potpuno proziran. S druge strane, polietilen visoke gustoće ima znatno veću čvrstoću i tvrdoću, ali je iz tog razloga znatno krući od LD-PE-a. Osim toga, otporniji je na kemikalije, a propusnost plinova mu je pet do šest puta niža nego kod LD-PE filma. Prilikom tiska na polietilen najčešće su prednosti njegova otpornost na otiranje, minimalno skupljanje, mala krutost te otpornost na kidanje. [24]

3.3.1.2. Polipropilen (PP)

Polipropilen je plastomer linearnih makromolekula. Raspored bočnih metilnih grupa je pravilan i one se nalaze na svakom drugom atomu ugljika. S obzirom na prostorni raspored metilnih grupa u odnosu na lanac makromolekula razlikujemo izotaktan, sindiotaktan i ataktan. Poželjan je što veći udio izotaktnog dijela jer takva struktura pogoduje kristalizaciji, a to je preduvjet dobrim karakteristikama. Karakteristike su mu slične onima polietilena niske gustoće (PE-LD), s time da ima veću tvrdoću, čvrstoću, elastičniji je, prozirniji i sjajniji. Dobar je izolator zbog svojih nepolarnih karakteristika, a izolacijska svojstva mu se smanjuju ako u njemu ima tragova metalnih katalizatora. Dobiva se polimerizacijom propilena uz odgovarajući katalizator. Rast lanca se postiže ugradnjom monomera između rastućeg polimernog lanca i katalizatora. Koriste se Ziegler-Natta katalizatori i polimerizacija je stereoregularna, tj. proizvod sadrži veliki udio izotaktne, kristalne faze. [27]

U najvećoj mjeri se prerađuje ekstrudiranjem, a manje brizganjem. Koristi se u obliku ekstrudiranih filmova i folija koji su prozirniji od polietilenskih, a mogu se i spajati s ostalim polimernim filmovima stvarajući tako višeslojne polimerne i ambalažne materijale. Spajanjem, odnosno laminiranjem nastaju proizvodi poboljšanih karakteristika i različitih namjena. Npr. prašak za rublje pakira se u laminirani proizvod gdje unutrašnja strana ima zaštitnu funkciju, a vanjska koja sadrži tisak ima estetsku i informativnu.

3.3.1.3. Biaksijalno orijentirani polipropilen (BOPP)

Glavna značajka BOPP filma je izvrsna otpornost na djelovanje UV zračenja, dobra nepropusnost za vlagu i mirise te odlična tiskarska svojstva. Najčešće se koristi debljine od 15-30 mikrometara kao jednoslojni ili višeslojni (laminati) ambalažni materijal te mogu biti prozirni, bijeli neprozirni i metalizirani. Oni također imaju prednost da su netoksični i mogu se u potpunosti reciklirati. U grafičkoj industriji se koristi za izradu fleksibilne ambalaže i etiketa, a također se naširoko koristi za umatanje i industrijsko pakiranje proizvoda. [27]

Važno je naglasiti da prilikom tiska do izražaja najviše dolaze dobra svojstva PP filmova poput vrlo visoke otpornosti na kidanje, podatnost prilikom štancanja i izuzetno ravna površina materijala, a vizualno kod gotovog proizvoda do izražaja dolazi prozirnost tih materijala.

3.3.1.4. Poliamid (PA)

Poliamid se prvi put pojavljuje na tržištu oko 1940. godine pojavom poliamida 66, poznatog pod nazivom najlon ili perlon. Poliamidi su karakterizirani izvrsnim fizikalno-kemijskim svojstvima, otpornošću na trošenje, niskim koeficijentom trenja, visokim talištem, dobrom udarnom žilavošću i čvrstoćom. Izvrsna mu je otpornost na organska otapala (iznimka je mravlja kiselina). [25]

Može se preraditi svim poznatim postupcima prerade plastomera. Najviše se koristi brizganje, rotacijsko lijevanje i ekstruzivno puhanje, a u velikoj mjeri se koristi za izradu ambalaže ekstrudiranjem čime se proizvode filmovi i folije. Poliamidni filmovi se mogu dalje spajati s drugim plastomernim filmovima laminiranjem ili koekstruzijom čime se dobije proizvod poboljšanih karakteristika.

3.4. Obrada površine

Da bi se folija ili film mogli spajati s drugim materijalima, lakirati ili otiskivati njihova površina mora imati dobra adhezivna svojstva. Za neke je dovoljno da se izaberu pravilni materijali (ljepila, lakovi, boje), ali kod nekih je potrebno prethodno obraditi površinu. Materijali s aktivnim polarnim komponentama imaju dobru adheziju prema polimernim materijalima s površinom polarnog karaktera. Polietilen i polipropilen, a i drugi materijali imaju površine nepolarnog ili slabo polarnog karaktera. Ti neobrađeni materijali imaju male površinske energije i nisu pogodni za spajanje, lakiranje ili tisak. Obradom se digne površinska energija i ona poprimi polarna svojstva, a to se postiže plamenom ili ionima plina. [27]

3.4.1. Obrada plamenom

Plamen nastaje u egzotermnom procesu oksidacije gdje je kisik oksidacijsko sredstvo. U tom procesu nastaju aktivne čestice koje mogu biti slobodni radikali i atomi. Izlaganjem površine djelovanju tih čestica, složenom kemijskom reakcijom dolazi do aktivacije površinske energije i ona postaje polarna. [26]

3.4.2. Obrada ionima plina (bombardiranje)

Površina polimerne folije se bombardira ozonom (O_3). Električna struja koja djeluje između anode i katode stvara ozon iz kisika koji se nalazi u zraku. Nastali ozon se lako raspada i od njega nastaje negativno nabijen atomarni kisik koji se u polju kreće prema pozitivno nabijenoj elektrodi. Ako put atomarnog kisika između dvije elektrode presječe folija, kisik udara u površinu sa strane negativno nabijene elektrode i na taj način se obradi površina. Loša strana je da se folija nakon obrade slabo ili uopće ne vari sa strane bombardiranja, ali sa suprotne strane je to moguće. [25]

Najbolji efekt obrade površine se postiže neposredno kod proizvodnje filma ili folije jer učinkovitost pada s vremenom.

4. EKSPERIMENTALNI DIO

Eksperimentalni dio uključuje dvije vrste spektrofotometrijskih mjerenja otisnutih fleksibilnih ambalažnih materijala kako bi se dokazalo odstupanje u kvaliteti pod različitim uvjetima tiska. Svi uzorci napravljeni su u odjelu tiska poduzeća Muraplast d.o.o. Mjerenja su izvršena na neupojnim podlogama, odnosno fleksibilnim ambalažnim materijalima (filmovima) koji se u proizvodnji najviše koriste te koji su za vrijeme provedbe eksperimenta bili dostupni.

Filmovi kao fleksibilni ambalažni materijali mogu biti bilo koje boje, a to se postiže dodatkom željenih pigmenata kao aditiva prilikom samog procesa proizvodnje. Različite boje nam daju i različite rezultate prilikom reprodukcije tiskovnih elemenata. Na primjer, mjerenjem spektrofotometrijskih vrijednosti, otisak na transparentnoj podlozi znatno će se razlikovati od otiska na bijeloj ili sivoj podlozi te reprodukcija tonova neće biti zadovoljavajuća. Iz tog razloga potrebne su korekcije boja, a samim time raste i trošak proizvodnje. Da bi se postigli zadovoljavajući otisci i na transparentnim podlogama, površina se prvo otisne temeljnim bijelim bojilom (često i u dva prolaza), a zatim i ostalim željenim bojilima.

Tiskovna podloga je samo jedan od segmenata koji tvore gotovi ambalažni materijal. Nakon što je za neki određeni proizvod odabrana podloga s točno definiranim svojstvima, slijedi proces tiska. Proces tiska fleksibilnih podloga (filmova) je kompliciran te zahtjeva dobru pripremu i kvalitetno podešavanje parametara tiskarskog stroja. Eksperimentom nam je cilj dokazati kako pojedine postavke i različite tiskovne podloge utječu na reprodukciju i kvalitetu.

4.1. Metodologija i tijek eksperimenta

Prvi eksperiment uključuje spektrofotometrijska mjerenja Lab* vrijednosti punog tona osnovnih (CMYK) boja na sedam različitih podloga. Otisci su napravljeni na konstantnoj brzini od 250 m/min, korištenjem tiskovne forme debljine 1,14 milimetara te s bojilom niskog viskoziteta proizvođača Sun Chemical. Mjerenje je izvršeno na: tri uzorka bijele boje (različitih debljina i materijala), dva uzorka crno-bijele boje (prednja strana je bijela, a stražnja crna) te na dva transparentna uzorka s temeljnom bijelom bojom (različite debljine).

Uređaj koji smo koristili za mjerenje Lab* vrijednosti je spektrofotometar „X-rite SpectroEye“. Karakteristike uzoraka te vrijednosti mjerenja prikazane su u tablicama 1 i 2.

Za svaku boju na pojedinoj podlozi napravljeno je deset mjerenja radi što veće preciznosti.

Izračunom aritmetičke sredine mjerenih rezultata dobivena je određena vrijednost koja se uspoređuje s vrijednostima ostalih uzoraka.

Drugi eksperiment uključuje mjerenje prirasta rastertonskih vrijednosti (RTV).

Prilikom tiska dolazi do promjene u veličini rasterskih elemenata što može za posljedicu imati pomak vrijednosti tona i obojenja. Prirast rastertonske vrijednosti je neizbježan, a može biti pozitivan (fizičko povećanje rasterskog elementa) i negativan (fizičko smanjenje rasterskog elementa), a nastoji se kompenzirati i standardizirati kako bi otisak bio zadovoljavajuće kvalitete.

Otisci su napravljeni na bijeloj tiskovnoj podlozi (LD-PE film) debljine 70 mikrometara. Testiranje je provedeno s ciljem dokazivanja odstupanja kvalitete prilikom promjene brzine, pritiska između tiskovne forme i tiskovne podloge te proizvođača tiskovne forme. Korišteno je jedno bojilo (magenta) niskog viskoziteta proizvođača Sun Chemical. Tiskovne forme su od različitih proizvođača, debljine 1,14 mikrometara te sadrže testna polja cjelokupnog raspona rastertonskih vrijednosti koja koristimo za mjerenje prirasta. Brzine otiskivanja pod standardnim pritiskom između tiskovne forme i podloge su bile 200 m/min, 350 m/min i 600 m/min, a testiranje povećanog pritiska je izvršeno na brzini od 350 m/min.

Kao i u prvom eksperimentu, mjerenja vršimo uređajem „X-rite SpectroEye“. Koristimo opciju navedenog uređaja za mjerenja prirasta na način da jedno polje određene rastertonske vrijednosti mjerimo tri puta te na kraju automatski dobijemo srednju vrijednost prirasta za to polje.

4.2. Korišteni uređaji

Uređaj koji smo koristili u svrhu eksperimentalnih mjerenja je ručni prijenosni spektrofotometar „X-rite SpectroEye“ (Slika 30.). Posjeduje sve kolorimetrijske funkcije mjerenja i kontrole boja kao i denzitometrijske funkcije potrebne za kontrolu kvalitete tiska uz visoku razinu točnosti i jednostavnost korištenja. Za postizanje optimalne točnosti mjerenja u svim slučajevima, unutar samog uređaja integrirana je bijela referentna točka koja omogućuje automatsku kalibraciju.

Podržava denzitometrijske funkcije mjerenja gustoće obojenja, prirasta rasterskog elementa i preklapanja boja (trapping), kao i CIE Lab* funkciju. Idealan je za kontrolu usklađenosti otiska s referentnim uzorkom ili ISO standardom te pojednostavljuje kontrolu i smanjuje zastoje u proizvodnji.

Uređaj prikazuje Lab* ili LCH* vrijednosti koji se mogu koristiti za veliki broj zadataka od kojih su najvažniji ugađanje sistema probnih otisaka, provjera pojedinačnih probnih otisaka i kontrola boja u tiskarskom procesu. Rad spektrofotometra prati uobičajeni postupak osvjetljavanja uzorka pomoću unutarnjeg izvora svjetlosti. Spektar reflektiran od uzorka detektiran je senzorom koji snima intenzitet različitih valnih duljina i pretvara ih u digitalna mjerenja. Iz ovih podataka softver može odrediti Lab* i LCH* vrijednosti. Standardni izvori svjetla su D50 ili D65 koji se mogu podesiti u postavkama uređaja kako bi računalo odredilo boje sukladno izvoru. [28]



Slika 30. Spektrofotometar "Spectro-Eye"

[<https://www.xrite.com/categories/portable-spectrophotometers/spectroeye>, Datum pristupa: 20.07.2019.]

4.3. Rezultati mjerenja osnovnih (CMYK) boja na različitim uzorcima

Tablica 1. Aritmetička sredina Lab* vrijednosti (cyan, magenta)

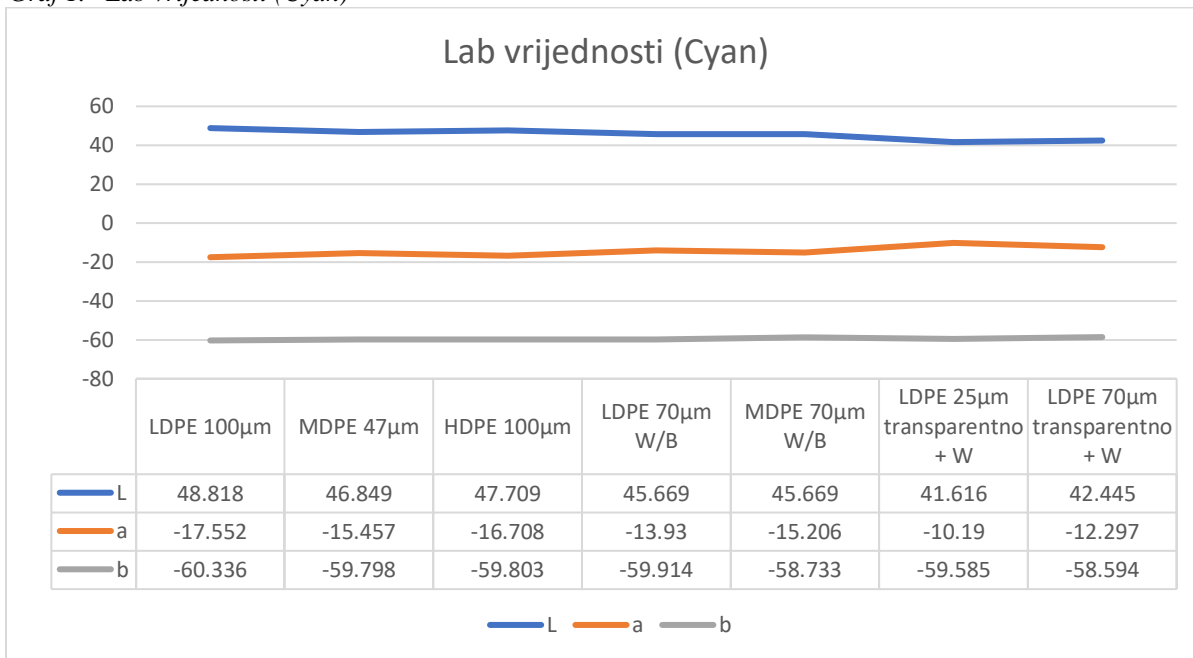
BOJA	CYAN			MAGENTA		
	L*	A	B	L*	a	b
LDPE 100 μ m	48.818	-17.552	-60.336	42.079	81.232	12.998
MDPE 47 μ m	46.849	-15.457	-59.798	40.885	80.312	11.762
HDPE 100 μ m	47.709	-16.708	-59.803	41.182	79.812	13.055
LDPE 70 μ m W/B	45.669	-13.93	-59.914	38.813	77.768	9.624
MDPE 70 μ m W/B	45.923	-15.206	-58.733	37.897	76.469	10.513
LDPE 25 μ m transparentno + W	41.616	-10.19	-59.585	37.595	76.46	18.841
LDPE 70 μ m transparentno + W	42.445	-12.297	-58.594	38.291	77.371	16.88

Tablica 2. Aritmetička sredina Lab* vrijednosti (yellow, black)

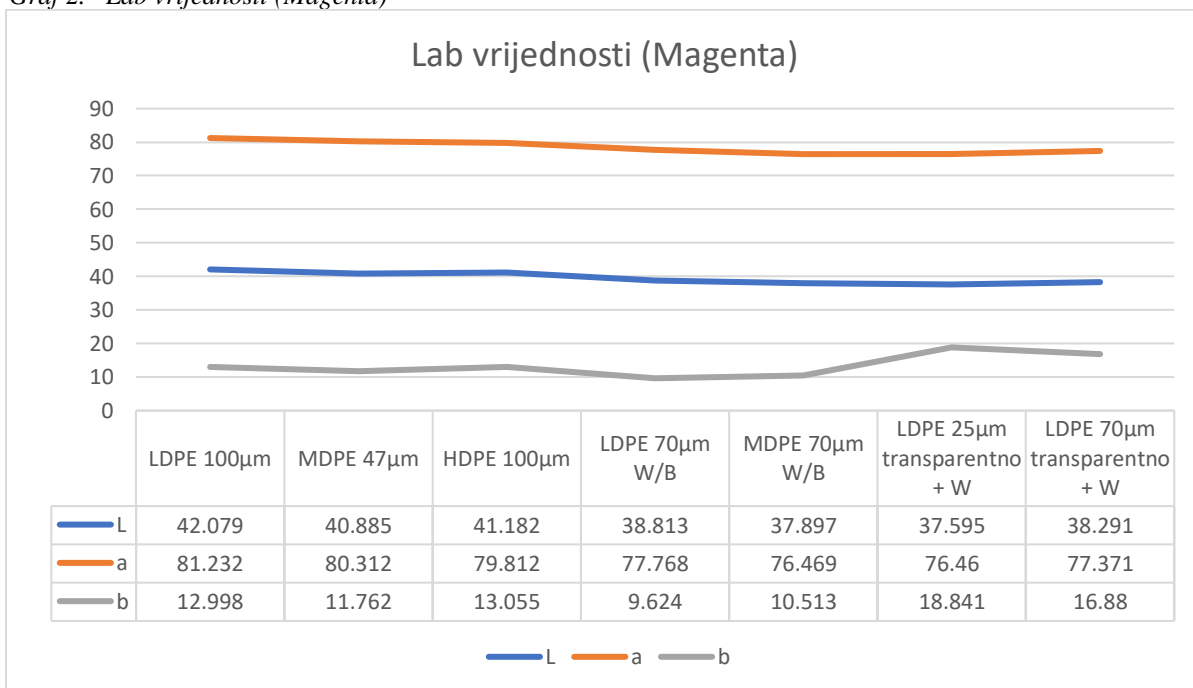
BOJA	YELLOW			BLACK		
	L	A	B	L	a	b
LDPE 100 μ m	92.741	-12.076	115.01	2.852	0.726	1.284
MDPE 47 μ m	91.629	-11.349	112.97	4.004	0.836	1.879
HDPE 100 μ m	91.604	-12.065	113.948	2.708	0.625	0.981
LDPE 70 μ m W/B	89.336	-13.058	111.171	3.134	0.574	1.063
MDPE 70 μ m W/B	87.923	-13.78	108.198	2.921	0.508	1.067
LDPE 25 μ m transparentna + W	89.78	-8.919	119.026	3.133	0.278	0.243
LDPE 70 μ m transparentna + W	88.698	-9.972	115.689	2.64	0.258	0.215

Pomoću grafova vidimo kako se parametri Lab* vrijednosti mijenjaju zavisno od podloge na kojoj se nalazi otisak (Graf 1. do 4.). Iznimke ne postoje te su razlike vidljive između svih uzoraka i boja.

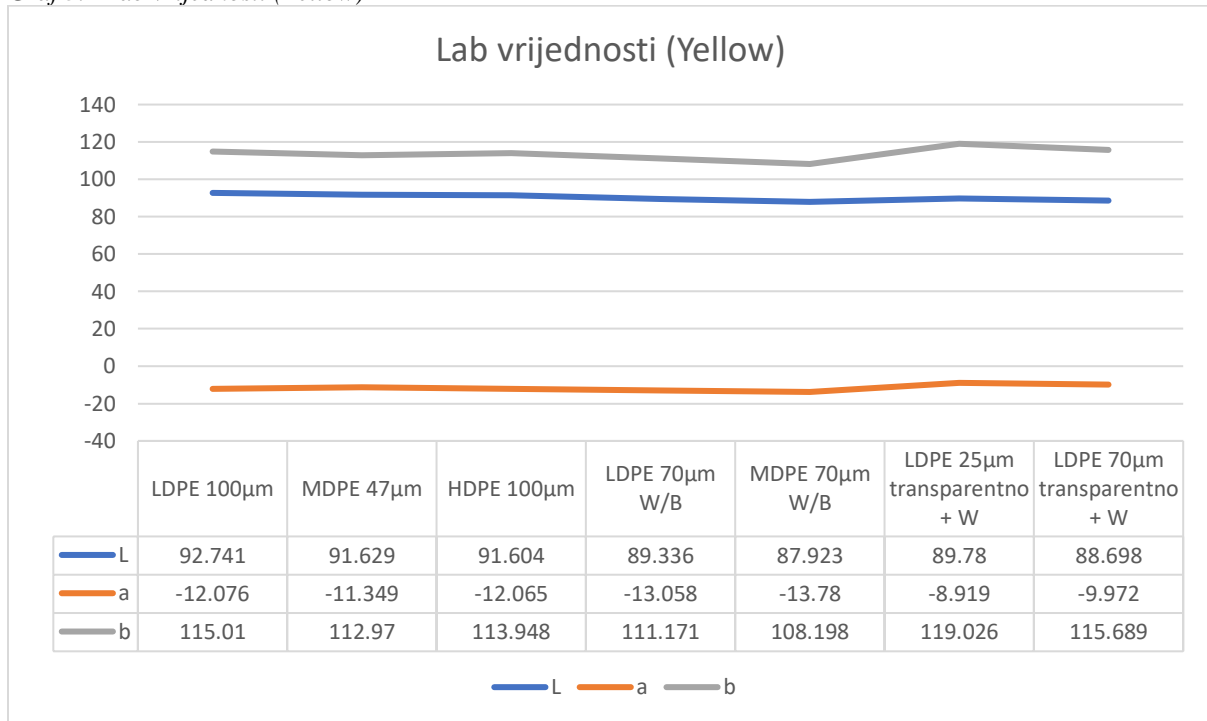
Graf 1. Lab vrijednosti (Cyan)



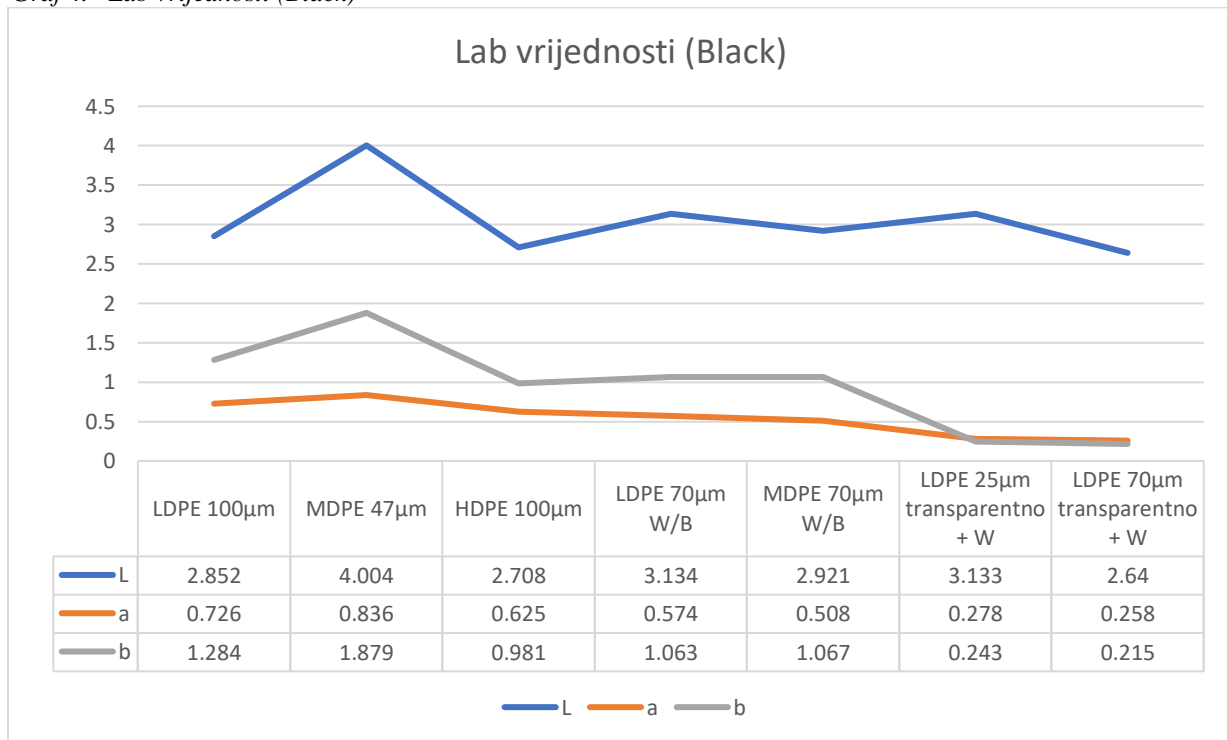
Graf 2. Lab vrijednosti (Magenta)



Graf 3. Lab vrijednosti (Yellow)



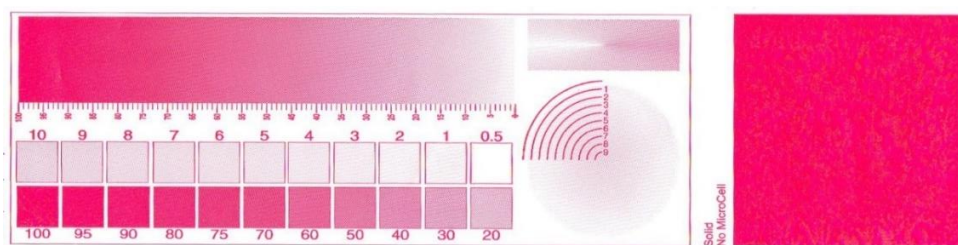
Graf 4. Lab vrijednosti (Black)



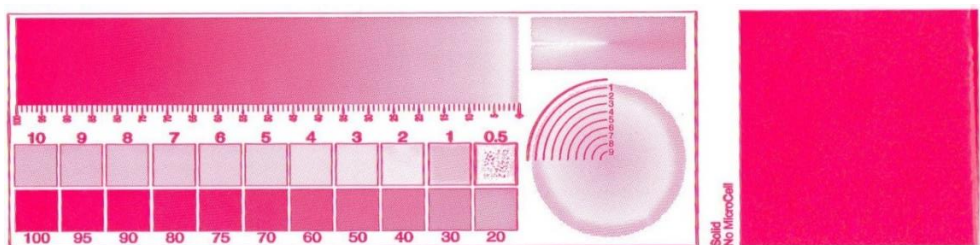
4.4. Rezultati mjerenja prirasta rastertonskih vrijednosti

Rezultati su prikazani kao srednje vrijednosti prirasta rastertonske vrijednosti na temelju mjerenja rasterskih polja s obojenjem od 0% do 100% s pomakom od 10% (Slika 31. do 38.).

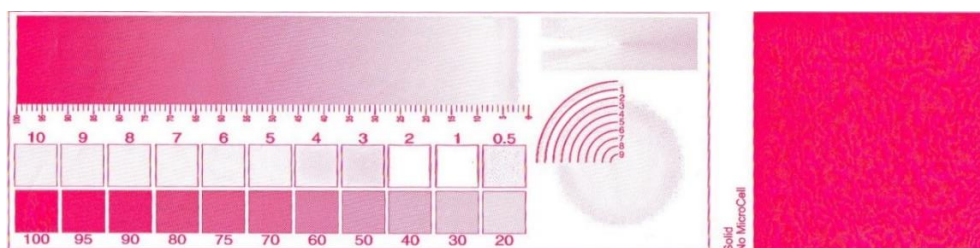
Također, za svaki uzorak su pomoću grafova prikazani rezultati prirasta RTV.



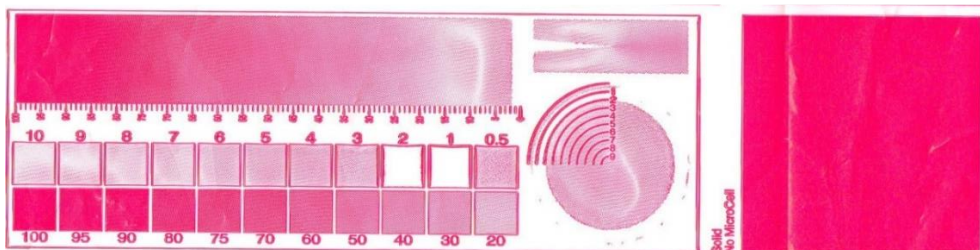
Slika 31. Polja za mjerenje prirasta RTV (Brzina: 350 m/min)- Tiskovna forma 1



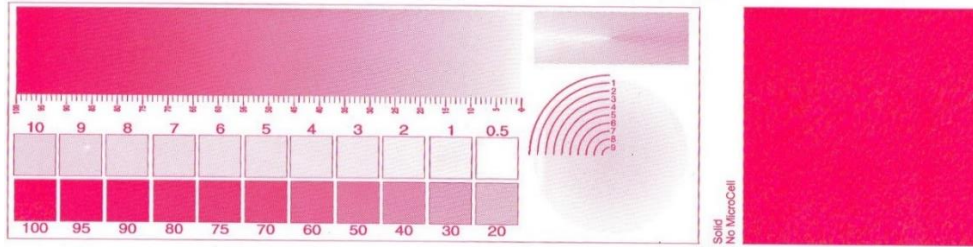
Slika 32. Polja za mjerenje prirasta RTV (Brzina: 350 m/min)- Tiskovna forma 1, povećani pritisak



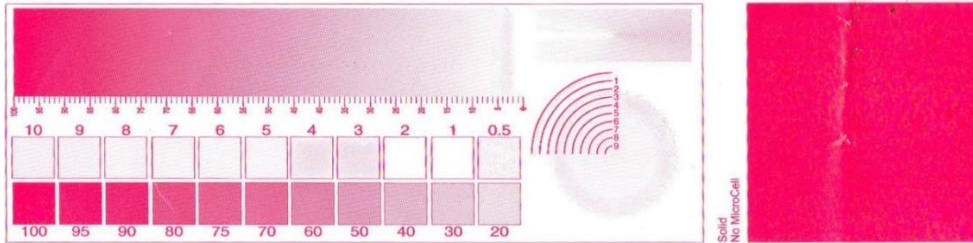
Slika 33. Polja za mjerenje prirasta RTV (Brzina: 350 m/min)- Tiskovna forma 2



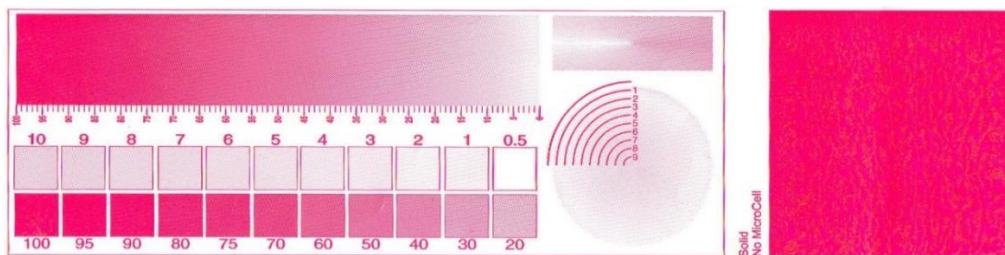
Slika 34. Polja za mjerenje prirasta RTV (Brzina: 350 m/min)- Tiskovna forma 2, povećani pritisak



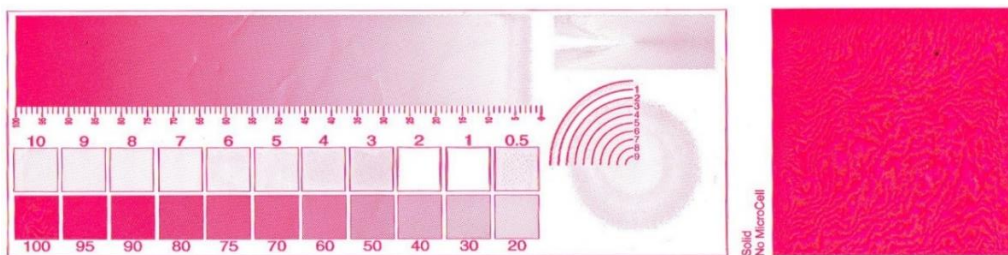
Slika 35. Polja za mjerenje prirasta RTV (Brzina: 200 m/min)- Tiskovna forma 1



Slika 36. Polja za mjerenje prirasta RTV (Brzina: 200 m/min)- Tiskovna forma 2



Slika 37. Polja za mjerenje prirasta RTV (Brzina: 600 m/min)- Tiskovna forma 1

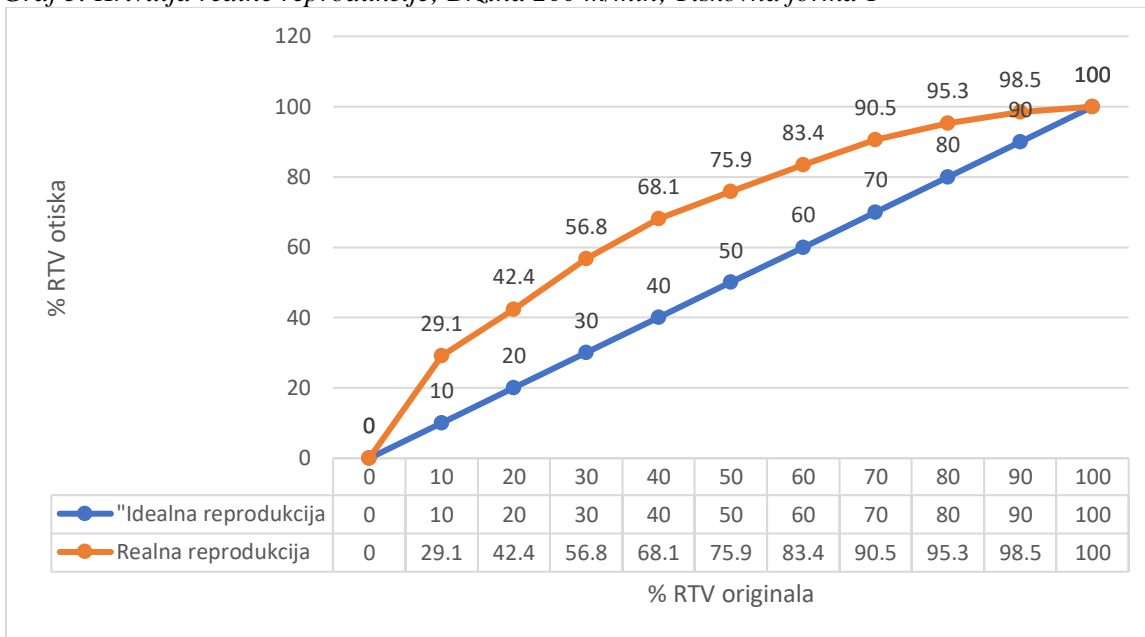


Slika 38. Polja za mjerenje prirasta RTV (Brzina: 600 m/min)- Tiskovna forma

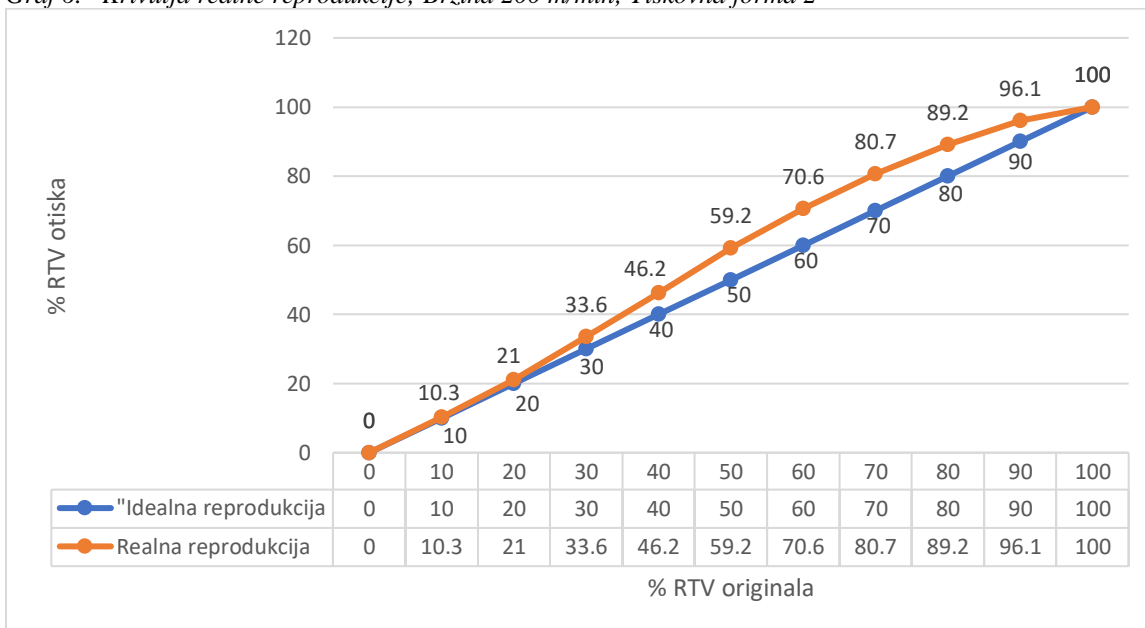
Bez obzira na mjerenja, na kontrolnim stripovima su i vizualno vidljive velike razlike između uzoraka. Otisak se razlikuje i samom promjenom brzine, a u slučajevima prevelikog pritiska, kvaliteteta je značajno narušena.

Pomoću grafova vidimo kako se ponašaju rasterski elementi pod različitim uvjetima te kolika su odstupanja od idealne reprodukcije (Graf 5., Graf 6., Graf 9., Graf 10., Graf 11., Graf 12., Graf 17., Graf 18.). Krivulja prirasta RTV nam prikazuje kod kojih su rastertonskih vrijednosti deformacije najveće (Graf 7., Graf 8., Graf 13., Graf 14., Graf 15., Graf 16.). Također, dobivene vrijednosti prirasta možemo iskoristiti za kalibraciju pritiska tiskarkog stroja.

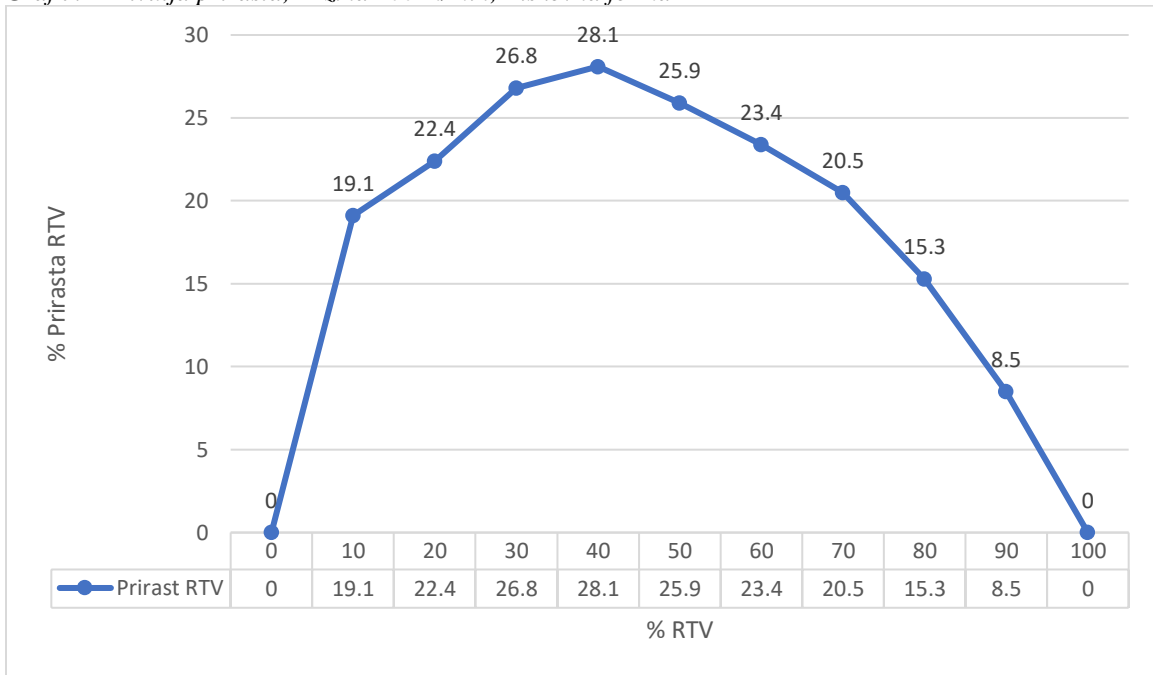
Graf 5. Krivulja realne reprodukcije; Brzina 200 m/min; Tiskovna forma 1



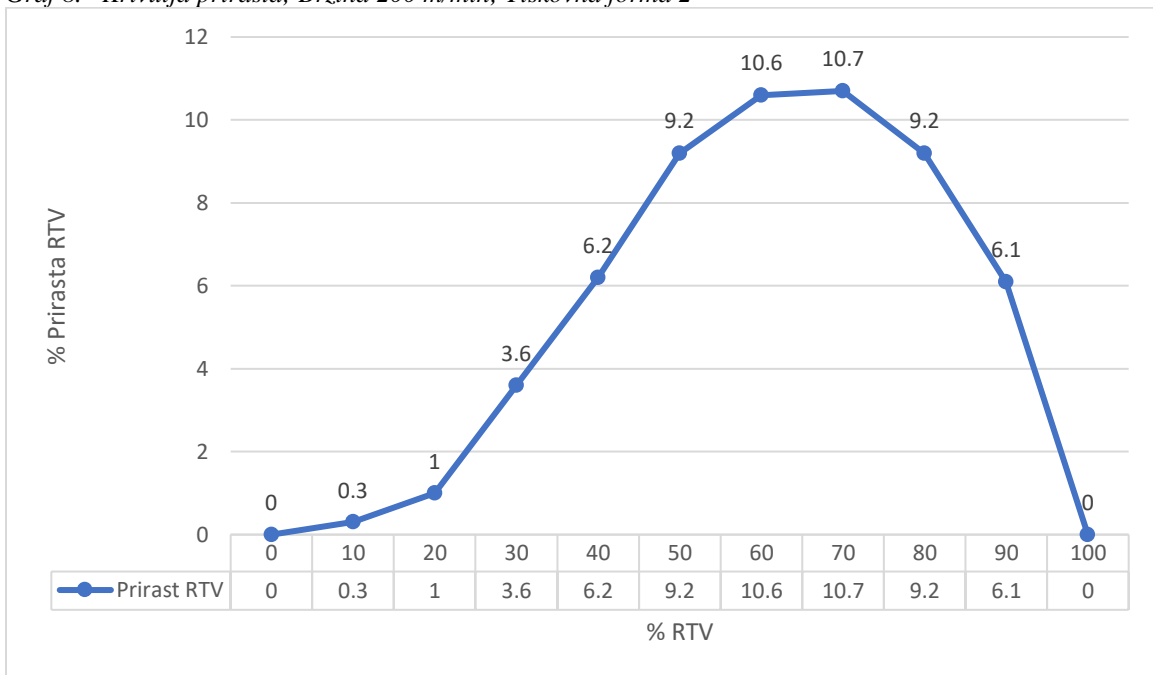
Graf 6. Krivulja realne reprodukcije; Brzina 200 m/min; Tiskovna forma 2



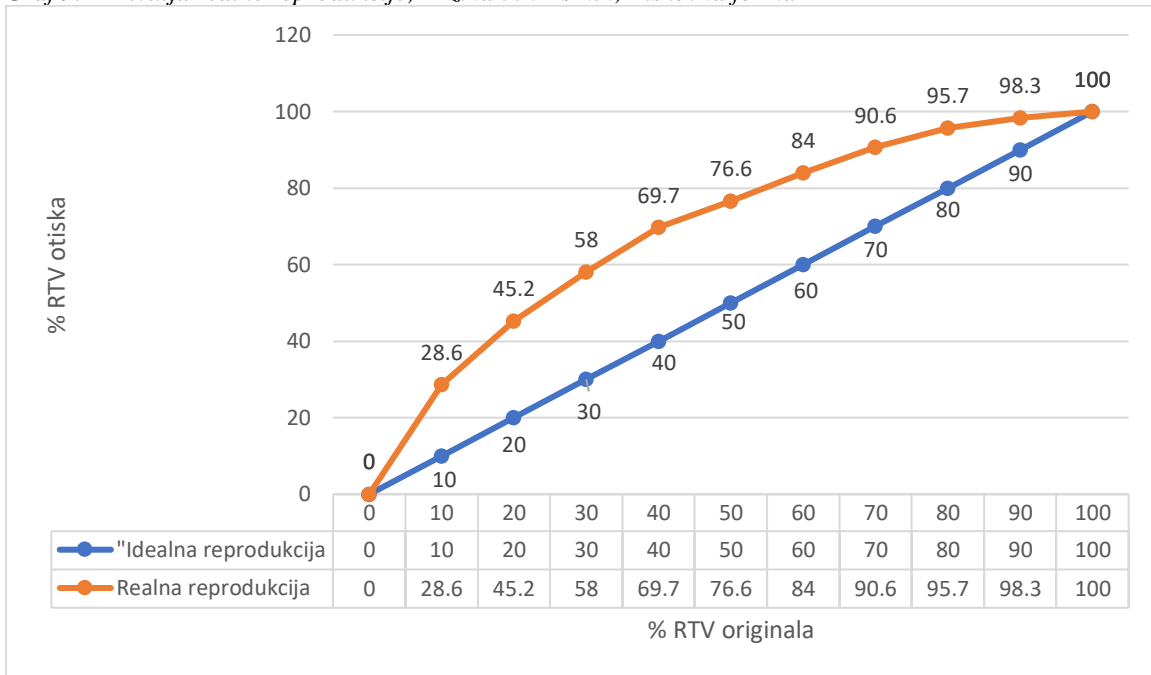
Graf 7. Krivulja prirasta; Brzina 200 m/min; Tiskovna forma 1



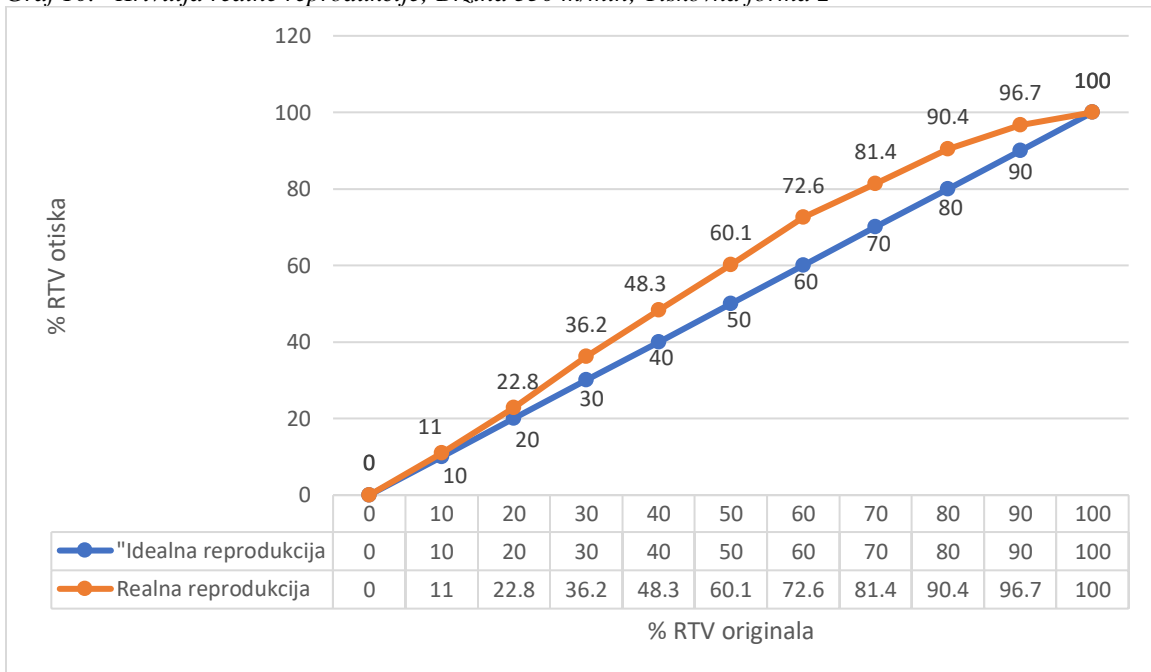
Graf 8. Krivulja prirasta; Brzina 200 m/min; Tiskovna forma 2



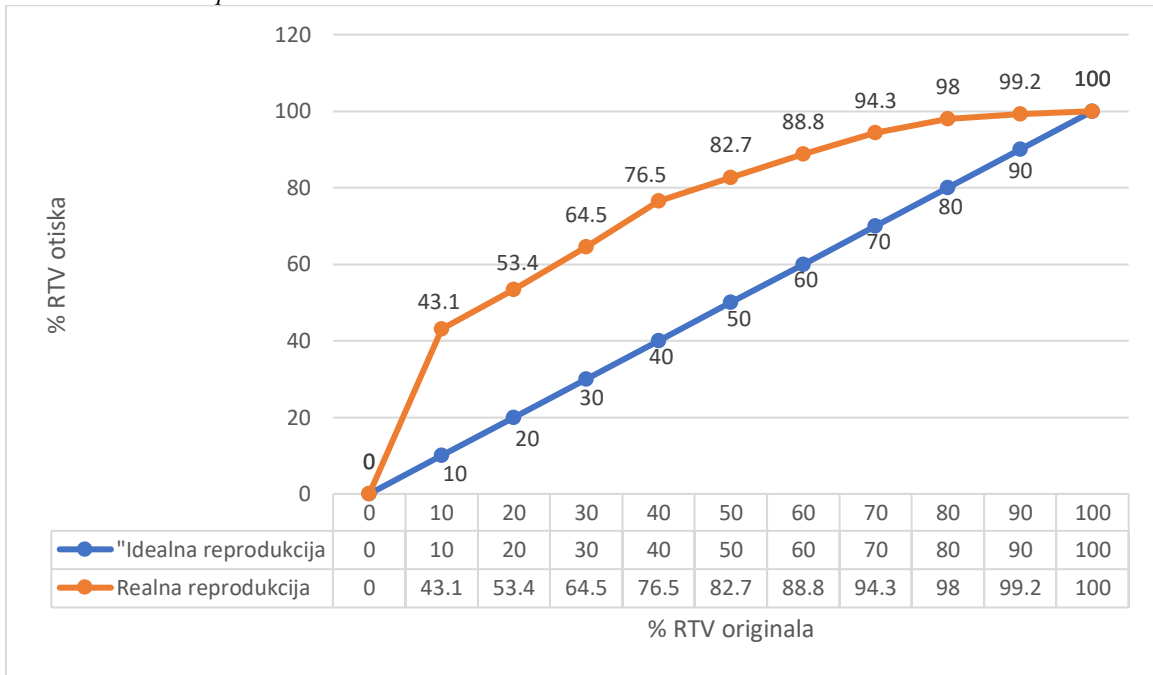
Graf 9. Krivulja realne reprodukcije; Brzina 350 m/min; Tiskovna forma 1



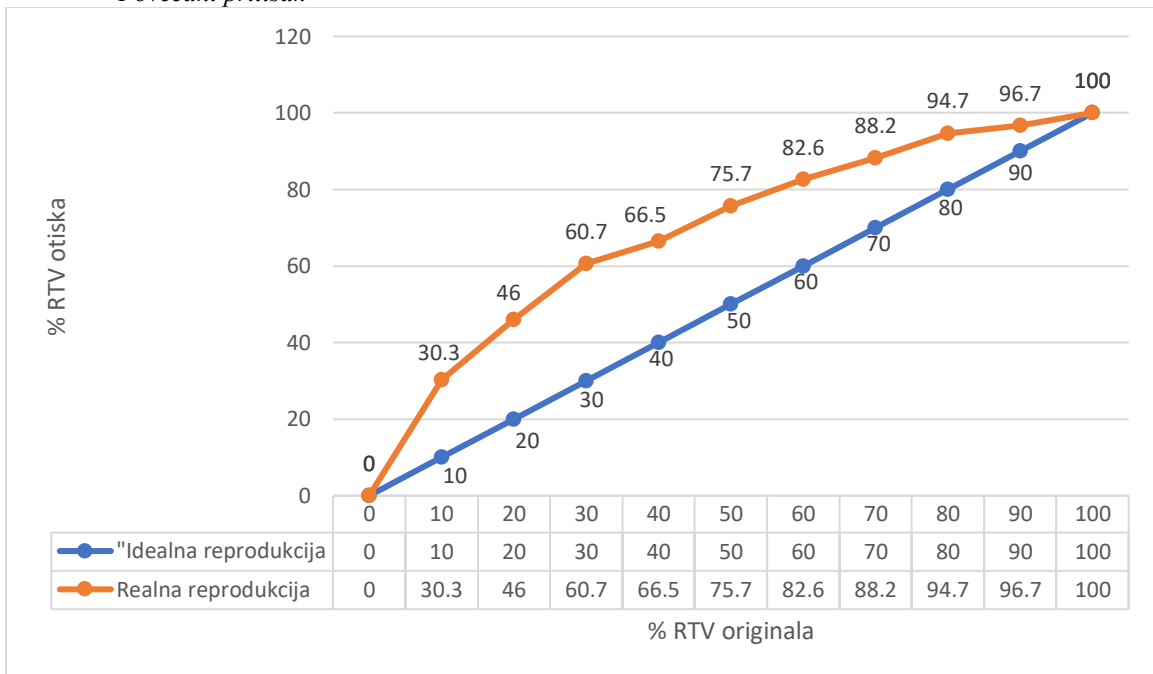
Graf 10. Krivulja realne reprodukcije; Brzina 350 m/min; Tiskovna forma 2



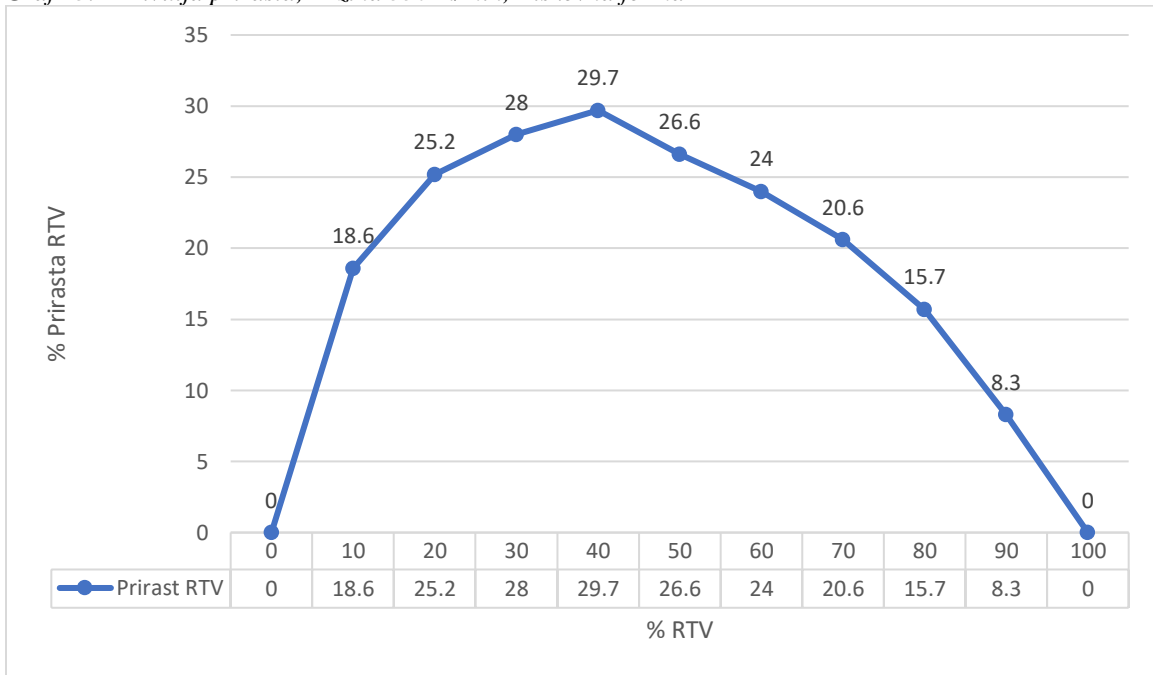
Graf 11. Krivulja realne reprodukcije; Brzina 350 m/min; Tiskovna forma 1; Povećani pritisak



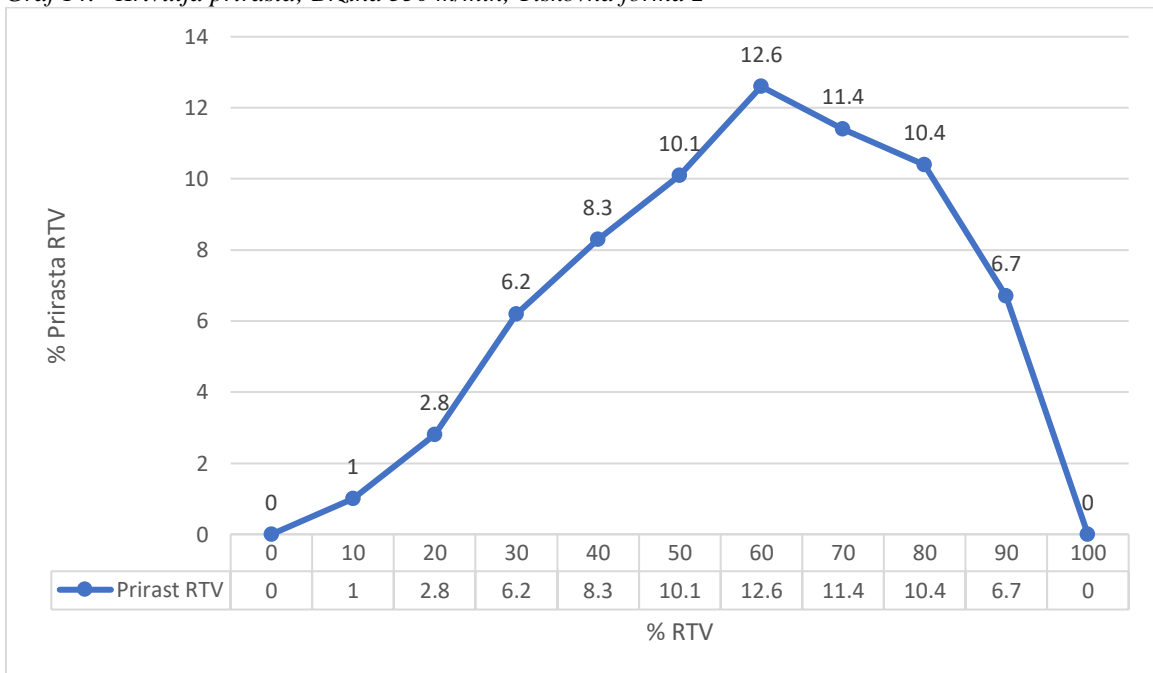
Graf 12. Krivulja realne reprodukcije; Brzina 350 m/min; Tiskovna forma 2; Povećani pritisak



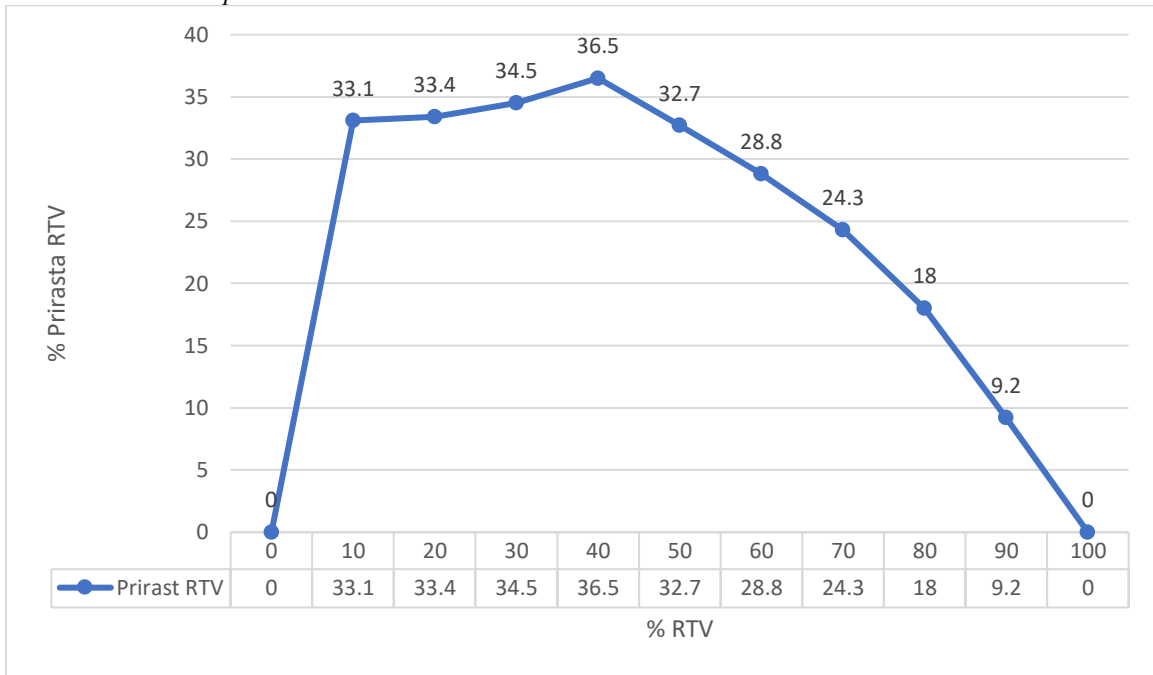
Graf 13. Krivulja prirasta; Brzina 350 m/min; Tiskovna forma 1



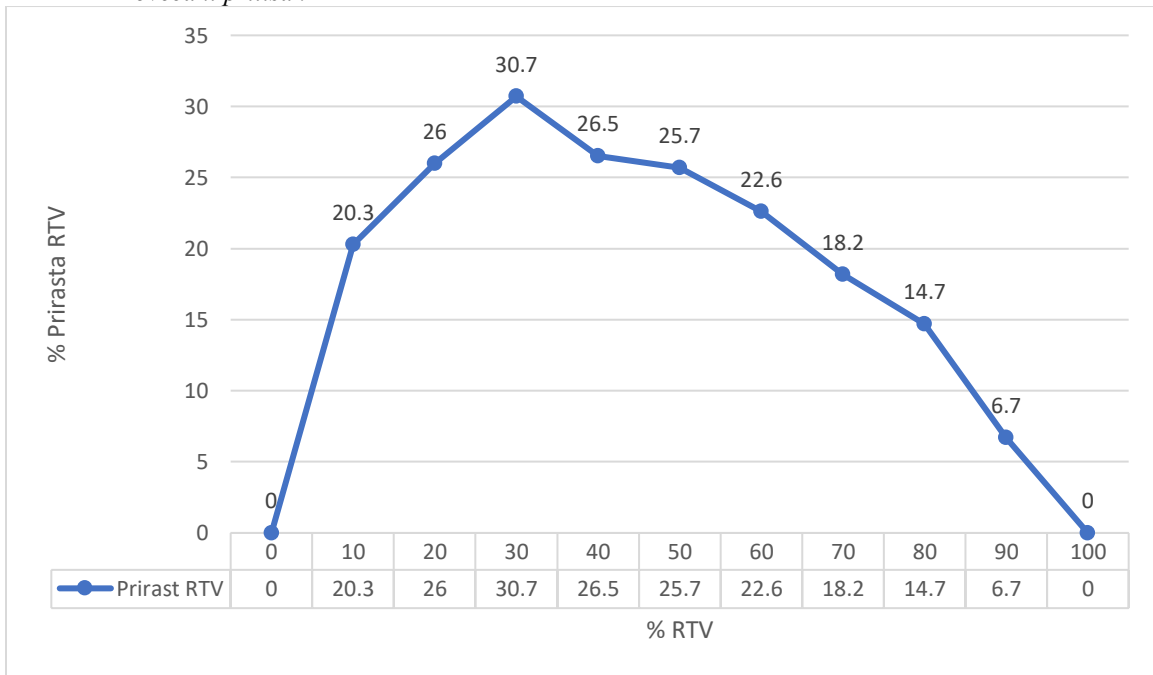
Graf 14. Krivulja prirasta; Brzina 350 m/min; Tiskovna forma 2



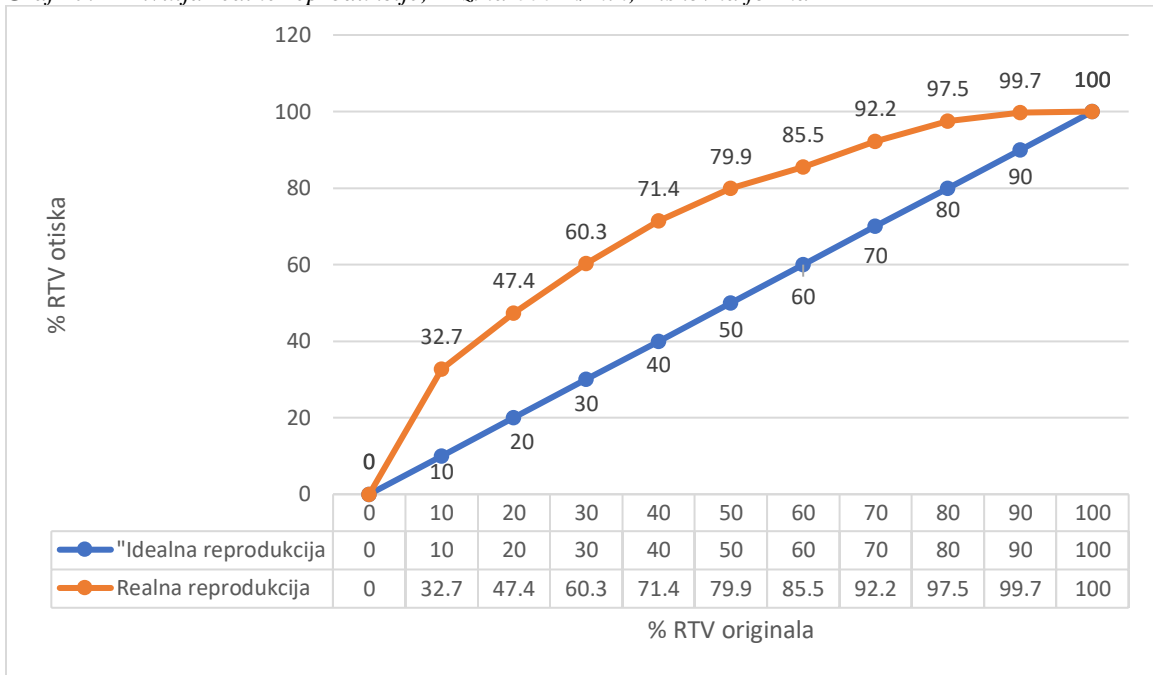
Graf 15. Krivulja prirasta; Brzina 350 m/min; Tiskovna forma 1; Povećani pritisak



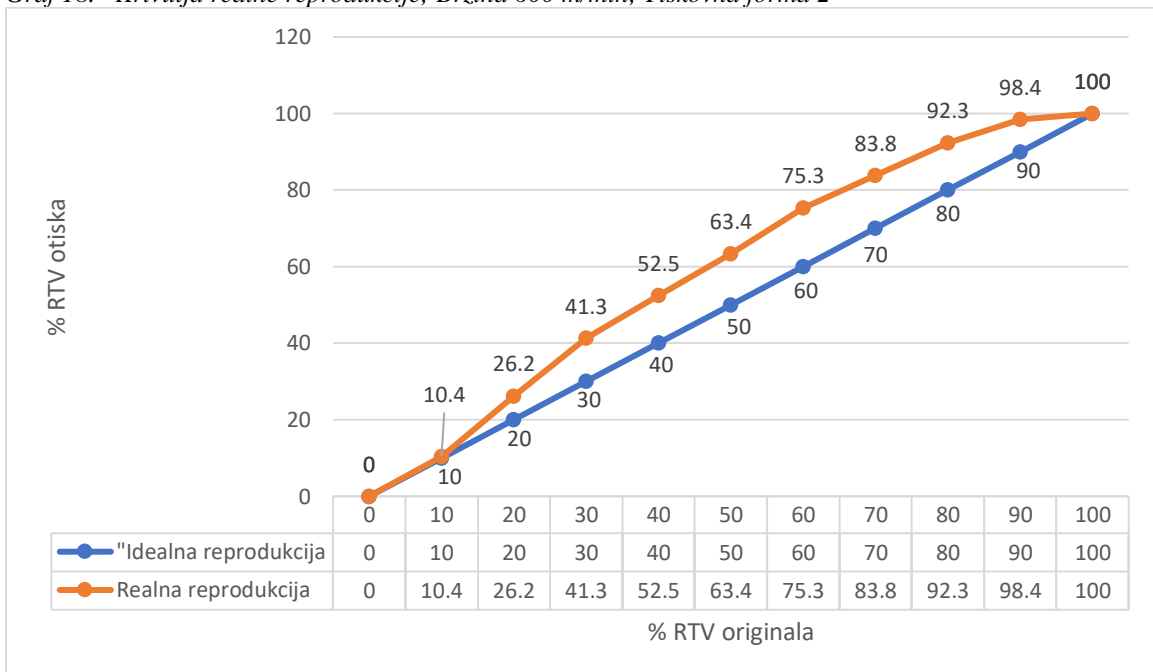
Graf 16. Krivulja prirasta; Brzina 350 m/min; Tiskovna forma 2; Povećani pritisak



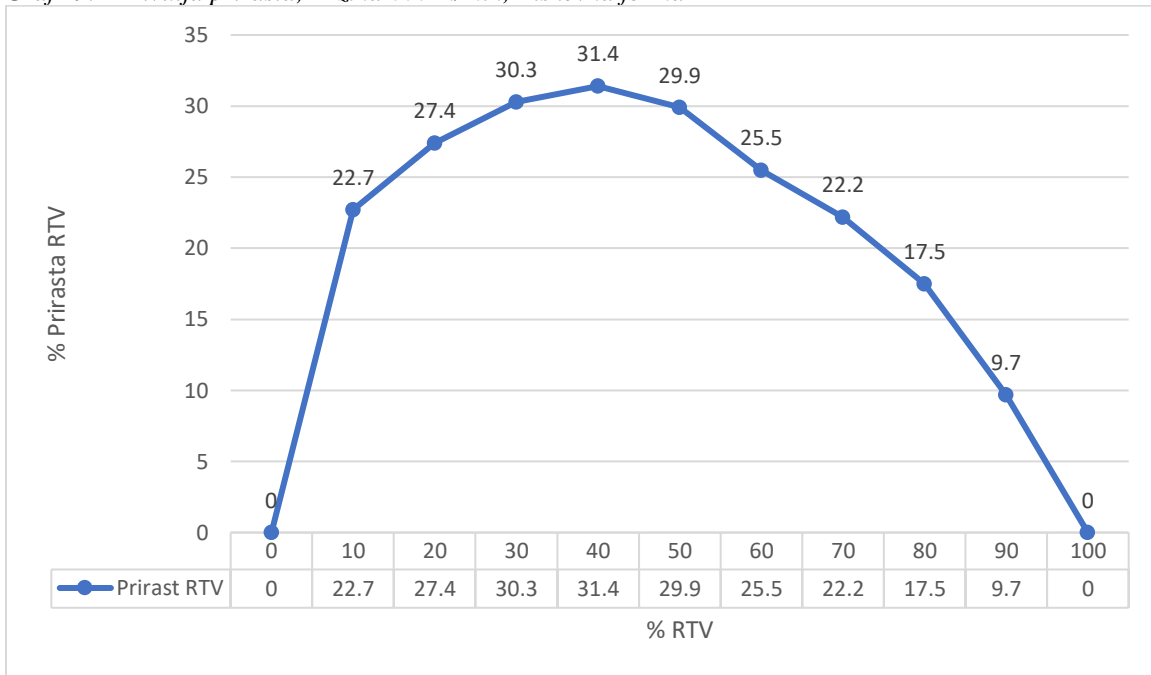
Graf 17. Krivulja realne reprodukcije; Brzina 600 m/min; Tiskovna forma 1



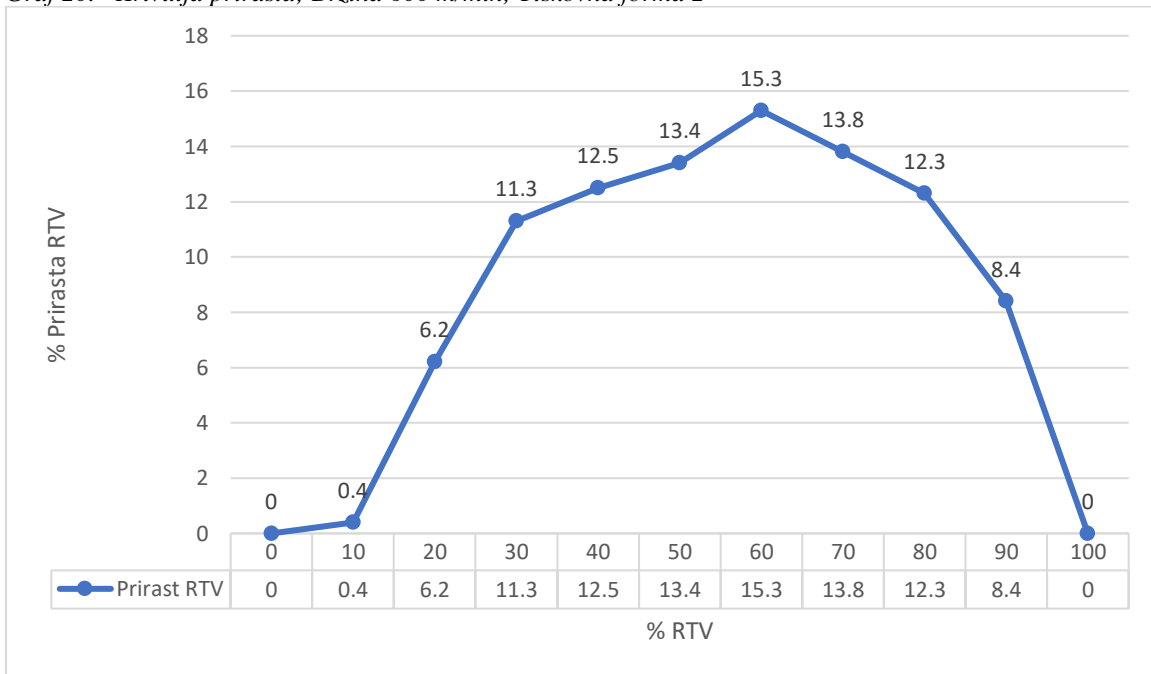
Graf 18. Krivulja realne reprodukcije; Brzina 600 m/min; Tiskovna forma 2



Graf 19. Krivulja prirasta; Brzina 600 m/min; Tiskovna forma 1



Graf 20. Krivulja prirasta; Brzina 600 m/min; Tiskovna forma 2



5. DISKUSIJA REZULTATA

Određena boja reproducirati će se različito na raznim podlogama. Iz dobivenih rezultata vidimo da su razlike otisnutih boja uočljive između svih vrsta podloga fleksibilne ambalaže. Kada bi boje imale jednake Lab* vrijednosti na svim podlogama, na grafu ne bi postojalo odstupanje te bi imali jednu ravnu liniju, a analizom istih vidimo da razlike uvijek postoje.

Između onih podloga sličnih debljina ili obojenja, razlike su također vidljive, ali znatno manje i u većini slučajeva one će biti nezamjetne u proizvodnji. Razlika u reprodukciji boje je veća što je i razlika između podloga veća. Visoku kvalitetu najlakše je postići na bijelim podlogama (bijeli LD-PE, MD-PE i HD-PE film), ali ponekad su zahtjevi takvi da fleksibilna ambalaža mora biti transparentna ili dvostrano obojena. U slučaju transparentnosti ili polutransparentnosti, nužno je prvo otisnuti bijelu boju koja služi kao temelj, a tek onda ostale. Razlog je taj što bi upakirani proizvod vlastitom bojom ili oblikom izmijenio originalnu reprodukciju na ambalaži. Razlike između reprodukcija na bijeloj podlozi i onoj transparentnoj s temeljnom bijelom bojom su značajne te svaka boja treba doradu (korekciju), a time automatski rastu i troškovi. Također, proizvodi poput zemlje za cvijeće i nekih vrsta gnojiva od ambalaže zahtjevaju zaštitu od vanjskih utjecaja, odnosno UV zračenja. U tu svrhu postoji ambalaža kod koje vanjski bijeli sloj filma ima vizualnu i informativnu ulogu te se na njega vrši otiskivanje dok je unutrašnji sloj filma crne boje i štiti upakirani proizvod. Budući da je bijeli sloj u direktnom kontaktu s crnim, zbog djelomičnog propuštanja svjetlosti, površina izgleda sivkasto. Takva podloga se najviše razlikuje od svih ostalih te su odstupanja u Lab* vrijednostima najveća.

Kao rezultat drugog eksperimenta prikazane su srednje vrijednosti prirasta RTV dobivene mjerenjem rastertonskih vrijednosti cjelokupnog raspona tonova.

Analizom rezultata zaključujemo kako je prirast različit prilikom promjene brzine tiska, pritiska između tiskovnog i centralnog cilindra te korištenjem tiskovnih formi različitih proizvođača.

Promjena brzine utječe na povećani prirast i na temelju dobivenih rezultata vidljivo je kako povećanjem brzine raste i prirast rastertonske vrijednosti, odnosno deformacija resterskih elemenata je veća. Najmanji prirast rastertonske vrijednosti zabilježen je prilikom otiskivanja brzinom od 200 m/min, nešto veći je na brzini od 350 m/min dok je najveći na brzini 600 m/min.

Promjenom tiskovne forme vidljiva je jako velika razlika u kvaliteti otiska. Bez obzira kojom brzinom otiskivali, prirast je u svakom slučaju znatno veći kod otiska napravljenog tiskovnom formom jednog od proizvođača („Tiskova forma 1“) te zaključujemo kako je ona lošije izrade i manje kvalitete od one drugog proizvođača („Tiskovna forma 2“). Rezultati mjerenja nam pokazuju da je „Tiskovna forma 2“ iznimno visoke kvalitete, odnosno deformacija rasterskih elemenata je minimalna te prihvatljiva za bilo kakvu reprodukciju.

Ekperiment povećanog pritiska između tiskovnog i centralnog cilindra napravljen je samo na brzini od 350 m/min s ciljem dokazivanja velike deformacije rasterskih elemenata. Rezultati mjerenja prirasta nam potvrđuju pretpostavku da dolazi do velikih deformacija te je otisak iznimno loše kvalitete i kao takav neupotrebljiv. Također, zbog velikog pritiska na tiskovnu formu, dolazi do trajnih deformacija i oštećenja tiskovnih elemenata.

6. ZAKLJUČAK

Teoretskim razmatranjem zaključujemo kako fleksografski tisak zauzima veliku ulogu u tisku fleksibilne ambalaže zbog visoke kvalitete te mogućnosti tiska na različitim podlogama. Kvaliteta otiska fleksografskog tiska uvjetovana je vrstom tiskarskog bojila, tiskovnom podlogom, tiskovnom formom te postavkama tiskarskog stroja. Kako bismo došli do najboljih mogućih rezultata, potrebno je uskladiti sve te parametre. Cilj nam je bio eksperimentalnim mjerenjima dokazati razlike u reprodukciji uslijed promjene nekog parametra. Eksperiment možemo smatrati uspješnim jer na temelju analize rezultata vidimo promjene na otisku u svim slučajevima.

Zahtjevi tržišta fleksibilne ambalaže sve su veći i svaka pogreška skupo se plaća. Nije uvijek moguće napraviti savršeni otisak, ali cilj je približiti se tome i raditi na usavršavanju. Zaključujemo kako je u proizvodnji isplativost eksperimenata i raznih testova velika te podiže razinu kvalitete na najviši mogući stupanj. Predpostavljanje pogrešaka i problema te uklanjanje istih, uvijek nas stavlja korak ispred te možemo napraviti kvalitetan proizvod uz najmanje zastoje i najveću uštedu.

U Koprivnici, 14. listopada 2019.

7. LITERATURA

- [1] Kičinbaći J; Mrvac N.; Bertić I., „Trendovi razvoja fleksografskog tiska“, Tehnički glasnik, svez. 1, br. 1-2, pp. 48-50, 2007.
- [2] Horvatić S., Fleksotisak-tisak ambalaže, Markulin d.o.o., Zagreb, 2011.
- [3] <https://www.dri-tec.com/flexographic-systems>, Datum pristupa: 20.03.2019.
- [4] Kipphan H., Handbook of Print Media : Technologies and Production Methods, Springer, Berlin, 2001.
- [5] Flexography: Principles and Practices, 5th Edition, Foundation of Flexographic Technical Association, Inc., Ronkonkoma, NY, 1999.
- [6] Korelić O., Kemigrafija, Viša grafička škola, Zagreb, 1986.
- [7] <https://www.zecher.com/en/anilox-rollers/chrome-anilox-rollers/>, Datum pristupa: 01.04.2019.
- [8] <https://www.flexography.org/industry-news/anilox-volume-measurement-history-evolution-flexographic-printing/>, Datum pristupa: 01.04.2019.
- [9] <http://www.laserecoclean.com/lpi.html>, Datum pristupa: 04.04.2019.
- [10] <https://www.flexoglobal.com/blog/2017/06/12/apex-a-revolutionary-reinvention-of-anilox-ink-transfer/>, Datum pristupa: 05.04.2019.
- [11] M. Gojo, S. Mahović Poljaček, Osnove tiskovnih formi, Zagreb, 2013.
- [12] <https://www.gallus-group.com/en/labelprinting/printing-processes/flexo>, Datum pristupa: 05.04.2019.
- [13] Kodak, »Hot new digital flexo technology«, Eastman Kodak Company, Rochester, 2008.
- [14] https://www.academia.edu/27589613/Formation_of_the_Printing_Elements_in_the_Photopolymer_Material_Used_in_Flexography, Datum pristupa: 07.04.2019.
- [15] Zjakić Igor, Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Hrvatska Sveučilišna naklada, Zagreb, 2007.
- [16] <https://www.longo.media/en/print/pre-press/rastering/>, Datum pristupa: 07.04.2019.
- [17] http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/6.%20Rasterski%20sustavi.pdf, Datum pristupa: 10.04.2019.

- [18] http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/8.%20i%209.%20Karakteristike%20visebojne%20reprodukcije.pdf, Datum pristupa: 15.04.2019.
- [19] http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/OSNOVE%20O%20BOJI.pdf, Datum pristupa: 20.04.2019.
- [20] <https://www.scribd.com/doc/94202558/Boje-skripta>, Datum pristupa: 20.04.2019.
- [21] M. Mihoci, Spektrofotometrijsko određivanje boje, Osvrti, Kem. Ind. 683–685, Split, 2015.
- [22] <https://sensing.konicaminolta.us/blog/identifying-color-differences-using-l-a-b-or-l-c-h-coordinates/>, Datum pristupa: 14.05.2019.
- [23] Vujković I., Galić K., Vereš M, Ambalaža za pakiranje namirnica, Tectus, 2007.
- [24] <https://muraplast.com/proizvodi/fleksibilna-ambalaza>, Datum pristupa: 03.06.2019.
- [25] Ivan A. Vujković, Polimerna i kombinovana ambalaža, Novi Sad, 1997.
- [26] Časopis Ambalaža, REG Print, broj 1, godina XXI, ožujak 2016.
- [27] A. Rogić, I. Čatić, D. Godec, Polimeri i polimerne tvorevine, Zagreb, 2008.
- [28] https://www.xrite.com/-/media/xrite/files/manuals_and_userguides/s/spe_manual_en.pdf, Datum pristupa: 20.07.2019.

POPIS SLIKA

Slika 1. Konstrukcijska izvedba fleksografskog stroja s centralnim cilindrom

[https://19january2017snapshot.epa.gov/air-emissions-monitoring-knowledge-base/monitoring-information-industry-printing-and-publishing_.html, Datum pristupa: 20.03.2019.]

Slika 2. Konstrukcijska izvedba fleksografskog stroja u obliku dimnjaka

[<https://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/motion-control-systems-and-solutions/motion-control-industry-solutions/printing-systems/Documents/IND-printing-flexographic-presentation.pdf>, Datum pristupa: 20.03.2019.]

Slika 3. Konstrukcijska izvedba fleksografskog stroja u liniji

[<https://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/motion-control-systems-and-solutions/motion-control-industry-solutions/printing-systems/Documents/IND-printing-flexographic-presentation.pdf>, Datum pristupa: 20.03.2019.]

Slika 4 Princip sustava za obojenje s komornim rakelom

[http://materijali.grf.unizg.hr/media/TB_visoki_offset.pdf, Datum pristupa: 24.03.2019.]

Slika 5 Princip sustava za obojenje s gumenim valjkom

[http://materijali.grf.unizg.hr/media/TB_visoki_offset.pdf, Datum pristupa: 24.03.2019.]

Slika 6. Oblici rasterskih ćelija

[<https://www.flexography.org/industry-news/anilox-volume-measurement-history-evolution-flexographic-printing/>, Datum pristupa: 30.03.2019.]

Slika 7. Oblici rasterskih mreža

[<https://www.flexoglobal.com/blog/2017/06/12/apex-a-revolutionary-reinvention-of-anilox-ink-transfer/>, Datum pristupa: 30.03.2019.]

Slika 8. Presjek fotopolimerne tiskovne forme

[<https://docplayer.net/53260197-Zbornik-radova-proceedings.html>, Datum pristupa: 30.03.2019.]

Slika 9. Razlika u otisku tvrde i mekane tiskovne forme

[<https://www.gallus-group.com/en/labelprinting/printing-processes/flexo>, Datum pristupa: 30.03.2019.]

Slika 10. Konvencionalna i digitalna (CtP) metoda izrade tiskovnih formi

[Valdec, D., Utjecaj promjenjivih parametara fleksotiska na geometriju rasterskoga elementa predotisnute tiskovne podloge, Doktorski rad, Grafički fakultet, Zagreb, 2013.]

Slika 11. Primjer montažnih traka različitih tvrdoća

[<https://multimedia.3m.com/mws/media/1756990/flexographic-mounting-system-selection-guide.pdf>, Datum pristupa: 05.04.2019.]

Slika 12. Podjela rastera

[<https://www.longo.media/en/print/pre-press/rastering/>, Datum pristupa: 05.04.2019.]

Slika 13. Primjer linijatura AM rastera

[http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/6.%20Rasterski%20sustavi.pdf, Datum pristupa: 10.04.2019.]

Slika 14. Kutevi rastera

[http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/6.%20Rasterski%20sustavi.pdf, Datum pristupa: 10.04.2019.]

Slika 15. Smicanje

[Zjakić Igor, Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska (str. 40.), Hrvatska Sveučilišna naklada, Zagreb, 2007.]

Slika 16. Dubliranje

[Zjakić Igor, Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska (str. 41.), Hrvatska Sveučilišna naklada, Zagreb, 2007.]

Slika 17. Razmazivanje

[Zjakić Igor, Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska (str. 42.), Hrvatska Sveučilišna naklada, Zagreb, 2007.]

Slika 18. Moguće refleksije svjetlosti na tiskovnoj podlozi

[http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/6.%20Rasterski%20sustavi.pdf, Datum pristupa: 20.04.2019.]

Slika 19. Doživljaj okruglog rasterskog elementa prilikom optičke deformacije

[http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/6.%20Rasterski%20sustavi.pdf, Datum pristupa: 20.04.2019.]

Slika 20. Aditivni model boja (RGB)

[<https://hudu.hr/modeli-boja-rgb-i-cmyk/1018>, Datum pristupa: 05.05.2019.]

Slika 21. Suptraktivni model boja (CMYK)

[<https://hudu.hr/modeli-boja-rgb-i-cmyk/1018>, Datum pristupa: 05.05.2019.]

Slika 22. Princip rada spektrofotometra

[M.Mihoci, Spektrofotometrijsko određivanje boje, Osvrti, Kem. Ind. 683–685, Split, 2015.]

Slika 23. CIE Lab trodimenzionalni prostor boja*

[<https://www.sony.hr/electronics/support/about-color-management>, Datum pristupa: 16.05.2019.]

Slika 24. Formula za izračun razlike boja

[<https://sensing.konicaminolta.us/blog/identifying-color-differences-using-l-a-b-or-l-c-h-coordinates/>, Datum pristupa: 26.05.2019.]

Slika 25. Primjer odstupanja Lab vrijednosti između uzoraka*
[<https://sensing.konicaminolta.us/blog/identifying-color-differences-using-l-a-b-or-l-c-h-coordinates/>, Datum pristupa: 26.05.2019.]

Slika 26. Monofolija s tiskom
[<http://mec.hr/proizvodi/mono-folije/>, Datum pristupa: 03.06.2019.]

Slika 27. Primjeri fleksibilne ambalaže od papira
[<https://www.mcdonalds.ba/nova-moderna-ambalaza>, Datum pristupa: 03.06.2019.]

Slika 28. Primjer duplex folije
[<http://mec.hr/proizvodi/duplex-folije/>, Datum pristupa: 12.06.2019.]

Slika 29. Primjer triplex folije
[<http://mec.hr/proizvodi/triplex-folije/>, Datum pristupa: 12.06.2019.]

Slika 30. Spektrofotometar "Spectro-Eye"
[<https://www.xrite.com/categories/portable-spectrophotometers/spectroeye>, Datum pristupa: 20.07.2019.]

Slika 31. Polja za mjerenje prirasta RTV (Brzina: 350 m/min)- Tiskovna forma 1

Slika 32. Polja za mjerenje prirasta RTV (Brzina: 350 m/min)- Tiskovna forma 1, povećani pritisak

Slika 33. Polja za mjerenje prirasta RTV (Brzina: 350 m/min)- Tiskovna forma 2

Slika 34. Polja za mjerenje prirasta RTV (Brzina: 350 m/min)- Tiskovna forma 2, povećani pritisak

Slika 35. Polja za mjerenje prirasta RTV (Brzina: 200 m/min)- Tiskovna forma 1

Slika 36. Polja za mjerenje prirasta RTV (Brzina: 200 m/min)- Tiskovna forma 2

Slika 37. Polja za mjerenje prirasta RTV (Brzina: 600 m/min)- Tiskovna forma 1

Slika 38. Polja za mjerenje prirasta RTV (Brzina: 600 m/min)- Tiskovna forma

POPIS GRAFOVA

- Graf 1. Lab vrijednosti (Cyan)*
- Graf 2. Lab vrijednosti (Magenta)*
- Graf 3. Lab vrijednosti (Yellow)*
- Graf 4. Lab vrijednosti (Black)*
- Graf 5. Krivulja realne reprodukcije; Brzina 200 m/min; Tiskovna forma 1*
- Graf 6. Krivulja realne reprodukcije; Brzina 200 m/min; Tiskovna forma 2*
- Graf 7. Krivulja prirasta; Brzina 200 m/min; Tiskovna forma 1*
- Graf 8. Krivulja prirasta; Brzina 200 m/min; Tiskovna forma 2*
- Graf 9. Krivulja realne reprodukcije; Brzina 350 m/min; Tiskovna forma 1*
- Graf 10. Krivulja realne reprodukcije; Brzina 350 m/min; Tiskovna forma 2*
- Graf 11. Krivulja realne reprodukcije; Brzina 350 m/min; Tiskovna forma 1;
Povećani pritisak*
- Graf 12. Krivulja realne reprodukcije; Brzina 350 m/min; Tiskovna forma 2;
Povećani pritisak*
- Graf 13. Krivulja prirasta; Brzina 350 m/min; Tiskovna forma 1*
- Graf 14. Krivulja prirasta; Brzina 350 m/min; Tiskovna forma 2*
- Graf 15. Krivulja prirasta; Brzina 350 m/min; Tiskovna forma 1;
Povećani pritisak*
- Graf 16. Krivulja prirasta; Brzina 350 m/min; Tiskovna forma 2;
Povećani pritisak*
- Graf 17. Krivulja realne reprodukcije; Brzina 600 m/min; Tiskovna forma 1*
- Graf 18. Krivulja realne reprodukcije; Brzina 600 m/min; Tiskovna forma 2*
- Graf 19. Krivulja prirasta; Brzina 600 m/min; Tiskovna forma 1*
- Graf 20. Krivulja prirasta; Brzina 600 m/min; Tiskovna forma 2*

POPIS TABLICA

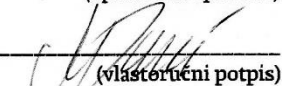
- Tablica 1. Aritmetička sredina Lab* vrijednosti (cyan, magenta)*
- Tablica 2. Aritmetička sredina Lab* vrijednosti (yellow, black)*

**IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, NIKOLA DRVARIC (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica ~~završnog/diplomskog~~ (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom PROBLEMI I DEFORMACIJE OTISKA NA FLEKSIbilNOJ AMBALAŽI (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

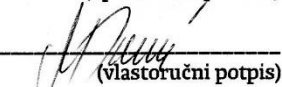
Student/ica:
(upisati ime i prezime)


(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, NIKOLA DRVARIC (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom ~~završnog/diplomskog~~ (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom PROBLEMI I DEFORMACIJE OTISKA NA FLEKSIbilNOJ AMBALAŽI (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)


(vlastoručni potpis)