



Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

Olivera Brajnović

**PRILAGODBA IZRADE FOTOPOLIMERNE TISKOVNE
FORME NOVIM KVALITATIVNIM ZAHTJEVIMA**

MAGISTARSKI RAD

Zagreb, 2011



Sveučilište u Zagrebu

FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Olivera Brajnović

**ADJUSTMENT OF THE PHOTOPOLYMER PRINTING
FORMS TO MATCH NEW QUALITATIVE
REQUIREMENTS**

MASTER THESIS

Zagreb, 2011



Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

OLIVERA BRAJNOVIĆ

**PRILAGODBA IZRADE FOTOPOLIMERNE TISKOVNE
FORME NOVIM KVALITATIVNIM ZAHTJEVIMA**

MAGISTARSKI RAD

Mentorice:

Doc.dr.sc. Sanja Mahović Poljaček

Doc.dr.sc. Regina Fuchs-Godec

Zagreb, 2011



Sveučilište u Zagrebu

FACULTY OF GRAPHIC ARTS

OLIVERA BRAJNOVIĆ

**ADJUSTMENT OF THE PHOTOPOLYMER PRINTING
FORMS TO MATCH NEW QUALITATIVE
REQUIREMENTS**

MASTER THESIS

Supervisors:

Doc.dr.sc. Sanja Mahović Poljaček

Doc.dr.sc. Regina Fuchs-Godec

Zagreb, 2011

UDK: 655.225:655.326.1

Povjerenstvo za ocjenu i obranu magistarskog rada:

1. prof. dr. sc. Miroslav Gojo, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, predsjednik
2. doc. dr. sc. Sanja Mahović Poljaček, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, mentorica
3. doc. dr. sc. Regina Fuchs-Godec, Univerza v Mariboru Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, mentorica
4. doc. dr. sc. Lidija Mandić, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, član
5. dr. sc. Dubravko Risović, viši znanstveni suradnik, Institut Ruđer Bošković, Zagreb, član

Datum obrane magistarskog rada: 5. prosinca 2011.

Mjesto obrane magistarskog rada: Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet

Povjerenstvo za obranu magistarskog rada donijelo je sljedeću odluku:

Obranila - jednoglasnom odlukom Povjerenstva

Zagreb, 5. prosinca 2011.

Sažetak

Prilagodba izrade fotopolimerne tiskovne forme novim kvalitativnim zahtjevima obuhvaća razmatranje osnovnih parametara u postupcima izrade tiskovnih formi iz računala (*CtP*, *Computer to Plate*) koji su nužni za postizanje visoko kvalitetnih otisaka u fleksotisku. Kako je fleksotisak tehnika tiska koja se danas najčešće koristi u reprodukciji ambalaže, karakteriziraju ju fleksibilne i elastične tiskovne forme te bojila niskog viskoziteta koje ga čine pogodnim za tisak na gotovo sve podloge.

Cilj ovog istraživanja je proširiti znanja o proceduri pripreme i obrade fotopolimernih tiskovnih formi koja utječu na kvalitetu ispisa tiskovne forme. Naime, fleksibilnost tiskovne forme i deformacije koje se javljaju u toku reprodukcije smatraju se tehnološkim ograničenjima ove tehnike, te ih je nužno definirati i obrazložiti. Kada se govori o reprodukciji tonova u okviru navedenih ograničenja, odstupanja se javljaju zbog fleksibilnosti tiskovne forme i pritiska u toku tiska, te se najčešće očituju u području svijetlih i tamnih tonova na reprodukcijama. Upravo će iz tog razloga u radu biti prikazana procedura prilagodbe postupka izrade fotopolimerne tiskovne forme s ciljem postizanja optimalnih rezultata reproduciranja. Također će biti pojašnjene promjene u prilagodbi postupka izrade tiskovnih formi s obzirom na različitu tiskovnu podlogu koje će ukazati na potrebu definiranja tzv. zatvorenog sustava reprodukcije, a koji uključuje i povezuje tri segmenata: postupak izrade tiskovne forme, tiskarski sustav i tiskovnu podlogu.

Ključne riječi: fotopolimerna tiskovna forma, CtP postupak izrade tiskovne forme, prilagođavanje digitalnog zapisa

Abstract

Adjustment of the photopolymer printing forms to match new qualitative requirements includes consideration of the basic parameters in the digital printing form plate making processes (*CtP, Computer to Plate*), which are necessary for achieving high-quality prints in flexographic printing process. Flexographic printing technique is widely used in the packaging reproduction area and is characterized by flexible and elastic printing forms and low viscosity printing ink that makes it suitable for printing on almost any printing surface.

The aim of this research is to expand the knowledge about the photopolymer printing form procedure and their processing which have the main influence on the quality level of the forms. It is well known that the flexibility of the printing forms and deformations that occur during the reproduction process are considered to be the technological limitations of this technique. Base on that fact, the reasons and consequences of those deviations have to be defined and explained. The limitations are mainly defined through the reproduction of tones which are the consequence of the flexibility of printing forms and the pressure during the printing process. This work will present the model for adjustment of the process procedures of photopolymer printing forms in order to achieve optimal reproduction results. The results have shown the necessity of creation of the closed reproduction systems which include three different segments: printing form, printing system and the printing substrate.

Key words: photopolymer printing form, CtP printing form-making process, digital file adjustment procedure

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Svrha rada	1
1.2. Definiranje problema magistarskog rada	2
1.3. Ciljevi i zadaci istraživanja	3
2. TEORIJSKI DIO	4
2.1. Razvoj fotopolimernih tiskovnih formi	4
2.2. Svojstva tiskovnih formi	7
2.3. Postupci izrade tiskovnih formi	8
2.3.1. Konvencionalni postupak izrade tiskovnih formi	8
2.3.2. <i>Computer to Plate</i> postupak izrade tiskovnih formi	11
2.3.3. Smjernice razvoja u CtP-u	12
2.4. Materijali i vrste tiskovnih formi	15
2.4.1. Gumene tiskovne forme	15
2.4.2. Fotopolimerne tiskovne forme	16
2.4.2.1. Fotopolimerne tiskovne forme od tekućeg fotopolimera	16
2.4.2.2. Fotopolimerne tiskovne forme od krutog fotopolimera	18
2.4.2.3. Fotopolimerne tiskovne forme za digitalne postupke (CtP)	20
2.4.3. Konvencionalna vs. digitalna tiskovna forma	27
2.5. Ključni parametri kod ispisa na fotopolimerne tiskovne forme	33
2.5.1. Geometrija uređaja za ispis na fotopolimerne tiskovne forme	35
2.5.2. Optički sustav uređaja za ispis	38
2.5.3. Značajke lasera za ispis	39
2.5.4. Vrste lasera za ispis	44
2.5.5. Kalibracija uređaja za ispis	47
2.6. Deformacije tiskovnih elemenata na tiskovnoj formi	54
2.7. Priprema i obrada digitalnih podataka	59
2.8. Metode mjerenja fotopolimerne tiskovne forme	63

2.9. Smjernice razvoja fleksotiska	64
2.9.1. Ekološki aspekti fleksotiska	65
2.9.2. Polutanti i otpad u fleksotisku	66
3. EKSPRIMENTALNI DIO	70
3.1. Digitalni radni tok	70
3.2. Priprema uzoraka	75
3.3. Materijali i uređaji	78
3.4. Instrumentalno mjerenje	79
4. REZULTATI	80
5. RASPRAVA	98
6. ZAKLJUČAK	109
7. LITERATURA	111
Prilog 1 – popis slika, tablica, jednadžbi i kratica	115
Životopis	120

1. UVOD

Težište grafičke industrije danas počiva na kvaliteti gotovog proizvoda i standardizaciji reprodukcijuskog procesa. Razvojem tehnologije omogućena je sve veća automatizacija rada i proširuju se mogućnosti sustavnih kontrola proizvodnih faza. Upravo su automatizacija i računalno upravljanje procesa, kao i razvoj kemijske industrije, otvorili nova područja primjene fotopolimernih tiskovnih formi naročito kada je riječ o fleksotisku što je omogućio ovoj tehnici tiska konkurentnu poziciju u grafičkoj industriji na svjetskoj razini.

Razvoj novih tehnologija izrade tiskovnih formi te implementacija istih sustava unutar fleksotiska u zadnjih nekoliko godina dovodi do postepenog povećanja udjela ove vrste tiska u industriji, naročito u reprodukciji ambalaže te čak i do ekvivalentne zamjene ofsetnog tiska i bakrotiska s fleksotiskom.

1.1. Svrha rada

Razvoj novih postupaka izrade tiskovnih formi iz računala (*CtP, Computer to Plate*) te implementacija istih unutar fleksotiskarskih sustava u zadnjih nekoliko godina dovodi do intenzivnog povećanja primjene te tehnike reprodukcije. Novi postupci izrade tiskovnih formi obuhvaćaju pojmove poput novih vrsta polimera koji se primjenjuju u izradi tiskovnih formi, novih jedinica za ispis na tiskovne forme te novih sustava obrade tiskovnih formi. Te činjenice, uz adekvatnu računalnu podršku dovele su do situacije da, unatoč razvoju niza digitalnih sustava za reprodukciju, fleksotisak zadržava najveći dio tržišta vezan uz ambalažu industriju. Obzirom na prednosti novih tehnologija, naročito s ekološkog stajališta, velik je napredak učinjen i u smjeru mogućnosti reprodukcije raspona tonova i kvalitete reprodukcija različitih motiva. Unatoč tome, sam postupak izrade tiskovnih formi zahtjeva niz prilagođavanja i testiranja koja će osigurati i opravdati kvalitetu reprodukcija dobivenih CtP tiskovnim formama. Naime, radi se o nizu postupaka koji će omogućiti izradu tiskovne forme zadovoljavajuće kvalitete prilagođenu sustavu reprodukcije, a ovaj rad će pokazati kako je kroz razvoj tehnologije i materijala kvaliteta fleksotiska dosegla stupanj u kojem su ograničenja u reprodukciji postala minimalna.

1.2. Definiranje problema magistarskog rada

Unatoč velikom napretku koji je omogućen zahvaljujući digitalnom radnom toku i izradi tiskovnih formi iz računala, kao što je navedeno, potreban je niz određenih prilagođavanja krivulja reprodukcije tonova da bi tiskovna forma zadovoljila tražene kriterije. Prije svega u procesu izrade tiskovne forme, prije osvjetljavanja, računalno se definiraju potrebni parametri koji će omogućiti izradu tiskovne forme visoke kvalitete. Radi se o podešavanju parametara potrebnih za kompenzaciju prirasta rasterskih elemenata tijekom reprodukcije, zatim o povišenju minimalnih vrijednosti koje je moguće reproducirati, te prilagođavanju digitalnih podataka specifičnostima tiskarskih sustava. Iz svega navedenog, može se uvidjeti da izrada i oblikovanje grafičkog proizvoda koji će se reproducirati fleksotiskom zahtjeva složen i detaljan pristup, naročito iz aspekta izrade tiskovnih formi, jer postupak njihove izrade ovisi o tiskovnoj podlozi, vrsti tiskarskog bojila, tiskovnim formama, pritisku u toku tiska, tiskarskom sustavu i potrebnim specifikacijama.

Dosadašnja istraživanja iz postupaka izrade fotopolimernih tiskovnih formi iz računala svedena su većinom na pojedinačna istraživanja u okviru zatvorenih tiskarskih sustava, gdje su potrebe za definiranjem postupaka izrade tiskovnih formi ograničena mogućnostima reproduciranja tog sustava. Kako tržište grafičke industrije danas počiva na kvaliteti proizvoda i želji za standardizacijom svih procesa, brz razvoj tehnologije omogućava sve veću automatizaciju rada. Upravo takva, računalno kontrolirana okolina, prepoznata je u fleksotisku te mu daje konkurentnu poziciju na tržištu u okviru i kvalitete reproduciranja i njene brzine. Međunarodni standardi koji definiraju procese izrade tiskovnih formi za fleksotisak većinom su usmjereni na parametre i vrijednosti koje je nužno pratiti na otiscima, a o procesima i specifikacijama o oblikovanju digitalnog dokumenta, obradi podataka i izradi tiskovnih formi nema značajnijih informacija. Razvoj novih tehnologija te implementacija istih unutar fleksotiska u zadnjih nekoliko godina dovodi do postepenog povećanja udjela tiska u industriji ambalaže te čak do zamjene određenih tehnika reproduciranja fleksotiskom. Upravo je iz tog razloga nužno definirati potrebne parametre, proceduru i postupke obrade digitalnih podataka uoči postupka ispisa na tiskovnu formu, kako bi kvaliteta izrađene tiskovne forme bila optimalna. Također, novi standardi minimalno uključuju postupke izrade tiskovnih formi izravno iz računala naročito iz činjenice što se takvi postupci sustavno unapređuju, što iz aspekta razvoja

materijala za izradu tiskovnih formi, uređaja za ispis i obradu tiskovnih formi kao i interakcije tiskovnih formi s materijalima koji se koriste u reprodukciji.

1.3. Ciljevi i zadaci istraživanja

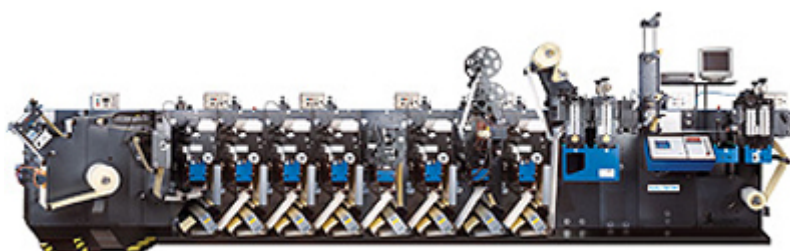
Dosadašnja istraživanja o mogućnosti reproduciranja fotopolimernih tiskovnih formi ukazuju na ograničavanje linijature rastera koji se može koristiti za tisak te za reprodukciju karakterističnih motiva. Saznanja govore o rasteru od najviše 48 linija/cm, a za tiskovne forme izrađene izravno iz računala o rasteru od 120 linija/cm. Ta činjenica govori o nemogućnosti primjene finijih rastera i ujedno “složenih” motiva na istoj tiskovnoj formi te se preporuča njihovo izbjegavanje u oblikovanju ambalaže koja će se reproducirati fleksotiskom. Također, svijetle i tamnije motive je, u skladu s navedenim, nemoguće reproducirati koristeći fleksotisak zbog ograničenja veličine tiskovnih elemenata i razlika u pritisku između tamnih i svijetlih područja. Naime, fleksografski je tisak danas vrlo zastupljena tehnika koja je još uvijek u razvoju te svojim rastom i prodiranjem na tržište opasno konkurrira ostalim tehnikama tiska. Danas je fleksotisak definiran kao ambalažni tisak, a postupak izrade fotopolimernih tiskovnih formi i ostalih materijala koje koristi složen je te je cjelokupni postupak nužno standardizirati. Upravo će se u ovom radu pokazati kako su tehnološka ograničenja reproduciranja u fleksotisku svedena na minimum, naročito u segmentu izrade tiskovnih formi, jer novi materijali i uređaji, uz prilagodbu postupka izrade fotopolimerne tiskovne forme proširuju područje reproduciranja novim kvalitativnim zahtjevima.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Razvoj fotopolimernih tiskovnih formi

Fotopolimerne se tiskovne forme danas većinom koriste za fleksotisak, koji je u današnje vrijeme jedna od rijetkih tehnika reprodukcije koja bilježi izuzetan rast i tehnološki napredak [1-3]. Zbog svoje kvalitete i mogućnosti otiskivanja koristi se za tisak na širokom spektru materijala, kao npr. valovitom kartonu, papiru, plastičnim i metalnim folijama, a svakako je najzastupljenija tehnika tiska u ambalažnoj industriji [4-5].

Princip visokog tiska, odnosno suvremenog knjigotiska i fleksotiska u 15. je stoljeću izumio Johannes Gutenberg [6]. Prve rotacije za novinski tisak koristile su olovne tiskovne ploče koje su radile pomoću posebnih matrica. S vremenom su se materijali za izradu tiskovnih formi promijenili, ali je princip otiskivanja u visokom tisku ostao isti. Danas se većinom koriste fotopolimerne tiskovne forme koje se zahvaljujući velikom tehnološkom napretku iz srodnih područja svakodnevno unaprjeđuju, te, s jedne strane mijenjaju se materijali za njihovu upotrebu, a s druge strane sustavno se poboljšava njihov postupak izrade. Sve u svemu, danas omogućuju otiskivanje na najrazličitije tiskovne podloge, omogućuju primjenu bojila na bazi otapala, bojila na bazi vode, bojila koje suše pomoću UV zračenja (UV bojila) i bojila koje suše pomoću elektronskog snopa, što daje reprodukcije izuzetno visoke kvalitete [7].



Slika 1. Fleksotiskarski stroj

Osnovna razlika između knjigotiska i fleksotiska je u elastičnosti fotopolimernih ploča, a kao rezultat toga potreban je manji pritisak u tisku kako bi se bojilo prenijelo na tiskovnu podlogu [8]. Fleksotiskarsko bojilo ima manji viskozitet od bojila koje se koriste u knjigotisku. Prednost nižeg viskoziteta znači da je konstrukcija tiskovnih jedinica

jednostavnija u odnosu na knjigotiskarske tiskovne jedinice. U fleksotisku se za nanos bojila na tiskovnu formu koriste raster valjci. Sama količina koja se nanosi na tiskovnu formu određena je linijaturom (zapremninom linija) raster valjka koji se koristi. Gumeni valjak koji rotira u posudi s bojom ili komora sa bojom izravno na raster valjku opskrbljuje reprodukcijski proces bojom.

Fleksotisak nije oduvijek imao ovaj naziv. Prvi naziv za ovu tehniku glasio je anilinski tisak, jer su prva bojila za fleksotisak bile na bazi anilina (bojila su sadržavale pigmente dobivene od anilinskog ulja – tekućine dobivene iz indigo biljke, ali kasnije su se izrađivale od katrana kamenog ugljena). Sami počeci vezani su za Moss'stype Corporation, prvu tvrtku koja je izrađivala gumene tiskovne forme. Prvi stroj koji je koristio takvu tiskovnu formu datira još iz davne 1890. iz Liverpoola. 1905. C.A. Holweg napravio je stroj za anilinski tisak kao produžetak stroja za izradu vreća, a već tri godine kasnije patentirao je prvi stroj za anilinski tisak. Međutim, doziranje bojila iz bojanika bilo je loše, sve do 1938. godine, kada su Douglas Tuttle i Col. Joe Viner izmislili tzv. „srce“ fleksotiska - aniloks valjak. Samo ime „aniloks“ dolazi od proizvođača bojila za fleksotisak *International Printing Ink Division of Interchemical Corporation*, koja je od 1936. do 1939. proizvodila bojilo za tisak registrirane marke „Ox“.

Kako su tih godina bojila za fleksotisak bila na bazi anilina, zvale su se *anilox* (npr. za litografiju su se zvale *litox*). Ta je korporacija bila i prva koja je primijenila gravirani valjak za nanos i doziranje bojila pa je valjak također prozvan aniloks valjkom. Iako je taj patent bio prijavljen, nije bio zaštićen, tako da se ustalio naziv aniloks valjak kakvim ga znamo i danas.

Izum celofana 1930. godine i njegova primjena u ambalažnoj industriji značila je veliki korak u razvoju anilinskog tiska. Zbog neupojnosti celofana, fleksotisak je (uz bakrotisak) praktički jedina tehnika reprodukcije na ovaj materijal. Isto vrijedi i za druge sintetičke materijale. Tako je fleksotisak, tj. za onda još anilinski tisak, postao ambalažni tisak. Međutim, razvoj anilinskog tiska usporila je teorija da je anilin otrovan pa su američke vlasti zabranile njegovu uporabu na ambalaži za prehrambene proizvode. Počelo se eksperimentirati sa tiskarskim bojilima drugačijeg sastava, a bojila na bazi anilina upotrebljavale su se samo za tisak zidnih tapeta. Provedena su dodatna istraživanja i 1949.

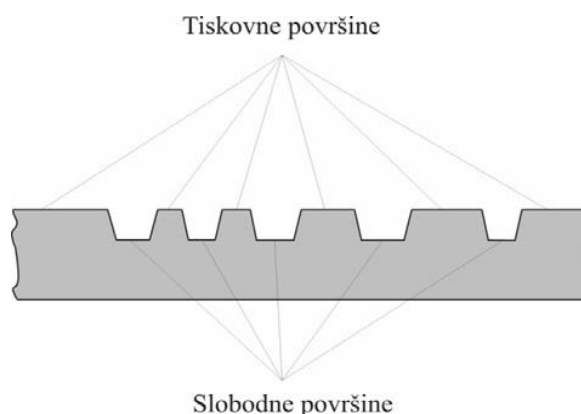
godine je potvrđeno da anilin nije otrovan. Međutim, loša reputacija još je pratila anilin i neki proizvođači su i dalje odbijali koristiti anilinski tisak. Iz tog razloga je donesena odluka o promjeni imena te je 1952. definiran novi naziv za anilinski tisak koji potječe od činjenice da se za reprodukciju koriste gumene fleksibilne tiskovne forme u fleksotisak.

Od 1970. godine fotopolimerne tiskovne forme više kvalitete počinju istiskivati gumene, dok od 80-ih godina rastom ekološke osviještenosti počinje sve veća upotreba i ekološki pogodnijih bojila na bazi vode. Dugo vremena je knjigotisak bio dominantna tehnika tiska, međutim, počeo je polako bivati istiskivan od strane ofsetnog tiska, jer je ofsetni tisak obećavao veću kvalitetu tiska. Međutim, zbog marketinške potrebe za lijepo oblikovanom ambalažom koja ima cilj privući kupca, tisak na ambalaži pokazao se kao vrlo važan faktor u reklamiranju i promociji proizvoda. Kako su i za knjigotisak i za ofsetni tisak bojila vrlo gusta, pa zbog svog mehanizma sušenja nisu pogodna za tisak na neupojnim podlogama, rijetka i brzosušeća bojila koja se koriste kod fleksotiska idealna su za reprodukciju ambalažnih proizvoda.

Dok se UV fleksotiskarska bojila na bazi vode ili otapala suše fizički isparavanjem, ostala UV bojila suše polimerizacijom potaknutom UV zračenjem. Sušenje UV bojila traje samo djelić sekunde, a takvo smanjenje vremena potrebnog za sušenje bojila, smanjuje a u određenoj mjeri i eliminira tipične nedostatke fleksotiska, kao što su prirast rasterskog elementa i zadebljani (dupli) rubovi tiskovnih/rasterskih elemenata. Istovremeno UV fleksotiskarsko bojilo omogućuje reprodukcije na zahtjevne materijale kao što su sintetički materijali ili metalizirane folije koje se danas u izuzetnoj mjeri koriste za ambalažne proizvode.

2.2. Svojstva tiskovnih formi

Materijal koji se koristi kao tiskovna forma za visoki tisak ima izbočene tiskovne elemente i udubljene slobodne površine (slika 2.). Tiskovna forma za fleksotisak izrađuje se od prirodne ili sintetske gume i fotopolimera [3,9]. Fotopolimeri mogu biti u krutom i tekućem stanju, no danas se pretežno koriste oni u krutom stanju koji su zbog svojih svojstava i mogućnosti reprodukcije većinom istisnuli iz upotrebe gumene tiskovne forme.

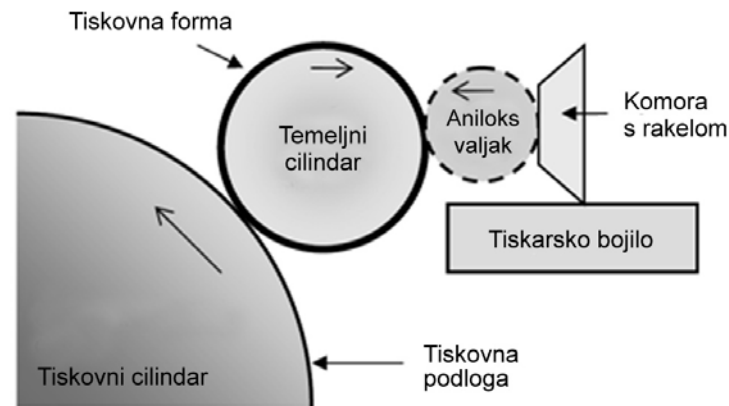


Slika 2. Tiskovna forma za visoki tisak

Bitno je napomenuti da su, kada su u neobrađenom stanju, fotopolimeri i gume koji se koriste kao materijali za izradu tiskovnih formi s fizikalno-kemijskog aspekta fotoosjetljivi. To svojstvo omogućava da pri selektivnoj ekspoziciji dio osvijetljenog materijala očvrstne polimerizacijom, a dio neosvijetljenog materijala ostaje nepolimeriziran te se uklanja s površine tiskovne forme kemijskim ili mehaničkim putem. Obradom tiskovne forme i uklanjanjem neosvijetljenih površina materijala dobiva se geometrijska razlika između tiskovnih i slobodnih površina i kao takva, tiskovna forma se koristi u procesu daljnje reprodukcije.

Fleksotisak je izravni rotacioni visoki tisak (slika 3.). Tiskovna forma je u izravnom dodiru s materijalom za otiskivanje. Bojilo, koje je vrlo rijetko preko duktoru se prenosi na aniloks cilindar a s njega na temeljni cilindar oko kojeg je obavijena tiskovna forma. Aniloks valjak je valjak na kojem se nalazi gusta rasterska mrežica koja omogućuje bolje i preciznije nanošenje bojila na tiskovnu formu. Uloga aniloks valjka je doziranje tankog i jednoličnog nanosa bojila na tiskovnu formu. Višak bojila sa aniloks valjka struže

karakteristični nož, tzv. rakel. Bojilo se sa temeljnog cilindra (tiskovne forme) izravno prenosi na tiskovni cilindar preko kojeg prelazi materijal na koji se otiskuje (tiskovna podloga). Prijenos tiskarskog bojila s tiskovne forme na tiskovnu podlogu je jedan od najznačajnijih faktora koji utječe na kvalitetu otisnutog proizvoda [10-11].



Slika 3. Princip rada fleksotiska

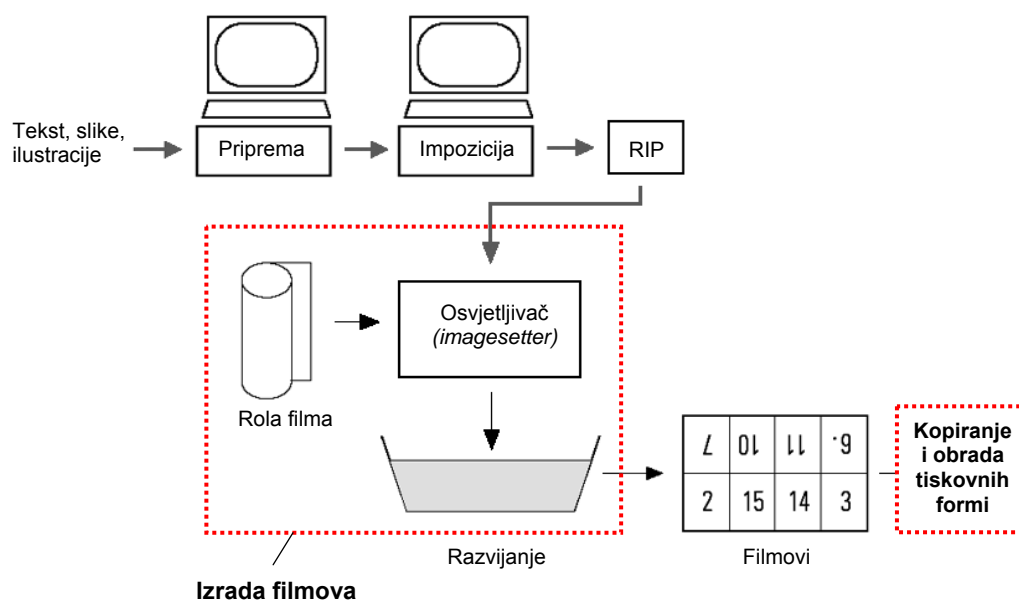
2.3. Postupci izrade tiskovnih formi

2.3.1. Konvencionalni postupak izrade tiskovnih formi

Karakterističan tok rada u tiskari s konvencionalnim postupkom izrade tiskovnih formi prikazan je na slici 4. [12]. Nakon unosa i obrade podataka u računalu, slijedi priprema tiskovnog arka i postupak obrade digitalnih podataka u RIP-u, *Raster Image Processor-u* [13]. Digitalnom obradom podataka u RIP-u slijedi osvjetljavanje filmova u uređajima za ispis na filmove (*imagesetter*). Razvijanjem i fiksiranjem u otopinama razvijača i fiksira, dobiva se vidljiva i stabilna slika na filmu [14-16]. Nastala slika je zapis informacije koja će se reproducirati i koja se s predloška, u kopirnoj rami, procesom kopiranja prenosi na tiskovnu formu [17-18]. Razvijanjem nastaje zapis na tiskovnoj formi koji predstavlja nositelja informacije koja se bojom procesom realizacije reprodukcija prenosi na tiskovnu podlogu.

Kod konvencionalnog postupka izrade tiskovne forme predlošci se koriste za izradu tiskovnih formi [19]. Sustavom vakuuma negativ predložak dovodi se u kontakt sa

površinom neosvijetljenog fotopolimera. Transparentni dijelovi predloška omogućavaju definiranje položaja i veličine tiskovnih elemenata osvjetljavanjem UV zračenjem. Fotopolimerne tiskovne forme izrađene su od materijala koji je u svom neobrađenom stanju izrazito mekan, što omogućava dobro prijanjanje na glatke površine. Da bi se fenomen potkopiranja koji nastaje uslijed kontaktnog kopiranja sveo na najmanju moguću razinu (emulzijski sloj s predloška je u kontaktu s fotopolimerom kod osvjetljavanja), koristi se negativ film koji je karakteristično matiran sa emulzijske strane. Zbog relativno dugog vremena ekspozicije prilikom izrade fotopolimernih tiskovnih formi predložak mora imati vrijednost optičke gustoće od 4,5. Ukoliko je optička gustoća manja od ove vrijednosti, prilikom osvjetljavanja može doći do prolaza UV zračenja kroz zacrnjenje na predlošku uzrokujući pri tome smanjenje geometrijske razlike između tiskovnih i slobodnih površina na tiskovnoj formi. Tokom godina filmovi koji se razvijaju kemijskim putem usavršavani su od strane proizvođača i dostigli su relativno visoku kvalitetu.



Slika 4. Konvencionalni postupak izrade tiskovnih formi

Ono što predstavlja jedan od ključnih problema kod konvencionalnog osvjetljavanja fotopolimernih tiskovnih formi je značajno povećanje tiskovnih elemenata na gotovoj tiskovnoj formi. Iz tog razloga je, kod izrade predloška, razvijen postupak prilagođavanja raspona tonskih vrijednosti što u jednom mjeri povećava kvalitetu i mogućnost reprodukcije tonova s tiskovne forme, ali s druge strane rezultira čestim gubitkom svijetlih tonova (nižih

tonskih vrijednosti) na otiscima. Iz tog razloga je razvijena metoda izrade tzv. prilagođenog negativ predloška s ciljem smanjenja prirasta tonских vrijednosti, a koju je moguće definirati promjenom krivulje reprodukcije tonova u RIP-u ili u sustavima pripreme za tisak. Cilj ovih postupaka je dobiti rasterski element oblika i veličine koja će omogućiti prijenos većeg spektra tonских vrijednosti na tiskovnu formu i s tiskovne forme na otisak.

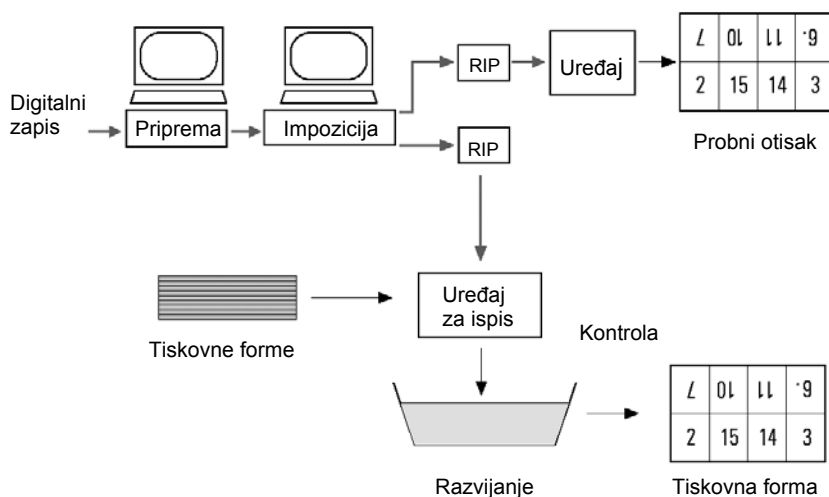
Dva modula *Flexocal* (*Artwork Systems*) i *AFT Optimizer* (*Advanced Flexo Technology*), razvijenih od strane kompanije *DuPont* temelje se na mogućnosti osvjetlivača predloška da selektivno povećava intenzitet osvjetljavanja i na taj način korigira vrijednosti tonova koji trebaju biti reproducirani [20-21]. Ovaj postupak se temelji na činjenici da zračenje generirano od izvora svjetlosti u osvjetlivaču filma neznatno povećava rasterski element. Zato se, kod izrade korigiranog negativ predloška transparentna područja koja definiraju slobodne površine prilagođavaju na način da im se neznatno smanjuje površina. Prednost ovog postupka leži u tome da se redukcija veličine elemenata slike vrši analognim putem, što znači da nije potrebna dodatna obrada digitalnih podataka te je moguća reprodukcija širokog spektra tonских vrijednosti.

Primjenom prilagođenog negativ predloška, dobivenog pomoću krivulja smanjenja prirasta rasterskih elemenata, postiže se znatno veća kvaliteta otisaka. Međutim postoje i određeni nedostaci: sa povećanjem intenziteta osvjetljavanja uređaji za izradu filmova se dovode u nestabilno, nelinearno stanje u kojem rezultat osvjetljavanja u velikoj mjeri ovisi o kvaliteti i stabilnosti predloška. Svi elementi slike u reprodukciji pokazuju određenu neizoštrenost što zahtjeva dodatne kontrolne provjere. Izbor fleksografskih tiskovnih formi koje se na ovaj način mogu osvijetliti negativ filmom je ograničen, a ponovne upotreba ovih filmova najčešće nije moguća. *Flexocal* i *ATF Optimizer* ne mogu izbjeći osnovni problem konvencionalnog osvjetljavanja tiskovnih formi, a to je ovisnost kvalitete elemenata slike (tiskovnih elemenata) od njihovog neposrednog okruženja, što je u vezi s načinom na koji se odvija fotopolimerizacija za vrijeme ekspozicije.

Upravo je razvojem digitalnih postupaka izrade tiskovnih formi radi ubrzanja procesa izrade i dobivanja tiskovnih formi veće kvalitete djelomično iskorišten model izrade korigiranog negativa, ali s preslikom u digitalno okruženje gdje je manipulacija podataka i određivanje spektra tonova za reprodukciju puno veća.

2.3.2. “Computer to Plate” postupak izrade tiskovnih formi

Na slici 5. prikazan je najčešći izgled toka rada u tiskari s CtP sustavom izrade tiskovnih formi [12]. Nakon obrade i pripreme dobivenih podataka (teksta, ilustracija, fotografija) slijedi kontrola digitalnih podataka u tzv. “*prefligh check*”. Ukoliko se pregledom podataka utvrdi ispravnost pripremljenog dokumenta, slijedi izrada *PostScript* datoteke podataka u RIP-u. Postoji nekoliko načina prijenosa podataka od RIP-a 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 (*buffer memory*) te poslije ispisuju na tiskovnu formu.



Slika 5. Prikaz radnog toka s CtP postupkom

Danas postoje i sustavi koji sadrže integriranu radnu jedinicu za kontrolu tiskovnih formi. Budući da su svi podaci koji će se reproducirati dostupni, ovakav sustav šalje datoteku na ispis niske rezolucije na CPC 32 sučelje (*Prepress Interface*). Takva programska podrška automatski izračunava i daje podatke o bojama na ispisu, te ih obrađuje u odnosu na dobivene vrijednosti na tiskovnim formama.

Neki proizvođači CtP uređaja za ispis razvili su i implementirali uređaje za kontrolu tiskovnih formi, tzv. “*plate-checker*”. Takvi uređaji omogućavaju simulaciju izgleda gotove reprodukcije tiskovnim formama, te njihovu kontrolu na zaslonu. Takav sustav

kontrole tiskovnih formi s ciljem dobivanja kvalitetne reprodukcije povlači za sobom dodatne procese koji će osigurati preciznost i točnost podataka, kao npr. redovitu kalibraciju monitora i kontrolu svakog pripremljenog arka za reprodukciju [22-24].

Iako je CtP tehnologija izrade tiskovnih formi već dugo prisutna na tržištu, potpuna joj je pozornost posvećena tek na Drupi 1995. godine kada je njen tehnološki napredak došao do izražaja razvojem tehnika digitalnog tiska. Danas se može reći da je CtP postala zrela tehnologija s visokim stupnjem prihvaćenosti na području grafičke industrije diljem svijeta [25]. Velike su tiskare, jednostavno zbog tržišnog pritiska vrlo brzo prihvatile CtP postupke izrade tiskovnih formi, te je akronim „CtP“ zapravo „*Computer to Plate*“, koji se danas najčešće koristi kod izrade ofsetnih tiskovnih formi, a duže vrijeme i kod izrade tiskovnih formi za duboki tisak (*CtC, Computer to Cylinder*).

Digitalni postupci za izradu sitotiskarskih tiskovnih formi također su poznati pod akronimom *CtS-Computer to Screen* (računalo-sito), koji su danas u manjoj mjeri zastupljeni na tržištu [26-27], dok se za izradu tiskovnih formi za fleksotisak često se koristi akromin *CtF, Computer to Flex* (računalo-fleksibilna tiskovna forma).

Digitalizacija toka rada uzrokovana instalacijom CtP uređaja za ispis uvjetovala je prilagođavanje i konverziju cjelokupnog procesa grafičke proizvodnje. Takve promjene predstavljaju nove tehničke i organizacijske izazove onih poduzeća koja investiraju u CtP tehnologiju. Potreba za promjenama i u kvalifikacijama zaposlenih u proizvodnji je značajna. Često je prijelazno razdoblje iz konvencionalnog u digitalno okruženje dugotrajno, naročito ukoliko zaposlenici nisu informirani o trendovima tehnoloških razvoja.

2.3.3. Smjernice razvoja u CtP-u

Primjenom CtP postupaka izrade tiskovnih formi i eliminiranjem faze izrade filmova uvelike se smanjuje potreba za materijalima i uređajima u reprodukciji, te su laboratorijski troškovi značajno smanjeni. Ne samo da je uklonjena uporaba materijala i kemikalija potrebnih za razvijanje filmova, nego su smanjene investicije i popravci osvjetljiivača, uređaja za razvijanje i kopirnih rama. Pored navedenog, eliminiranjem cjelokupne faze

izrade filmova i ručnog kopiranja na tiskovne forme, smanjuje se i potreba za djelatnicima na takvim radnim mjestima.

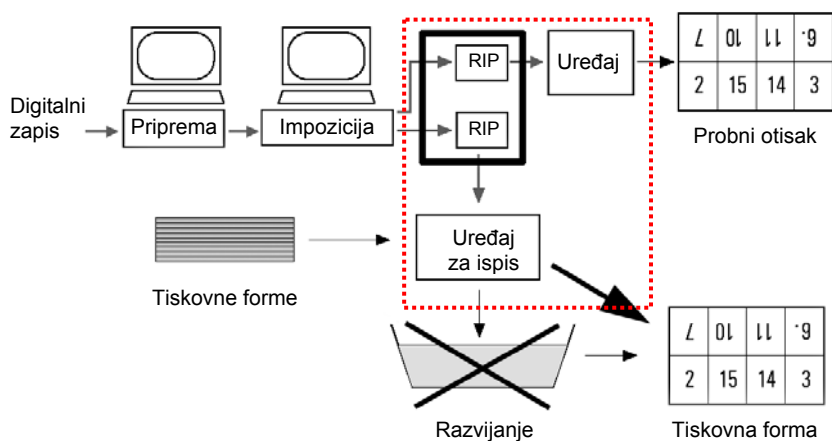
Može se reći da se integracijom faza grafičke pripreme i eliminiranjem filmova postiže povoljniji gospodarski efekt i u kontekstu uštede grafičkih materijala, prvenstveno filmova i kemijskih supstanci za razvijanje, ali i u smanjenju broja zaposlenih i njihovih popratnih troškova. S ekološkog aspekta doprinosi se održavanju kvalitete okoliša [28]. Eliminiranje faze izrade i obrade filmova utječe na značajno smanjenje problema zbrinjavanja i recikliranja otpadnih tvari iz fotografskih procesa. Upotrijebljene otopine razvijачa, fiksira i vode kod razvijanja filmova potrebno je odvojeno obraditi fizikalno-kemijskim metodama, te ih tada ispustiti kao otpadne vode [29], a kruti otpad, kao što su iskorišteni filmovi, pomoćni materijali (montažne folije, plastična i kartonska ambalaža) potrebno je adekvatno zbrinuti. Kod konvencionalnog postupka izrade tiskovnih formi film se koristio kao dobar medij za skladištenje podataka, dok CtP sustavi omogućavaju naknadni ispis na tiskovne forme, a i eventualne ispravke na dokumentima zahvaljujući pohrani podataka u računalu. Bolja je realizacija reprodukcija detalja na slikama, veći raspon tonskih vrijednosti, te su krivulje reprodukcije tonova postojanije i pravilnije. Također, stohastičko rastriranje je jednostavnije i preciznije.

Današnjim pogledom na tržište grafičke industrije suočeni smo s velikim brojem CtP tehnologija i različitim sustavima ispisa na tiskovne forme [30]. Značajan broj proizvođača razvio je svoje sustave izrade tiskovnih formi, te je za njihovo predstavljanje i prihvaćanje na tržištu prijeko potrebna standardizacija. Rezultat trenutnog stanja je heterogena slika koja sadrži tiskovne forme i uređaje za ispis s potpuno različitim karakteristikama i zahtjevima, te brojnim nekompatibilnostima među njima. Prema istraživanjima Kihlberg&Lindgren [31], pojedina tvrtka će se odvojiti od konvencionalnih postupaka i opredijeliti za potpunu digitalizaciju proizvodnje, u trenutku kada će od njih to zahtijevati potražnja na tržištu. Računalna podrška i uređaji će omogućiti proizvodnju visokokvalitetnih proizvoda uz vrlo malo popratnih procesa.

Istraživanja i razvoj automatizacije radnog toka s CtP tehnologijom uključuje i mogućnost automatiziranog ulaganja i izlaganja tiskovnih formi kod procesa ispisa i razvijanja, te se teži ka potpunom automatskom i kontroliranom rukovanju tiskovnim formama. Također,

buduće smjernice razvoja ukazuju na primjenu besprocesnih tiskovnih formi, te na uvođenje automatske kontrole svake pojedine tiskovne forme i svake faze reprodukcije. Nadalje, teži se ka unaprjeđenju postupka izrade probnih otisaka koji bi u najvećoj mogućoj mjeri realno simulirali izgled gotovog proizvoda i prije tiska određene naklade. Time bi se unaprijed moglo apsolutno vidjeti kako će neki gotovi proizvod izgledati, te bi se eventualne pogreške mogle ispraviti bez veći financijskih gubitaka.

Kao što je prikazano na slici 6. prvi korak za bolju i sigurniju izradu proba je konstrukcija univerzalnog RIP-a (za probne otiske i za ispis na tiskovne forme), kako bi se izbjegla eventualna različita interpretacija *PostScript* formata, te razlike u vrijednostima digitalnih podataka koji će se dalje reproducirati na tiskovnim formama.



Slika 6. Prikaz tendencije razvoja CtP radnog toka

Budući da se današnja grafička tehnologija i dalje razvija, mnoge prednosti spomenute i primijenjene u CtP tehnologiji se i dalje proučavaju, te će trend njihovog korištenja zasigurno u budućnosti sve više rasti [32].

2.4. Materijali i vrste fotopolimernih tiskovnih formi

Tiskovne forme za fleksotisak su savitljive, a izrađuju se od prirodne ili sintetske gume i fotopolimera. Fotopolimeri mogu biti u krutom ili tekućem stanju, iako se danas pretežno koriste oni u krutom stanju.

2.4.1. Gumene tiskovna forma

Postupak izrade gumene tiskovne forme je izuzetno složen. Sastoji se od slijedećih faza: metalna (cinkova) pločica se osloji fotoosjetljivim slojem te se na nju stavi negativ predložak. Pri osvjetljavanju u kopirnoj rami dolazi do fotokemijske reakcije polimerizacije na mjestima gdje se svjetlo apsorbiralo u fotoosjetljivi sloj i na tim mjestima fotoosjetljivi sloj mijenja svoja kemijska svojstva, postaje netopiv u otopini razvijaača. Fotoosjetljivi sloj koji nije osvjetljen ostaje topiv i uklanja se procesom razvijanja u pogodnim otapalima, a zatim se metalna pločica jetka u otopini dušične kiseline odgovarajuće koncentracije. Na mjestima gdje je fotoosjetljiv sloj uklonjen otopina dušične kiseline kemijski otapa cink, a na mjestima gdje se sloj zadržao, on djeluje kao izolator i cink se ne otapa. Na taj način dobiva se reljef u metalnoj pločici sa uzdignutim tiskovnim i udubljenim slobodnim površinama. Dobivena jetkana reljefna pločica pritišće se na vrući prijenosni materijal u kojem nakon stvrdnjavanja ostaje reljef. U taj reljef se izlije guma koja se nakon vulkanizacije vadi iz tog kalupa dok je još topla. Time se dobiva gotova tiskovna forma (slika 7.).



Slika 7. Izrada gumene tiskovne forme

Gumene tiskovne forme imaju slabu dimenzionalnu stabilnost pa u tisku daju veliki prirast rasterskog elementa. Zbog upotrebe dušične kiseline nisu ekološki prihvatljive. Danas se koriste rijetko, najčešće kod CtP postupaka, gdje laser izravno gravira i oblikuje zapis na tiskovnoj formi. U tim postupcima slobodne površine se uklanjaju laserom, a čestice uklonjene laserskom ablacijom se odstranjuju usisavanjem. U svrhu laserske ablacije koriste se laseri velikih snaga, poput 1-2,5 kW CO₂ laseri.

Lasersko graviranje gumenih tiskovnih formi koji se koriste za reprodukciju beskonačnih obrazaca primjenjivano je od 70-tih godina dvadesetog stoljeća. Razvojem tehnologije i računala CtP uređaji postali su dostupni široj upotrebi krajem 80-tih godina dvadesetog stoljeća.

2.4.2. Fotopolimerne tiskovne forme

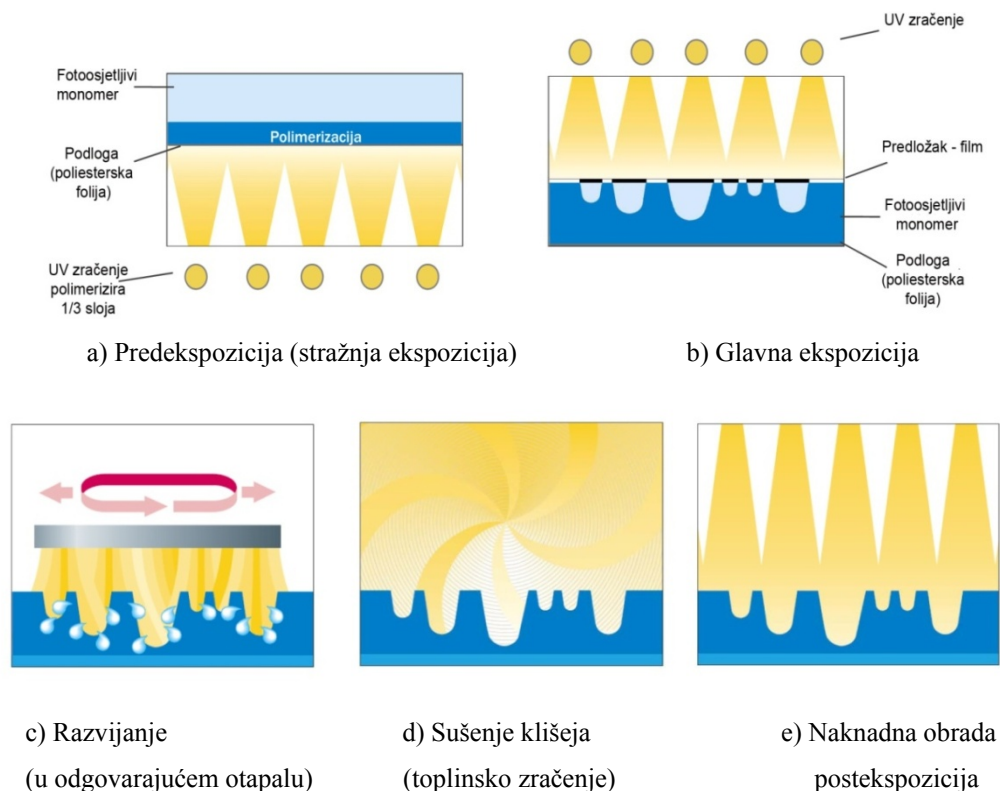
2.4.2.1. Fotopolimerne tiskovne forme od tekućeg fotopolimera

Tiskovna forma ovog tipa izrađuje se u posebnom uređaju za osvjetljavanje, gdje se volumen buduće tiskovne forme određuje pomoću samoljepljivih graničnika. Kako bi se spriječio izravni kontakt fotomomera i stakla kopirnog uređaja, postavlja se jedna poliesterska folija ispod graničnika, te druga poliesterska folija koja se postavlja preko tekućeg fotomomera, kako bi se spriječio izravni kontakt s predloškom [33].

Osvjetljavanje se provodi pomoću UV fluorescentnih cijevi kroz negativski predložak, a ekspozicijom dolazi do fotopolimerizacije sloja. Tri su faze osvjetljavanja:

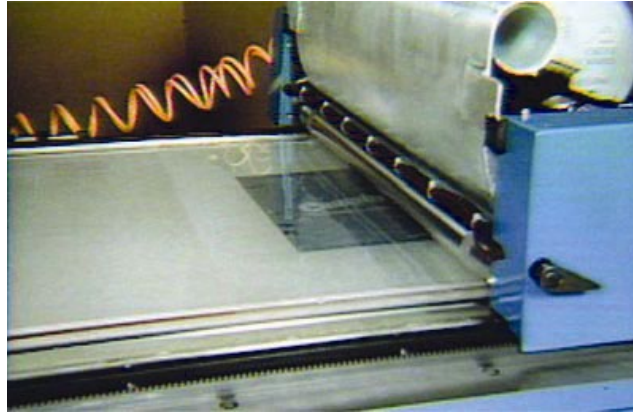
1. Predekspozicija - osvjetljava se sa stražnje, tj. donje strane fotomomera UV zračenjem na maloj udaljenosti (slika 8.a). UV zračenjem dolazi do postupne polimerizacije. Što je vrijeme osvjetljavanja dulje, zračenje dublje prodire i izaziva dubinsku polimerizaciju. Prema specifikaciji proizvođača definira se vrijeme predekspozicije na način da zračenje prodire do cca. 1/3 ukupne debljine tiskovne forme. Osvjetljava se bez filma, te se dobije polimerizirani sloj koji predstavlja podlogu, odnosno opnu, koja nosi tiskovne elemente.

2. Glavna ekspozicija - glavnom ekspozicijom (slika 8.b) dolazi do odvajanja tiskovnih od slobodnih površina. Osvjetljava se kroz predložak gdje zračenje koje prolazi kroz transparentne dijelove filma formira tiskovne elemente, dok mjesta koja ostanu neekspozicionirana formirat će slobodne površine. Kada se fizički odvoje tiskovne od slobodnih površina polimerizacija se dovršava u slijedećoj fazi postekspozicijom, a nakon glavne ekspozicije slijedi kemijska i mehanička obrada tiskovne forme radi uklanjanja neosvijetljenih dijelova fotomonomera (slika 8.c i d). Razvijanje se u pravilu provodi otapanjem u odgovarajućem otapalu uz primjenu četki koje fizički odstranjuju topivi monomer, nakon čega slijedi sušenje polimera.
3. Postekspozicija (naknadna ekspozicija) - nakon što se UV zračenjem, ispiranjem i fiksiranjem stvori reljef, cijela tiskovna forma se još jednom osvjetljava radi učvršćivanja reljefa i poboljšanja mehaničkih svojstava forme. Osvjetljavanje se vrši pod vakuumom kako bi se nastale tiskovne površine mogle u potpunosti učvrstiti, pri čemu dolazi do polimerizacije preostalih monomera u sloju (slika 8.e).



Slika 8. Izrada fotopolimerne tiskovne forme od tekućeg fotopolimera

Tekući fotopolimer u odnosu na kruti polimer ima nižu cijenu, dok mu je mana nejednolika debljina forme, uklopljeni mjehurići zraka, kao i ograničen vijek trajanja. Glavna im je primjena kod nižih linijatura rastera, kao npr. kod novinskog tiska i kod tiska na valovite kartona i ljepenke.

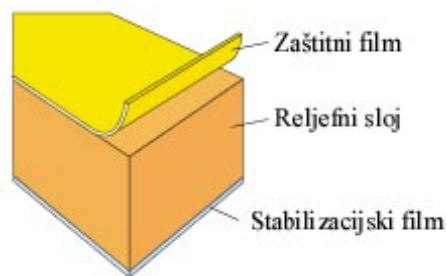


Slika 9. Izrada fotopolimerne tiskovne forme

Međutim, danas je proces izrade ove tiskovne forme automatiziran te je izradom u adekvatnim uređajima i kontroliranim uvjetima mogućnost njihove primjene proširen. Radi se o uređajima koji provode sve faze izrade tiskovne forme automatizirano što rezultira poboljšanjem kvalitete dobivenih tiskovnih formi. Uređaj sadrži pokretnu glavu koja se kreće se iznad negativa te na njega prvo nanosi polietilensku foliju kao podlogu, zatim nalijeva tekući fotomonomer te na kraju još jednu polietilensku foliju preko fotomonomera. Uređaj je u obliku plitkog bazena, definiranog formata. Daljnji postupak osvjetljavanja i naknadne obrade sličan je kao i kod krutog fotopolimera, jedino što kopiranje treba prilagoditi činjenici da je sloj u tekućem stanju. Razvijanje se ne provodi kemijski razvijanjem već uklanjanjem neosvijetljenog monomera *blow-out* postupkom (usisavanjem).

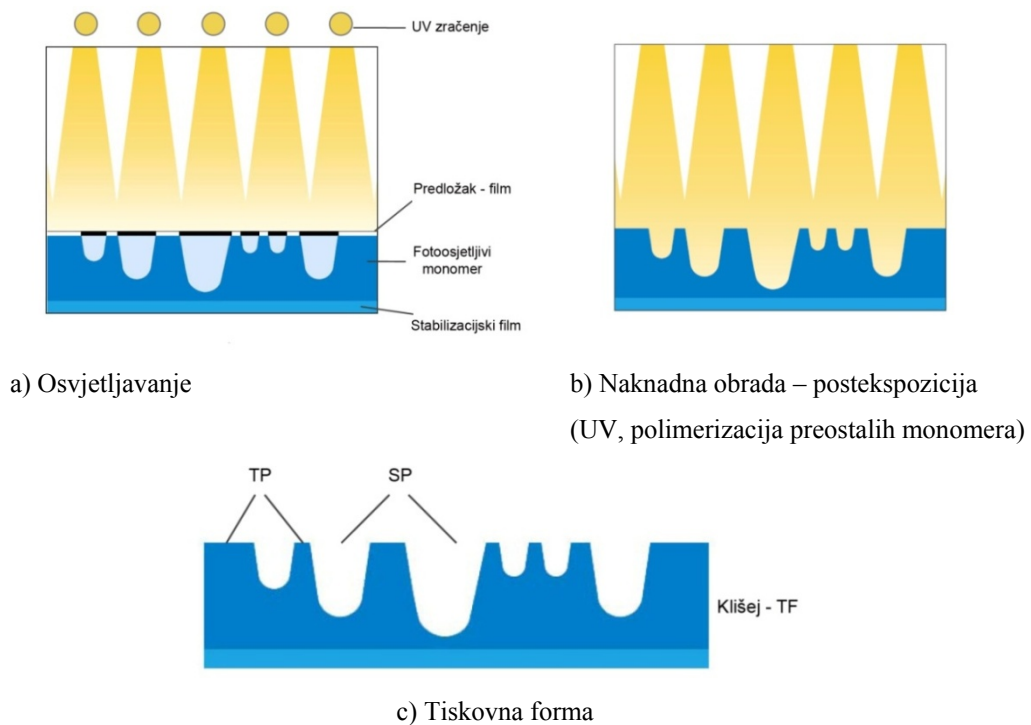
2.4.2.2. Fotopolimerne tiskovne forme od krutog polimera

Fotopolimerne tiskovne forme od krutog polimera pojavljuju se kao jednoslojne i višeslojne tiskovne forme. Jednoslojne tiskovne forme sastoje se od reljefnog sloja (kombinacija gotovog polimera i fotoosjetljivog monomera) na kojem se nalazi zaštitni film te stabilizacijske poliesterske podloge (slika 10.).



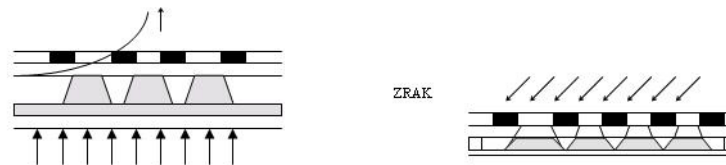
Slika 10. Građa jednoslojne tiskovne forme od krutog fotopolimera

Postupak izrade ovih tiskovnih formi je sličan postupku izrade tiskovnih formi iz tekućih fotopolimera, s time da se ne provodi preeksponicija (stražnja ekspozicija) (slika 11.). UV zračenjem se eksponira fotosjetljivi polimer kroz negativ predložak nakon čega slijedi mehaničko uklanjanje zaštitnog filma s neosvijetljenim dijelovima polimera (*peel-off* postupak) (slika 12.).



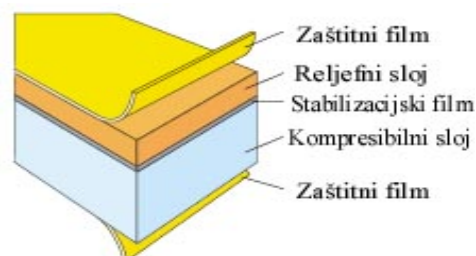
Slika 11. Izrada tiskovne forme od krutog fotopolimera

Osvjetljeni dijelovi su ekspozicijom polimerizirali i postali su netopivi (tiskovne površine), dok se neosvijetljeni dijelovi mogu ukloniti kemijskom i mehaničkom obradom kao tekući polimeri ili ispuhivanjem (*blow-out* postupkom) (slika 12.). U ovom stanju tiskovna forma je ljepljiva pa može na sebe privući prašinu. Zbog toga se provodi postekspozicija, odnosno, cijela tiskovna forma se još jednom osvjetljava bez negativa radi završetka polimerizacije kako bi tiskovna forma dobila i potrebna mehanička svojstva.



Slika 12. *Peel-off* i *Blow-out* postupak

Višeslojne tiskovne forme (slika 13.) sadrže kompresijski sloj koji apsorbira pritisak u tisku i tako smanjuje deformaciju tiskovnih elemenata. Postupak osvjetljavanja te daljnje obrade isti je kao i kod jednoslojnih tiskovnih formi.

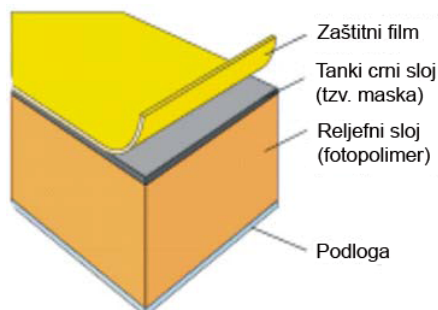


Slika 13. Presjek višeslojne tiskovne forme

2.4.2.3. Fotopolimerne tiskovne forme za digitalne postupke (CtP)

Digitalni postupci izrade tiskovnih formi omogućavaju bržu izradu formi bez primjene predložaka. Ipak, imajući u vidu da se kod izrade ovih tiskovnih formi na neki način moraju odvojiti tiskovne od slobodnih površina, danas na tržištu postoji nekoliko tipova tiskovnih formi za digitalne postupke koji na neki način sadrže tzv. „simuliran predložak“ koji će omogućiti formiranje reljefa u fotopolimernoj ploči.

Jedna vrsta tiskovnih formi za CtP postupke koja se danas najčešće koristi je tiskovna forma koja sadrži i fotoosjetljivi sloj, tzv. masku (*LAMS, laser-ablated-mask*), koja zapravo simulira ulogu konvencionalnog predloška na polimeru (slika 14.).



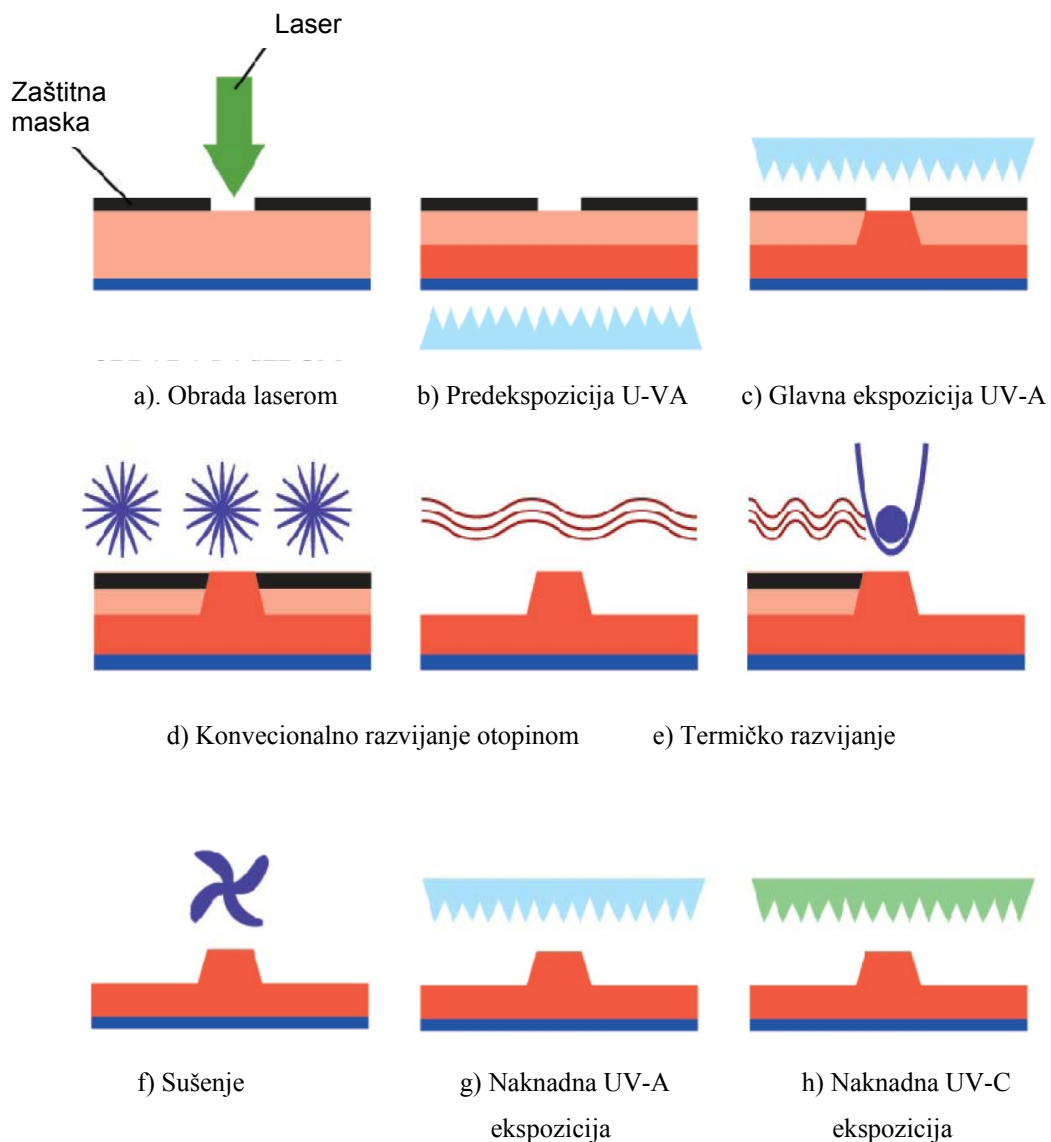
Slika 14. Presjek tiskovne forme za CtP postupak

Postupak ispisa se bazira na principu obrade LAMS sloja tiskovne forme. U prvom se koraku, LAMS sloj laserski uklanja (isparava) na mjestima budućeg zapisa (tiskovnih površina) stvarajući pritom fina, mikroskopski vidljiva udubljenja (slika 15.) [34]. Termalna ablacija podrazumijeva uklanjanje dijelova termoaktivnog sloja laserom visoke snage (ili diodama). Takav pristup iziskuje i interni usisni sustav kojim se uklanjaju odstranjene sitne čestice prije nego li se one slegnu na optički sustav ili na polimer. Time se na površini polimera dobiva simulirani predložak nositelj zapisa na tiskovnoj formi. U sljedećem koraku tiskovna forma se izlaže UV zračenju pri čemu dolazi do polimerizacije polimernog sloja na mjestima gdje je uklonjena LAMS-mask, tj. na mjestima budućih tiskovnih površina.

Faze izrade LAMS tiskovne forme digitalnim postupkom prikazane su na slici 15.

1. Obrada LAMS sloja - laserom se obrađuju buduće tiskovne površine. Nakon uklanjanja zaštitne folije, tiskovna forma se postavlja u uređaj za ispis. Laserska zraka „razara“ LAMS sloj, koji apsorbira zračenje, tako da preostali dio sloja zapravo preuzima ulogu konvencionalnog predloška, tj. negativa (slika 15.a);
2. Preekspozicija - ekspozicija se provodi sa stražnje strane tiskovne forme bez negativa, kako bi se učvrstila i formirala dubina reljefa (slika 15.b);
3. Glavna ekspozicija - ekspozicija tiskovne forme UV-A zračenjem (slika 15.c);

4. Razvijanje - kemijsko i mehaničko (konvencionalno) ili termalno uklanjanje ne-eksponiranih dijelova tiskovne forme (slike 15. d i e);
5. Sušenje (slika 15.f);
6. UV-A ekspozicija - dodatno eksponiranje radi polimerizacije svih polimera i poboljšanja mehaničkih svojstava tiskovne forme (slika 15.g).
7. UV-C ekspozicija - naknadno eksponiranje tiskovne forme radi smanjenja ljepljivosti površine. Ovim postupkom proces izrade tiskovne forme je završen (slika 15.h).



Slika 15. Izrada tiskovne forme digitalnim postupkom

Na Drupi 2008. godine predstavljen je novi digitalni fleksografski sustav *Kodak Flexcel NX* koji objedinjuje sve faze u izradi fotopolimernih tiskovnih formi, a omogućava reprodukciju visokokvalitetnih fleksografskih otisaka visoke rezolucije nadilazeći mnoga ograničenja analognih i dosadašnjih digitalnih tehnologija u izradi fleksografskih klišeja [35-36].

Postupak izrade ovih tiskovnih formi se razlikuje od LAMS tehnologije zbog korištenja tzv. TIL-filma (*Thermal Imaging Layer*) koji u ovom slučaju ima ulogu grafičkog predloška. TIL-film je specifično formuliran termalni ablacijski film koji omogućava visoku rezoluciju, brzo oslikavanje te kvalitetan kontakt s fotopolimernim slojem za vrijeme trajanja glavne ekspozicije. Ujedno, ispis na TIL-film se vrši u uređaju za ispis te se naknadno formirani zapis na TIL-u prenosi na fotopolimernu tiskovnu formu laminiranjem. Ostale faze ekspozicije i naknadne obrade tiskovne forme su iste kao i kod LAMS-tiskovnih formi.

Faze izrade tiskovne forme su slijedeće:

1. Ispis TIL-filma (maske) – provodi se u uređajima za ispis. Ispis se vrši na termalni film uz produktivnost do 9.5 m²/sat, što je dvostruko brže nego osvjetljavanje digitalne fotopolimerne tiskovne forme s laserskom ablativnom maskom (LAMS). Ispis se vrši procesom ablacije digitalno vođenim termalnim laserom ($\lambda = 830\text{nm}$), pri čemu se uklanja dio maske na mjestima budućih tiskovnih površina.
2. Laminiranje - laminiranjem se prenosi TIL-film na fotopolimernu tiskovnu formu prije postupka osvjetljavanja i razvijanja. Glava laminatora, suhim kemijskim procesom bez utjecaja pritiska i topline lamira TIL na fotopolimerni sloj neposredno nakon skidanja zaštitne folije s polimera. Faza laminiranja odvija se brzo i jednostavno u trajanju od oko 4 min, a ključna je jer uklanja sav kisik između sloja termalnog filma i fotopolimera. Na taj je način fotopolimer u vrlo kratkom vremenu izravno izložen kisiku iz zraka, te je deformacija rubova tiskovnih elemenata, koja se često javlja uslijed reakcije kisika s polimerom, svedena na najmanju moguću razinu. Postupak nanašanja TIL-a na fotopolimer laminiranjem omogućava stvaranje visokokvalitetnih rasterskih točkica pune amplitude i ravnih vrhova tiskovnih elemenata. Ulaganje i izlaganje je također brže jer nije potrebno lijepljenje niti stezanje polimerne tiskovne forme.

3. Preekspozicija – ekspozicija se provodi sa stražnje strane tiskovne forme bez negativa, kako bi se učvrstila i formirala dubina reljefa (slika 15.b);
4. Glavna ekspozicija - ekspozicija tiskovne forme UV-A zračenjem pri čemu polimeriziraju osvijetljeni dijelovi polimera (slika 15.c). Nakon ekspozicije TIL-film se uklanja s površine polimera pomoću laminatora nakon čega može biti sačuvan za eventualnu ponovnu upotrebu;
5. Razvijanje – kemijsko i mehaničko (konvencionalno) ili termalno uklanjanje neeksponiranih dijelova tiskovne forme (slike 15. d i e);
6. Sušenje (slika 15.f);
7. UV-A ekspozicija – dodatno eksponiranje radi polimerizacije svih polimera i poboljšanja mehaničkih svojstava tiskovne forme (slika 15.g);
8. UV-C ekspozicija - naknadno eksponiranje tiskovne forme radi smanjenja ljepljivosti površine. Ovim postupkom proces izrade tiskovne forme je završen (slika 15.h).

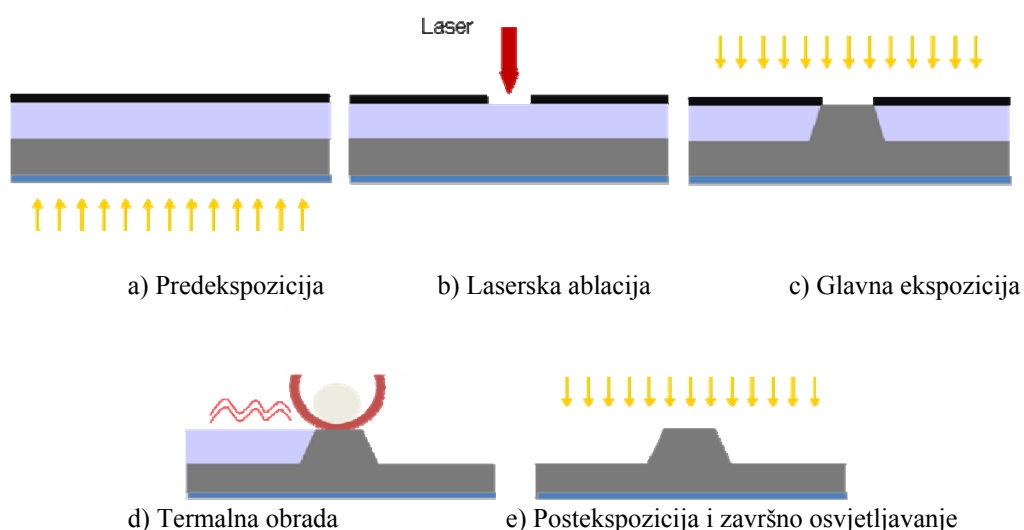
Flexcel NX sustav može generirati rastersku točkicu veličine 10μ te na taj način omogućava realizaciju mnogih složenih dizajnerskih rješenja neizvedivih uporabom ostalih fleksografskih sustava. Fleksografska tehnologija analognih i digitalnih laserskih ablativnih maski može proizvoditi jedino točkice do 30μ . Zbog tiskarskih ograničenja u fleksotisku u mnogo slučajeva upotrebljava se *bump-up* krivulja za postavljanje minimalne otisnute točkice smanjujući pritom broj polja na testnom klinu. Ovakav sustav dopušta osvjetljavanje cijelog raspona tonova (svih polja na testnom klinu) povećavajući rezoluciju na najsvjetlijim i najtamnijim područjima testne skale. Nema potrebe za *bump-up* krivuljama s drastičnim korekcijama prirasta rasterskih elemenata, a rezultat je, kada se promatra krivulja, sličan ofsetu.

Tiskovne forme su dostupne u različitim tvrdoćama i s različitim svojstvima potrebnim za reprodukcije na različite tiskovne podloge, poput različitih vrsta papira, filmova, folija, karton i materijale za naljepnice. Ovakav sustav izrade tiskovnih formi prisutan je najčešće kod integriranih višenamjenskih uređaja koji oslikavaju različite fotoosjetljive materijale formirajući na taj način tiskovne forme. Nazivaju ih i CtX hibridne tehnologije, kod kojih *X* predstavlja varijablu koja označava ofsetnu tiskovnu formu (CtP, *Computer to Plate*) ili sitotiskarsku tiskovnu formu (CtS, *Computer to Screen*), a po nekim drugim tumačenjima i pojam *Xposure* (ekspozicija).

Kodak Flexcel NX hibridne tehnologije omogućavaju uz fleksotiskarske klišeje i izradu digitalnih termalnih ofsetnih tiskovnih formi. Također, omogućavaju izradu mat-filma (predloška) koji se koristi za analogne fleksotiskarske i analogne ofsetne tiskovne forme, sitotiskarske forme te klišeje za slijepi tisak i folio-tisak.

Još je jedna CtP tehnologija izrade fotopolimernih tiskovnih formi dostupna na tržištu. Radi se o postupku izrade tiskovnih formi razvijenom od *DuPont-a*, *Cyrel* koji u potpunosti eliminira otapala i vodene otopine iz postupka obrade tiskovnih formi [37-38].

Tiskovna forma koja se pri ovom postupku koristi je višeslojna LAMS tiskovna forma, a proces obrade, nakon ekspozicije bazira se na termalnoj tehnologiji (slika 16).

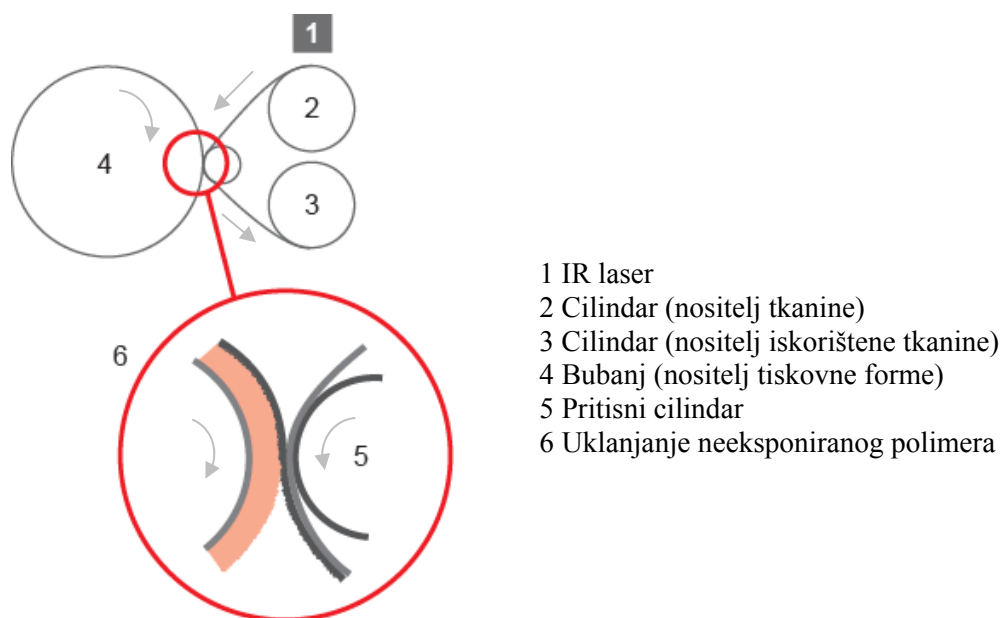


Slika 16. Osvjetljavanje i termalna obrada fotopolimernih tiskovnih formi

Faze izrade i obrade tiskovnih formi ovog tipa su slijedeće:

1. Preekspozicija - fotopolimer je osvjetljavao sa stražnje strane UV-A zračenjem radi formiranja dubine reljefa i opne koja nosi tiskovne elemente. Vrijeme trajanja ove ekspozicije može biti različito, u ovisnosti o željenoj dubini reljefa na tiskovnoj formi (slika 16.a);
2. Ablacija - u slijedećoj fazi prvo se uklanja zaštitni film sloj s LAMS-a, nakon čega slijedi ablacija LAMS sloja laserom i formiranje zrcalne slike motiva za

- reprodukciju u sloju. LAMS im ulogu maske u sljedećoj fazi ekspozicije (slika 16.b);
3. Glavna ekspozicija – provodi se UV-A zračenjem kroz LAMS sloj radi formiranja budućih tiskovnih elemenata u polimeru (slika 16.c);
 4. Termalna obrada sloja – u jedinici za termalno procesuiranje fotopolimer se prvo zagrijava s ciljem omekšavanja (topljenja) neeksponiranih dijelova polimera (slika 16.d);
 5. Uklanjanje neeksponiranog polimera - nakon termalne obrade slijedi mehaničko uklanjanje omekšanog polimera koje se provodi priljubljuvanjem polimera uz cilindar za procesuiranje koji je obložen tkaninom. U ovisnosti o dubini reljefa i debljini tiskovne forme ponavlja se rotacija cilindra s tkaninom da bi se u potpunosti uklonio polimer na mjestima budućih slobodnih površina. Ovaj postupak je iznimno složen jer je zapravo kvaliteta dobivene tiskovne forme u ovisnosti o broju okretaja cilindra (slika 17.). Najčešće se brzina rotacije cilindra ne može mijenjati već je definirana od strane proizvođača tiskovnih formi i uređaja.
 6. Postekspozicija i završno osvjetljavanje – provodi se eksponiranjem tiskovne forme UV-A i UV-C zračenju sa svrhom smanjenja ljepljivosti polimera i povećanja njegove trajnosti (slika 16.e).

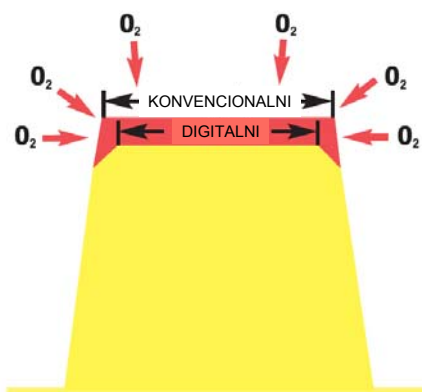


Slika 17. Termalna jedinica

Obzirom da se ovaj postupak izrade tiskovnih formi temelji na termalnoj obradi, koja ne zahtjeva naknadnu kemijsku obradu tiskovnih formi u nekom otapalu, s ekološkog aspekta jedna je od najpovoljnijih tehnologija za izradu fotopolimernih tiskovnih formi. Također, kako je proces kemijskog razvijanja tiskovnih formi jedan od najkritičnijih i najnestabilnijih faza u izradi tiskovnih formi, postupkom termalnog razvijanja omogućena je bolja stabilnost u obradi tiskovnih formi a time i učinjen značajan korak u standardizaciji cjelokupnog procesa izrade tiskovnih formi.

2.4.3. Konvencionalna vs. digitalna fotopolimerna tiskovna forma

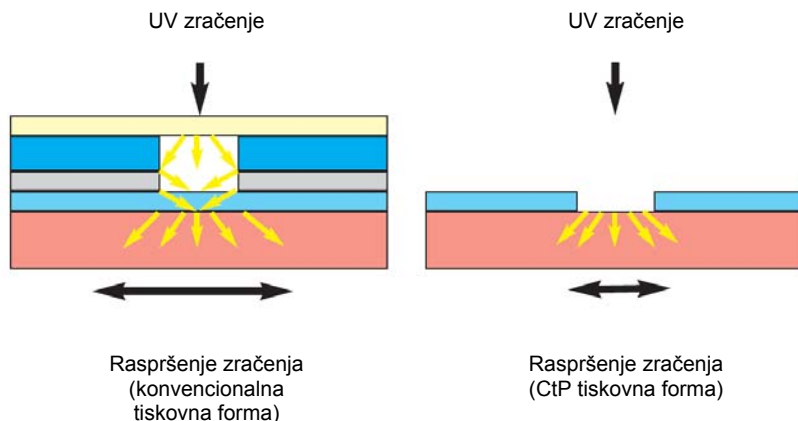
Eliminiranjem filma kao prijenosnog medija u digitalnim postupcima izrade tiskovnih formi povišena je kvaliteta izrade fleksografskih tiskovnih formi. Linije na površini tiskovne forme su oštrije i pravilnijeg oblika, dubina tiskovnih elemenata je definirana, a oblik tiskovnog elementa pravilniji (slika 18.) [39-40].



Slika 18. Prikaz razlike u obliku tiskovnih elemenata dobivenih konvencionalnim i digitalnim postupkom

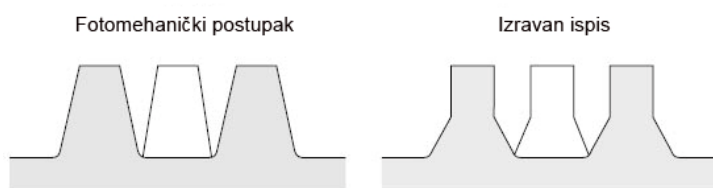
Značajne prednosti za korisnike CtP tiskovnih formi se očituju u mogućnošću primjene šireg spektra reprodukcije tonova i boljim kontrastima na otisnutim motivima. Takve prednosti su posljedica sprječavanja prodora kisika ispod predloška za vrijeme glavne ekspozicije što uzrokuje trodimenzionalno smanjivanje svijetlih tonova i otvaranje tamnih područja sa slike. Drugi razlog je manja refleksija i manje raspršenje zraka svijetla uslijed eliminacije predloška (filma) (slika 19.). Ovdje je potrebno spomenuti da unatoč preciznosti digitalnih tehnologija više značaja je potrebno pridodati konvencionalnim procesima obrade

tiskovne forme. Reprodukција sitnih elemenata i svijetlih tonova se određuje predekspozicijom i vremenom obrade tiskovne forme kao i vremenom sušenja, što se određuje u postupcima predtestiranja i kalibracije uređaja za ispis.



Slika 19. Prikaz raspršenja svijetla kod tiskovnih formi dobivenih konvencionalnim i digitalnim postupkom

Upravo iz tog razloga računalno vođen postupak izrade tiskovnih formi dat će oblik tiskovnih elemenata koji u najmanjoj mogućoj mjeri uzrokuje deformaciju rasterskih elemenata, te po nekoj literaturi daju otiske linijature do 120 l/cm [12]. U skladu s tom tvrdnjom na slici 20. prikazan je oblik tiskovnih elemenata na tiskovnim formama dobivenih laserskim ispisom u odnosu tiskovne elemente dobivene fotomehaničkim postupkom.

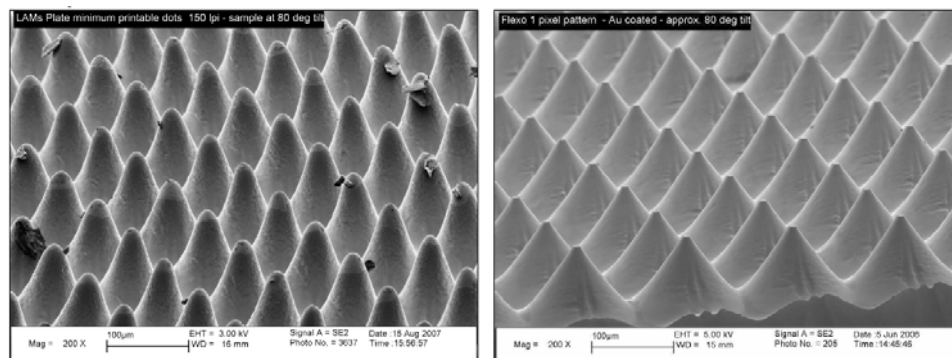


Slika 20. Usporedba tiskovnih elemenata na tiskovnoj formi dobivenoj fotomehaničkim i digitalnim postupkom izrade

Obzirom da se na tržištu pojavljuje nekoliko vrsta CtP uređaja za ispis na fotopolimerne tiskovne forme i nekoliko vrsti postupaka izrade tiskovnih formi, u primjeni se javlja i određen broj različitih tipova fotopolimernih tiskovnih formi koje će, s obzirom na svoja svojstva, u određenoj mjeri biti podložne različitim deformacijama u postupku izrade i

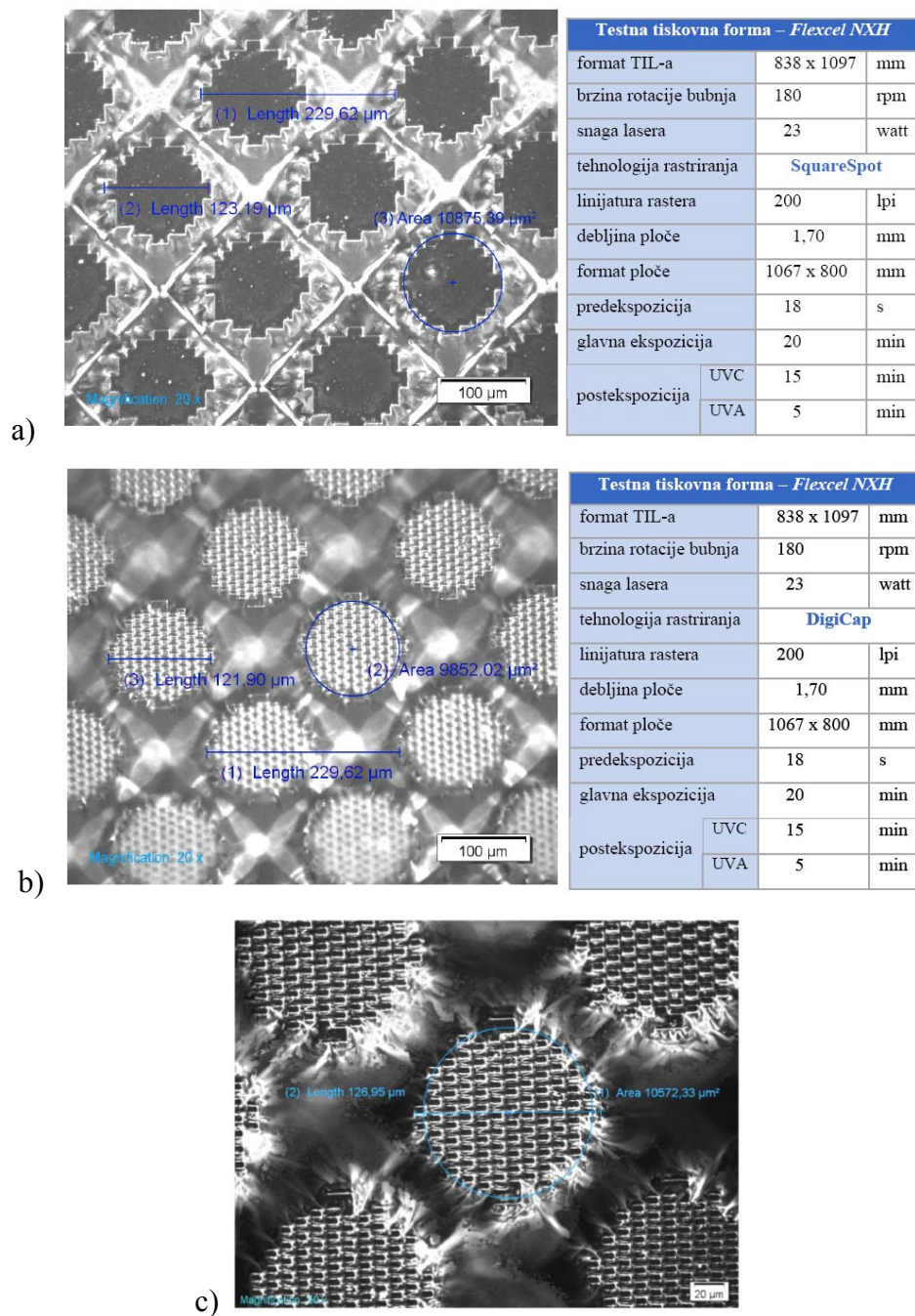
eksploatacije. U svakom slučaju sve su fotopolimerne fleksografske tiskovne forme izuzetno osjetljive na varijacije u pritisku tijekom reprodukcije, što dovodi do različitog prirasta rasterskih elemenata na otiscima [41].

Slika 21. prikazuje oblik tiskovnih elemenata kod CtP tiskovnih formi dobivene različitim postupcima. Radi se o tiskovnoj formi s LAMS-slojem (slika lijevo) i tiskovnoj formi s TIL-filmom. Prema literaturi [42] zaobljeni oblik tiskovnog elementa (u obliku metka) rezultira većim prirastom rasterskog elementa na reprodukcijama uslijed povećanog pritiska u tisku. Međutim, oblik tiskovnog elementa dobiven na digitalnoj tiskovnoj formi s TIL-filmom su ravne na vrhu, tako da prirast elementa najčešće ostaje ujednačen i u slučaju neujednačenog pritiska.



Slika 21. Izgled tiskovnih elemenata na LAMS (lijevo) i TIL (desno) tiskovnoj formi

Pogodnost i bolji prijenos bojila kod tiskovnih formi s TIL-filmom omogućuje specifičan dodatni način rastriranja (*DigiCap*) kojim se po površini polimera formira fina rasterska mikrostruktura. Time se pretpostavlja da je dugovječna „borba“ s jednolikim nanosom bojila završena, a dobivene reprodukcije su većih gustoća obojenja, jednolikih pokrivenosti površina i povećanog opsega boja. Da bi se formirala ta fina mikrostruktura rastriranjem na površini polimera računalno se definira dodatna struktura na površini tiskovnih elemenata veličine 5 do 10 µm (slika 22.) [43].



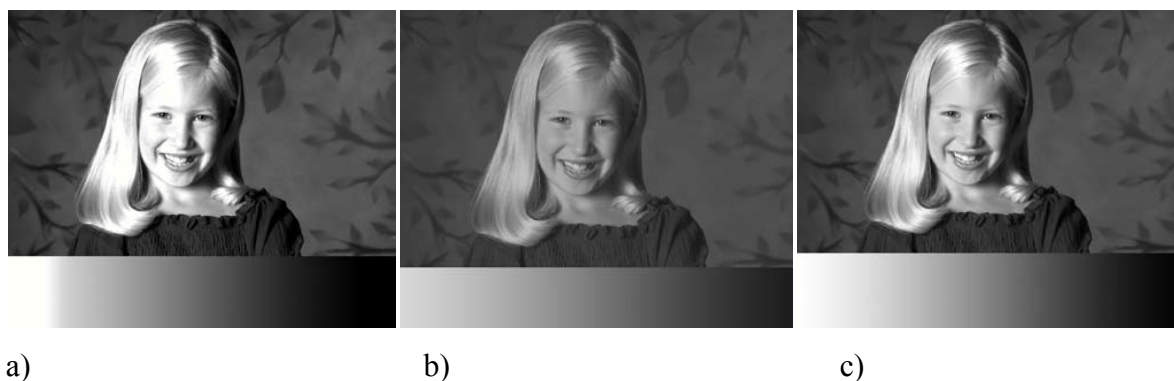
Slika 22. Snimke tiskovne forme bez primijenjenog rastriranja (*DigiCap*) pri povećanju 200x (a); s rastriranjem (*DigiCap*) pri povećanju 200x (b) i s rastriranjem (*DigiCap*) pri povećanju 500x

Primjer fotografije (digitalni dokument, original) s karakterističnim tonskim prijelazom koji će se reproducirati u fleksotisku s tri različite vrste tiskovnih formi: konvencionalnom, digitalnom s LAMS-slojem i digitalnom tiskovnom formom s TIL-filmom (c) prikazan je na slici 23. Slika 24. prikazuje izgled otisnutog originala s navedene tri različite tiskovne forme. Na reproduciranim slikama je vidljivo u kojoj mjeri različiti tipovi tiskovnih formi

utječu na kvalitetu reprodukcije. Na slici reproduciranoj s konvencionalnom tiskovnom formom slabije su reproducirani svijetli i tamni tonovi originala. Slika 24.b reproducirana je s tiskovnom formom s LAMS-slojem gdje je dobivena slika vidljivo manjeg kontrasta, a u najvećoj mjeri je reproduciran opseg tonova, te ja dobivena najkvalitetnija reprodukcija s tiskovnom formom s TIL-filmom (slika 24.c).



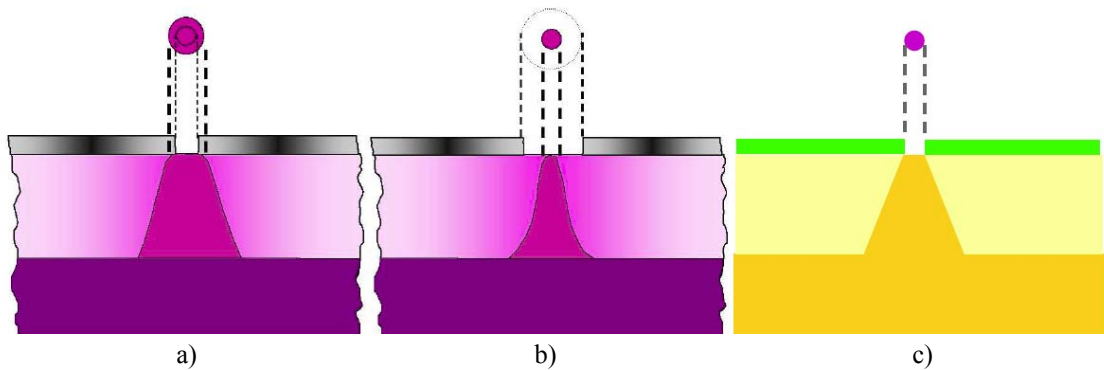
Slika 23. Originalna slika s tonskim prijelazom od 0 do 100% pokrivenosti površine



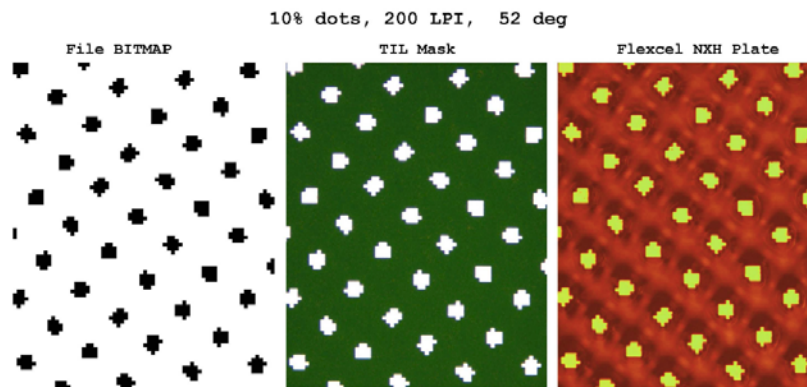
Slika 24. Reproducirana slika s konvencionalnom tiskovnom formom (a), digitalnom s LAMS-slojem (b) i digitalnom tiskovnom formom s TIL-filmom (c).

Reproducirana slika je posljedica različitog načina formiranja zapisa na površini tiskovne forme. Kod konvencionalnog postupka (slika 25.a) uslijed prodora kisika ispod predloška za vrijeme glavne ekspozicije i raspršenja zračenja oblik tiskovnog elementa je veći od oblika definiranog na predlošku. Digitalni postupci omogućavaju veću kontrolu izrade tiskovne forme zbog eliminacije faze izrade predloška, ali npr. oblik tiskovnog elementa kod tiskovne forme s LAMS-slojem definira veličina laserske zrake koja procesom ablacije sloja formira zapis na površini tiskovne forme. Time se pretpostavlja da za dobivanje

tiskovnog elementa od 1% pokrivenosti površine na tiskovnoj formi, LAMS-zapis mora oblikovati „otvor“ u sloju od 4-5% pokrivenosti površine (slika 25.b). Najstabilniji se, prema literaturi [35], pokazao postupak izrade tiskovne forme s TIL-filmom, gdje je za 1% pokrivenosti površine na tiskovnoj formi potrebno osvjetliti TIL-film s istom vrijednošću (slika 25.c). Slika 26. prikazuje izgled digitalnih podataka (BITMAP), izgled istih podataka na TIL-filmu i na tiskovnoj formi.



Slika 25. Primjer prijenosa digitalnog zapisa na konvencionalnu tiskovnu formu (a), digitalnu tiskovnu formu s LAMS-slojem (b) i digitalnu tiskovnu formu s TIL-filmom (c)



Slika 26. Prikaz prijenosa digitalnih podataka od računalno definiranih (BITMAP), na TIL-filmu i na tiskovnoj formi

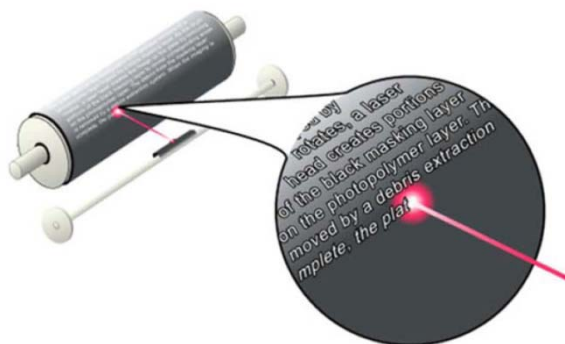
2.5. Ključni parametri kod ispisa na fotopolimerne tiskovne forme

Za izradu i ispis na fotopolimerne tiskovne forme danas se koriste uređaji s različitim optičkom sustavom za ispis i laserima, te uređaji s različitom arhitekturom ispisa.

Postoje tri različita postupka kojima se izravno iz računala izrađuju tiskovne forme:

- *Laserski ispis pomoću LAMS/TIL filma;*
- *Lasersko graviranje/ablacija;*
- *Izravno oslikavanje UV zračenjem.*

Laserski ispis pomoću LAMS/TIL filma - prvi CtP uređaji za ispis na fotopolimerne tiskovne forme su predstavljeni na *DRUPA-i 95*. Uređaji su sadržavali jedinicu za ispis s vanjskim bubnjem i optički sustav s laserom [44-45]. Korištene su višeslojne CtP tiskovne forme s tzv. LAMS slojem, koji u ovakvom postupku, ima ulogu grafičkog predloška i Nd:YAG laser (1064 nm) za ispis (slika 27.). Danas se ovaj postupak izrade tiskovnih formi koristi za izradu visoko kvalitetnih tiskovnih formi i reprodukcija [46-47].



Slika 27. Obrada LAMS sloja

Postupak laserskog graviranja gumenih klišeja je postupak ispisa kod kojeg se laserski uklanja dio materijala na mjestima slobodnih površina pri čemu se stvara gotov reljef potreban za reprodukcijски proces (slika 28.). Višak materijala se uklanja sustavom za usisavanje i time ne zahtjeva dodatne faze obrade poput ispiranja i razvijanja fleksografskih ploča. Većina sustava za izravno lasersko graviranje koristi CO₂ lasere velike snage (2,5 kW), a materijali koji se koriste za lasersko graviranje su razne vrste gume i u posljednje vrijeme različite vrste polimera i fotopolimera.



Slika 28. Izravno lasersko graviranje CtP tiskovne forme

Ekonomičnost i ušteda u ovom postupku prije svega ovise o uređaju za ispis o kojem dodatno ovise produktivnost i kvaliteta tiskovnih formi. Ovakav postupak izrade tiskovne forme još uvijek je u fazi ispitivanja. Danas je ovim postupkom moguće postići linijature rastera do 48 lcm^{-1} (122 lpi). Visina kvalitete i učinkovitost temelji se na činjenici da se ovim postupkom sve faze izrade tiskovne forme svedu na samo jednu fazu. Prilikom izrade tiskovne forme dolazi do selektivnog zaokruživanja vrhova rasterskih elemenata što omogućuje jednostavniju izradu tonških prijelaza.

Unatoč tome, reprodukcija tonova je u određenoj mjeri ograničena jer ovisi o:

- ograničenoj rezoluciji;
- najmanjoj veličini tiskovnih elemenata;
- upotrijebljenog uređaja za graviranje.

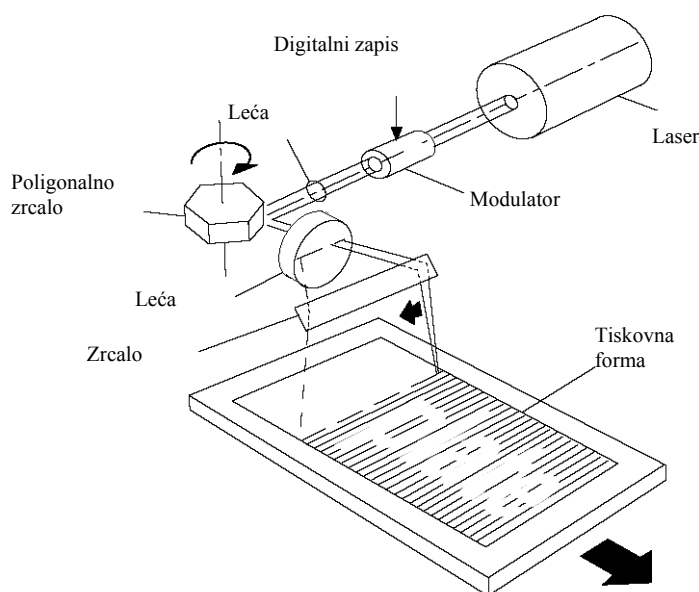
Jedan od glavnih nedostataka laserskog graviranja, povezan je sa činjenicom da u ovom postupku materijal ploče treba u velikoj brzini obraditi i na njoj formirati zapis, a u tisku taj isti materijal mora pokazivati izuzetnu čvrstoću i otpornost. S toga su materijali koji mogu zadovoljiti ovakve uvjete izuzetno složeni. Ispitivanjima je utvrđeno da fleksografske tiskovne forme proizvedene izravnim graviranjem imaju nisku otpornost na međudjelovanja u reprodukcijском procesu, tako da su mogućnosti primjene ovog postupka izrade tiskovnih formi još uvijek u razmatranju, a koristi se uglavnom samo za izradu tiskovnih formi na bazi gumenih materijala.

Izravno oslikavanje fotopolimernih tiskovnih formi UV zračenjem – postupak koji zahtjeva korištenje UV lasera visoke snage, a pogodan je za izradu tiskovnih formi koje se mogu koristiti u novinskoj reprodukciji.

2.5.1. Geometrija uređaja za ispis

Digitalni radni tokovi za izradu fotopolimernih tiskovnih formi mogu sadržavati različite jedinice za ispis (*platesetter*) koje se međusobno razlikuju po geometriji ispisa na tiskovne forme. Jedna geometrija uređaja za ispis podrazumijeva da je tiskovna forma za vrijeme ispisivanja plošno postavljena (*flat-bed*), a druga geometrija omogućava ispis na tiskovnu formu koja je navučena na bubanj (*external drum*) [19,48]. Tiskovne forme mogu biti oslikavane i u sustavu s tzv. rukavcem (*sleeve technology*).

CtP uređaji s plošnim principom ispisa imaju najjednostavniji princip generiranja slike. Tiskovna forma je položena horizontalno na podlogu (slika 29.) [49-50]. Kod najčešće primjenjivanog principa, laserska zraka se zakreće liniju po liniju nasuprot tiskovne forme sa rotirajućim poligon zrcalom (sadrži optiku za ispis/oslikavanje).

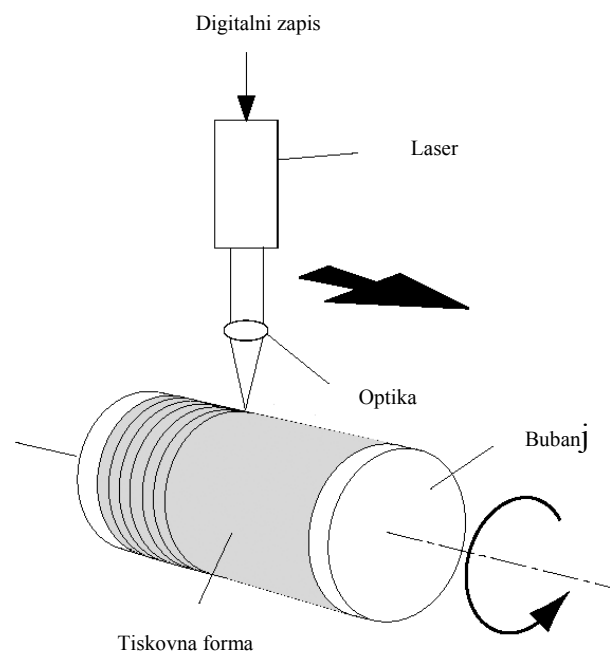


Slika 29. CtP uređaj s plošnom geometrijom ispisa

Prilikom ispisa žarišna duljina se konstantno mijenja u ovisnosti o promjeni udaljenosti zrcala i površine tiskovne forme. Kao posljedica tih promjena je stvaranje tiskovnih elemenata na rubovima tiskovne forme koji su oblikom različiti od onih u središtu (nisu ujednačeno oštri). Takve optičke promjene ovise o veličini i formatu tiskovne forme, te su takvi sustavi CtP-a pogodniji za reprodukcije na manjim formatima, te kod manjih zahtjeva

u kvaliteti reprodukcija. Danas već postoje rješenja koja nadoknađuju navedene deformacije tiskovnih elemenata na tiskovnim formama, ali se još ne koriste u serijskoj proizvodnji budući da zahtijevaju velika ulaganja i troškove. Usprkos tome, razvoj tehnologije raste i u tom smjeru.

Kod uređaja za ispis s vanjskim bubnjem tiskovna forma se nalazi s vanjske strane bubnja (slika 30.). Jedinica za ispis s laserskom glavom usmjerava jednu ili više laserskih zraka na površinu tiskovne forme.



Slika 30. CtP uređaj za ispis s geometrijom vanjskog bubnja za ispis

Prilikom ispisa bubanj se s tiskovnom formom rotira u smjeru osi *Y-fast scan axis*, a jedinica za ispis se kreće uzduž osi u smjeru osi *X-slow scan axis*. Osnovna prednost ovakvog sustava je mogućnost jednostavnog usmjeravanja nekolicine laserskih zraka na površinu tiskovne forme. Jedno od starijih rješenja za postavljanje tiskovne forme na bubanj je pomoću samoljepljive trake koji se radio manualno. S obzirom na način postavljanja česta je bila mogućnost određenih odstupanja u ispisu. Kasnije su predstavljena druga rješenja pomoću tzv. stezača koja se također vrše manualno i zahtijevaju dosta vremena za

podešavanje. Nova rješenja nude automatsko postavljanje tiskovnih formi pomoću mehanizma koja omogućavaju veću stabilnost tiskovnih formi pri ispisu [51].

„*Sleeve*“ je tanki metalni ili plastični rukavac koji je oslojen materijalom na kojem će biti CtP postupkom generirana tiskovna forma. Ako je tiskovna forma izrađena u obliku rukavca, znači da ima cilindrični oblik i može se navući na temeljni cilindar .

Takva tehnologija se primjenjuje na gumenim tiskovnim formama i elastomerima. Lasersko graviranje gumenih rukavaca koji se koriste za reprodukciju beskonačnih obrazaca primjenjivano je od 70-tih godina dvadesetog stoljeća. Sa razvojem digitalne tehnologije ispisa CtP uređaji su postali dostupni široj upotrebi krajem 80-tih godina. Rijetko se koriste jer mogu reproducirati linijaturu od 40 lincm^{-1} , za razliku od fotopolimernih tiskovnih formi s linijaturom od 60 lincm^{-1} .

Postoje dva načina izrade tiskovne forme sa „*sleeve*“ postupkom (slika 31.):

- rukavac koji se prekrije s fotoosjetljivim materijalom ima rub (šav);
- tvornički pripremljeni rukavac koji ni nakon generiranja tiskovne forme nema rub (tzv. neobrubljen).



Slika 31. Rukavac sa rubom i rukavac bez ruba

Ovakav postupak izrade tiskovnih formi ima nekoliko prednosti u odnosu na ostale CtP postupke. Najznačajnija je činjenica da se tiskovna forme ne deformira kod postavljanja na temeljni cilindar tiskarskog stroja, već se oslikava u uređaju za ispis koji je istog promjera kao i temeljni cilindar te se zapis na tiskovnu formu generira u obliku rukavca. Time se lakše postiže registar u tisku, manji je prirast rasterskog elementa, a i veća je ušteda vremena zbog bržeg postavljanja i demontiranja tiskovne forme.

2.5.2. Optički sustav uređaja za ispis

Optički sustavi koji se koriste u CtP uređajima mogu biti različitih konstrukcija i laseri koji za oslikavanje tiskovnih formi mogu biti različitih valnih duljina. Izlazna snaga lasera prelazi vrijednost od 1W, ovisno o tipu tiskovne forme i konstrukcije uređaja za ispis. Vrijeme ispisa rasterskog elementa je jedna milisekunda i u tom vremenu bi laserska zraka trebala postići željeni efekt.

Najčešće se koriste slijedeći laseri za ispis:

- Nd:YAG laser $\lambda=1064$ nm;
- Laser $\lambda=830$ nm;
- Laser $\lambda=1110$ nm.

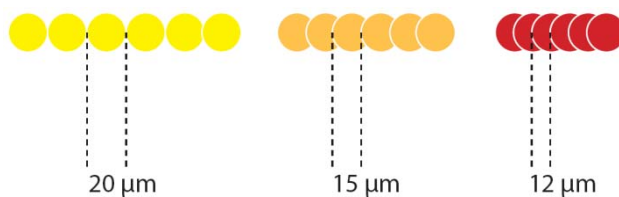
Moduliranje i vođenje laserske zrake u toku ispisa izuzetno je važno za kvalitetu ispisa, a može biti provedeno na tri različita načina. U prvom slučaju laser je sastavni dio optičke glave i kreće se kod oslikavanja po površini tiskovne forme. Takav koncept se, na primjer, koristi kod laserskih dioda. Laseri jačih snaga kod ovakvog načina ispisa zahtijevaju niz tehničkih prilagodbi, tako da se kod primjene CO₂ i nekih vrsta YAG lasera koristi sustav usmjeravanja laserske zrake pomoću optičkog sustava leća i ogledala. Zbog velikog "optičkog otklona" koji se na ovaj način stvara, jedinice ovog tipa su osjetljive na vibracije te je potrebno dodatno učvršćivanje uređaja. Nedostatak ovog načina vođenja laserske zrake također je i brzo prljanje dodatnih optičkih dijelova jedinice za ispis. Optička vlakna predstavljaju najfleksibilniji oblik vođenja laserske zrake te se kod sustava s takvim principom ne pojavljuje niti jedan od navedenih problema.

Na kvalitetu tiskovne forme i utjecat će brzina okretaja lasera, dubina fokusa, te struktura i mogućnost apsorpcije fotoosjetljivog sloja. Obzirom da laser vrši ispis na temelju digitalnog podatka veza računalo-jedinica za ispis mora biti adekvatna za korektan ispis na tiskovnu formu. U skladu sa zahtjevima reprodukcije digitalni sustavi za ispis mogu biti različiti, kao i debljina, dimenzija te mehanička i funkcionalna svojstva tiskovnih formi. Ostali parametri koji su jednako značajni za funkcionalnost i kvalitetu izrade tiskovnih formi su snaga lasera za ispis, spektralna osjetljivost CtP tiskovnih formi i njihova građa, te razvijanje tiskovnih formi i/ili potrebna obrada nakon ispisa.

2.5.3. Značajke lasera za ispis

Rezolucija ispisivanja i dubina fokusa kod ispisa na polimernu tiskovnu formu značajke su lasera i optičkog sustava koje ovise o valnoj duljini lasera i kvaliteti laserske zrake [45]. Rezolucija uređaja za ispis je određena veličinom snopa laserske zrake (promjera). Ako je graničnik fokusirane zrake na fotopolimeru manji to je veća rezolucija ispisivanja i obrnuto. Rastriranje je postupak kojim se različiti tonovi simuliraju rasterskim elementima. 256 gradacija rasterskih elemenata najčešće se koristi za cijeli spektar tonova, od najsvjetlijih do najtamnijih tonova. Kod ispisa na tiskovne forme tonovi su simulirani formiranjem svakog rasterskog/tiskovnog elementa od $16 \times 16 = 256$ pojedinačnih laserskih zraka. Na primjer, rasterska ćelija, rastera linijature 30 l/cm ima rub dužine 333 μm . Matrica 16×16 zahtjeva minimalnu veličinu laserske zrake od $333/20 = 20\mu\text{m}$. Raster linijature 54 l/cm zahtjeva lasersku zraku minimalne veličine od 12 μm .

Proizvođači uređaja za ispis često u tehničkim specifikacijama navode samo rezoluciju ispisivanja a ne veličinu laserske zrake, tako da veličini laserske zrake od 20 μm odgovara rezolucija ispisivanja od 500 lincm^{-1} ili 1270 dpi, a laserskoj zraci od 12 μm odgovara rezolucija ispisivanja od 833 lincm^{-1} ili 2117 dpi. Kod uređaja gdje se koristi preklapanje laserskih zraka postiže se veća rezolucija ispisa sa istom laserskom zrakom i jedan je od načina dobivanja optimalne rezolucije ispisa koja je bolja od same laserske rezolucije (slika 32.). Ovaj se postupak danas često koristi kod uređaja za ispis.



Slika 32. Poboljšanje rezolucije ispisa preklapanjem laserskih zraka

Na temelju slijedeće jednadžbe izračunava se veličina laserske zrake:

$$r_{foc} = \frac{f * \lambda * M^2}{r * \pi} \quad (1)$$

Gdje je:

r_{foc} – promjer laserske zrake;

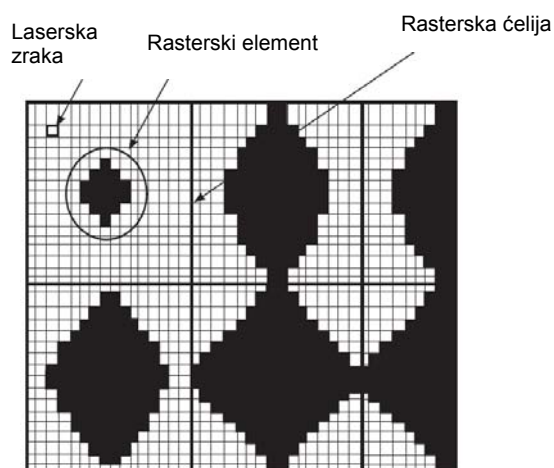
f – žarišna duljina;

λ – valna duljina;

M – kvaliteta zrake;

r – promjer leće.

Jednadžba pokazuje da je promjer laserske zrake r_{foc} izravno proporcionalan žarišnoj duljini f , valnoj duljini lasera i koeficijentu kvalitete laserske zrake M i obrnuto proporcionalna promjeru leće r . U drugom identičnom slučaju, manja valna duljina i manji radijus laserske zrake rezultirao bi većom rezolucijom ispisa. Iz navedenog proizlazi da CO₂ laseri imaju ograničenu rezoluciju u odnosu na druge lasere jer je njihova valna duljina deset puta veća. Rezolucija je veća ako je koeficijent kvalitete zrake bliži idealnom laseru $M^2 = 1$ (slika 33.).



Slika 33. Veličina laserske zrake određuje rezoluciju uređaja za ispis

Dubina fokusa laserske zrake definirana je kao opseg veličina ispred i iza fokusne ravnine u kojem laserska zraka radi optimalno ispisivanje. Prihvatljiv opseg dubine fokusa laserske zrake je odstupanje u kojem promjer laserske zrake odstupa 10% od promjera u žarišnoj duljini. Ovu veličinu definira sam proizvođač tako da ona nije ista za sve uređaje. Dubina fokusa u LAMS tehnologiji određena je tolerancijama tiskovne podloge i bubnja za ispisivanje, nepravilnostima na površini tiskovne podloge (prisutnost čestica prašine i mjehurića zraka). Ukupna proizvodna tolerancija iznosi oko 40 μm , a ukoliko je žarišna duljina ispod ove vrijednosti crni LAMS sloj digitalne fleksografske tiskovne forme ne

može biti pravilno uklonjen. Kod postupka izravnog graviranja elastomera žarišna duljina mora biti unutar vrijednosti dubine reljefa od 0,5 do 2,5 mm, jer u suprotnom će biti nemoguće definirati profil tiskovnog elementa.

Na temelju sljedeće jednadžbe izračunava se žarišna duljina:

$$Z_R = \frac{r_{foc}^2 * \pi}{2\lambda * M^2} \quad (2)$$

Gdje je:

Z_R – žarišna duljina;

r_{foc} – rezolucija;

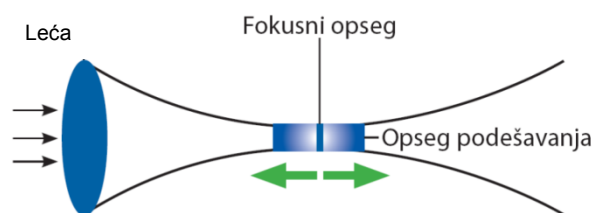
λ – valna duljina;

M^2 – kvaliteta laserske zrake.

Žarišna duljina Z je proporcionalna kvadratu veličine laserske zrake r i obrnuto proporcionalna valnoj duljini i koeficijentu kvalitete zrake M^2 . Iz ove jednadžbe proizlazi da ako je valna duljina lasera manja veća je žarišna duljina i da je žarišna duljina bolja ako je koeficijent kvalitete laserske zrake približno jednak koeficijentu kvalitete zrake idealnog lasera $M^2=1$.

Kao što je vidljivo, glavne značajke lasera u uređajima za ispis su valna duljina i kvaliteta laserske zrake, koje su prema prikazanom proporcionalne rezoluciji i žarišnoj duljini. Obje varijable utječu na kvalitetu tiskovnih formi i ključne su kod izbora sustava za ispis na tiskovne forme.

Uređaji za ispis, kojima nije podešen fokus, vršit će oslikavanje tiskovnih formi na način da će formirana slika (zapis) biti niže razine kvalitete [11]. Jedan od načina podešavanja optimalnog fokusa je princip auto-fokusa. Time se kompenzira čest nedostatak kod laserskog ispisa a to je odstupanje u dubini fokusa (slika 34.).

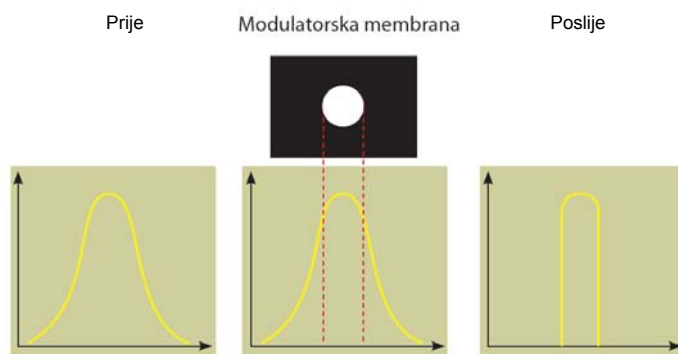


Slika 34. Primjena auto-fokusa radi kompenzacije gubitaka u dubini fokusa

Produktivnost lasera je od izuzetnog značaja kada se radi o postupku izrade tiskovnih formi laserskim graviranjem. Vrijeme ispisa i graviranja ovisi o dva faktora: efektivnoj snazi lasera i osjetljivosti materijala tiskovne forme.

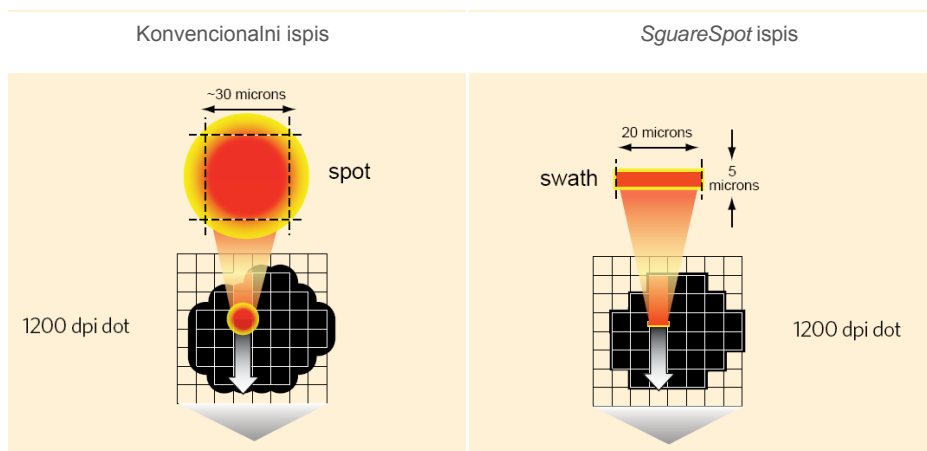
Odlučujući faktor produktivnosti lasera je snaga koja se izravno primjenjuje na materijal tiskovne forme. Osjetljivost materijala tiskovne forme se pri definiranju osjetljivosti LAMS sloja definira u Jcm^{-2} (što je ekvivalentno sa $Wscm^{-2}$). Za razliku od LAMS tiskovnih formi, kod sustava s izravnim graviranjem koristi se pristup “varijabilne dubine” stoga se osjetljivost materijala definira kao jedinica energije po količini materijala. Prema nekim proračunima [45], energija lasera potrebna za graviranje materijala je i do 30 puta veća od energije potrebne za oslikavanje LAMS-sloja. Energija je zapravo produkt snage i vremena, te se kod prijelaza s LAMS-a na izravno graviranje uz istu potrebnu snagu može očekivati znatno dulje vrijeme izrade tiskovne forme. Ukoliko se značajno poveća snaga lasera, skraćuje se vrijeme potrebno za ispis.

Obzirom da postoje različiti sustavi za ispis, te svaki od njih ima određene prednosti i nedostatke, proizvođači često koriste različite modele poboljšanja kvalitete ispisa. Tako se, na primjer, često kod sustava za ispis, radi poboljšanja kvalitete laserske zrake, koristi modulatorska membrana (slika 35.) [52].



Slika 35. Modulatorska membrana - upotrebljava se za poboljšanje kvalitete ispisa

Membrana će osigurati korištenje samo onog dijela laserske zrake koji omogućava postizanje ispisa visoke kvalitete. Postupak ima određena ograničenja, naročito u primjeni jakih lasera, u vidu visoke cijene i dodatnih potrebnih hlađenja sustava. Laseri tipa YAG i CO₂ imaju izlazne snage do 60W a za ispis se koristi samo snaga od 15W jer se ostatak energije gubi zbog rasipanja zračenja. *Square Spot* tehnologija tvrtke Kodak koristi ovaj postupak radi poboljšanja kvalitete zraka laserskih dioda (slika 36.) [53].



Slika 36. Prikaz izgleda laserske zrake kod konvencionalnog i *SquareSpot* ispisa

2.5.4. Vrste lasera za ispis na fotopolimerne tiskovne forme

Lasери se u izradi fotopolimernih tiskovnih formi koriste već godinama. Izravno graviranje gumenih klišeja se koristi u grafičkoj industriji još od 1980-tih godina. U izradi fotopolimernih tiskovnih formi se koriste od 1995. godine. Razvoj novih tehnologija ukazuje i na proširenje ovog područja na izravno graviranje elastomera. Danas se najčešće koriste CO₂ laseri, laserske diode, Nd:YAG i optički laseri [45].

CO₂ laseri koriste mješavine plinova. Aktivni medij je CO₂ sa dodatkom helija kako bi gubitci topline bili minimalni. U smjesu plinova se dodaje i dušik tako da se energija potrebna za pumpanje dobiva pražnjenjem plinova. Kod CO₂ lasera sa poprečnim i uzdužnim protokom plina, dovođenje novog plina se vrši kontinuirano. CO₂ laseri koji se danas koriste kreću se u rasponu snaga od nekoliko W do nekoliko kW. Budući da im je efikasnost samo 10%, laseri većih snaga zahtijevaju intenzivno hlađenje.

Valna duljina CO₂ lasera je 10600 nm i deset puta je veća od valne duljine ostalih lasera koji se primjenjuju u grafičkoj industriji. Posljedično, rezolucija i dubina fokusa koju je moguće ostvariti je relativno niska. Kvaliteta laserske zrake kod CO₂ lasera je visoka s koeficijentom kvalitete $M^2=1$. Rezolucija je veoma ograničena, približno 30 μm uz primjenu tehnologije modulatorske membrane. Dubina fokusa je također veoma ograničena.

Područja primjene CO₂ lasera uključuju obradu materijala (sječenje i zavarivanje) i direktno graviranje gumenih tiskovnih formi. Zbog visoke valne duljine lasera nedostaci u rezoluciji i dubini fokusa ograničavaju upotrebu ove vrste lasera i njihovu primjenu u graviranju finih detalja.

Laserske diode (laseri poluvodiči) imaju jednostavnu konstrukciju. Pumpanje se izvodi izravnim protokom električne struje kroz diode. Laserski efekt se zasniva na rekombinaciji elektrona i "rupa" u *p-n* spoju koji se primjenjuje za stvaranje laserske svjetlosti i njeno pojačavanje. Kako bi se povećala snaga vrši se grupiranje većeg broja laserskih dioda u nizove. Zbog kompaktnosti same izvedbe laserske diode se koriste i kao pumpni izvori u drugim laserskim tehnologijama. Snaga pojedinačnih laserskih dioda je u opsegu do

nekoliko mW, dok snaga niza laserskih dioda iznosi do 1kW. Pri efikasnosti od 50%, hlađenje i/ili utrošak energije za male i srednje nivoe snage je nizak, dok je za veće nivoe snage potrebno značajnije hlađenje vodom. Valna duljina lasera obuhvaća opseg od 800 do 1000 nm.

Intenzitet distribucije zračenja laserske zrake nije radijalno simetričan. Kvaliteta laserske zrake je srednje vrijednosti, $M^2 \sim 15$ što ukazuje na činjenicu da je fokusiranje zrake veoma slabo, ali se može popraviti primjenom membranske tehnologije (*Square Spot* tehnologija). Dubina fokusa je ograničena na 30 μm , uz poboljšanje pomoću auto-fokus opreme. Zbog svoje kompaktne izvedbe laserske diode su jednostavne za korištenje i mogu se izravno ugraditi u lasersku glavu za ispisivanje. Kontrola je jednostavna. Laserske diode se pumpaju i podešavaju pomoću električne energije. Jedna od pogodnosti je i to što laserske diode ne zahtijevaju posebno održavanje. Nedostatak im je činjenica da osiguravaju nisku kvalitetu zrake koja se očituje u maloj dubini fokusa. Zbog toga nisu pogodne za direktno graviranje.

Nd:YAG laser je u velikoj mjeri zastupljen u grafičkoj industriji. Izrađen je od itrij - aluminijske granatne šipke promjera 10 mm i dužine 150 mm u kojoj se nalazi neodimij kao aktivni medij. Lampe ili laserske diode se koriste kao pumpni izvori. Dostupni YAG laseri mogu imati snagu od 1W do nekoliko kW. U zavisnosti od pumpnog izvora efikasnost je od 3% (za lampe) do 10% (za diode). Potrebe za energijom/ hlađenjem su značajne, npr. da bi se postigla izlazna snaga lasera od 100 W, potrebno je u slučaju lampe kao pumpnog izvora dovesti oko 3 kW električne energije. Nastala toplinska energija se zatim mora odvesti pomoću vodenog hlađenja. Valna duljina od 1060 nm omogućuje dobru rezoluciju ispisa. Kvaliteta zrake je srednje vrijednosti $M^2 \sim 5$. Rezolucija je dobra, oko 20 μm , a pomoću modulatorske membrane može se povećati još za 5 μm . Dubina fokusa je ograničena na 60 μm .

Prikladnost i upotreba YAG lasera je značajno porasla zadnjih godina. Posebnu prednost u održavanju i većoj efikasnosti imaju laseri sa diodskim pumpnim izvorom u odnosu na lampe kao pumpne izvore. Izravno vođenje zrake, kao i vođenje pomoću optičkih vlakana, dodatno poboljšava stabilnost lasera. YAG laser se često koristi u izradi fotopolimernih tiskovnih formi a može biti pogodan i za direktno graviranje.

Tehnologija optičkog lasera je relativno novijeg karaktera. Ova vrsta lasera na bazi krutine je pretežno korištena u području komunikacijskih tehnologija. Optički laseri nude niz prednosti u odnosu na konvencionalne plinske, čvrste i lasere poluvodiče.

Optički laser se sastoji od pumpnog izvora i optičkog vlakna u kojem se nalazi aktivni medij. Optičko vlakno služi kao rezonator i transportni medij. Svjetlost iz pumpnog izvora dovodi se u optičko vlakno. Kao pumpni izvor mogu se koristiti laserske diode valne duljine primjerice 915 nm. Kao što je već navedeno, laserske diode imaju srednju kvalitetu zrake. Ipak, optički laser daje izlaznu lasersku svjetlost izvanredne kvalitete sa valnim duljinama od oko 1110 nm. Većina optičkih vlakana vrši smještanje pumpne jezgre u koju se dovodi svjetlost iz vanjskog pumpnog izvora. Jezgra optičkog vlakna, debljine samo nekoliko μm predstavlja aktivni dio lasera - lasersku jezgru. Laserska jezgra koja djeluje i kao rezonator ispunjena je sa jednim od laserski aktivnih elemenata, npr. iterbijumom. Laserska zraka se, iz vanjskog pumpnog izvora, dovodi su pumpnu jezgru vlakna. Zbog totalne refleksije koja se događa između pumpne jezgre/staklenog omotača i pumpne jezgre/omotača laserske jezgre, svjetlost se (pri prolasku kroz optičko vlakno dužine 40 m) unutar jezgre skuplja u snopove. Svjetlost iz pumpnog izvora pobuđuje aktivni materijal unutar laserske jezgre, što dovodi do nastanka laserskog efekta. Kao rezultat ovog procesa na izlazu iz optičkog vlakna dobiva se laserska svjetlost visoke kvalitete, valne duljine 1110 nm. Snage optičkih lasera kreću se od 1 W do 100 W. Pri efikasnosti od 50%, nije potrebno hlađenje i energetske potrebe su, kao i kod laserskih dioda, niske. Valna duljina svjetlosti od 1110 nm ima slične apsorpcijske karakteristike kao YAG laseri. Kvaliteta zrake optičkog lasera je $M^2 \sim 1$, što je gotovo idealno.

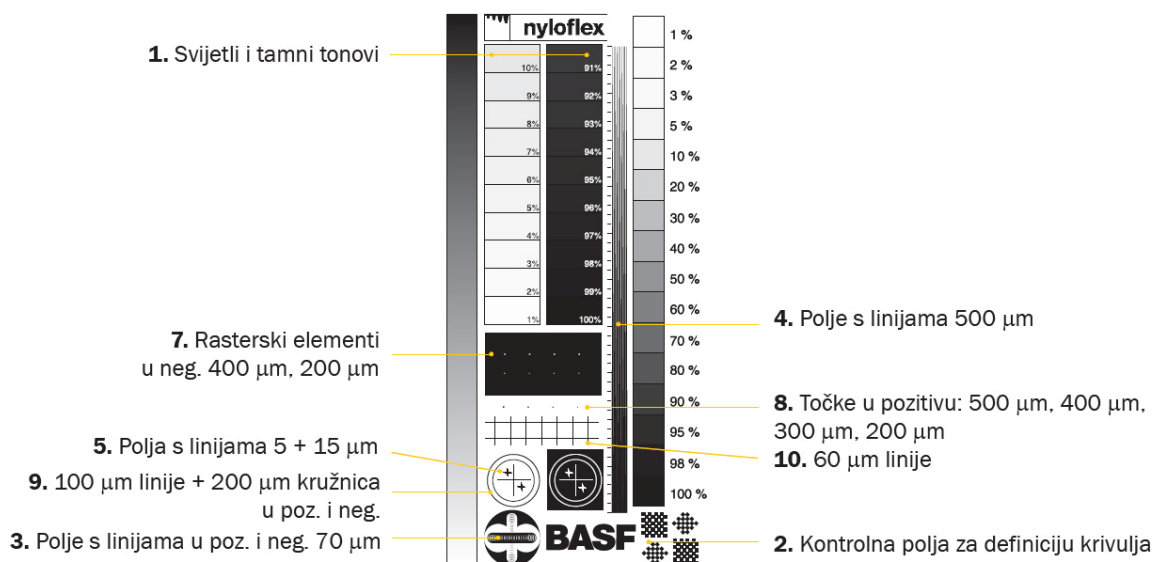
Moguće je ostvariti rezolucije veće od 20 μm , a ukoliko se koristi postupak preklapanja laserskih zraka moguće su rezolucije do 5 μm . Dubina fokusa je vrlo visoka - preko 300 μm . Optički laser je sam po sebi jednostavan za primjenu, što je omogućeno kompaktnom konstrukcijom, izravnim vođenjem zrake kroz optičko vlakno, lakoćom održavanja i zračnim hlađenjem.

Optički laser ima mnogo izvanrednih svojstava, uključujući kompaktan dizajn, visoku iskoristivost, visoku kvalitetu zrake i lakoću održavanja. Ove karakteristike omogućuju upotrebu optičkog lasera u izravnom graviranju klišeja.

2.5.5. Kalibracija uređaja za ispis

Da bi se provela kalibracija uređaja i sustava za izradu tiskovnih formi koriste se računalno generirani testni klinovi koji sadrže niz polja s karakterističnim elementima (točke, linije, kružnice i slično) radi praćenja razine kvalitete ispisa na tiskovne forme. Najčešće sadrže i tekst u pozitivu i negativu radi definiranja najmanje veličine slovnih znakova koji se mogu reproducirati. Kod digitalnih postupaka izrade tiskovnih formi, točnije kod tiskovnih formi s maskom, takvi kontrolni klinovi omogućavaju praćenje kvalitete ispisa na LAMS sloju.

Primjer računalno generiranog kontrolnog klina tvrtke BASF Drucksysteme GmbH prikazan je na slici 37.



Slika 37. Kontrolni klin tvrtke BASF Drucksysteme GmbH

Klin sadrži niz potrebnih elemenata i kontrolna polja za praćenje kvalitete postupka izrade tiskovnih formi:

1. Svijetli i tamni tonovi – ukazuju na točnost reproduciranja svijetlih i tamnijih detalja slike;
2. Kontrolna polja za definiciju linija – tok linije i križanje linija mora biti ispravno, bez dodatnih poveznica i nestanka dijela linija;
3. Polje s linijama u pozitivu i negativu od 10 µm omogućava definiranje ispravnosti ispisa LAMS sloja.

4. Polje s linijama od 500 μm stožastog oblika u pozitivu i negativu omogućavaju provjeru rezolucije uređaja za ispis. Koliko je prijelaz iz pozitivu u negativ blaži u LAMS sloju, rezolucija ispisa je finija. Jedna crta razdvajanja skale odgovara teorijskom linearnom rastu od 10 μm .
5. Polje s linijama od 5 i 15 μm koje kod rezolucije ispisa od 2540 dpi pokazuje promjer fokusa. Ako dvije linije susjednih križeva imaju istu debljinu, ispis je vršen s fokusom promjera 20 μm . U slučaju razlike ispis je vršen s promjerom od 10 μm .
6. Prva vidljiva tonska vrijednost – svijetli tonovi, koja je vidljiva na gotovoj tiskovnoj formi, definirana je računalno u RIP-u, a tamni tonovi moraju biti prepoznatljivi i do 99% pokrivenosti površine.
7. Rasterski elementi veličine 400 i 200 μm u negativu moraju biti jasno vidljivi na gotovoj tiskovnoj formi. Ako se kontrola tiskovnih formi mjeri s mikroskopom, 400 μm točka mora imati najmanje dubinu od 100 μm .
8. Rasterske točke u pozitivu promjera 500, 400, 300, 200 μm moraju se jasno vidjeti na gotovoj tiskovnoj formi.
9. Polje s linijama i kružnicama u pozitivu i negativu – linija debljine 100 μm u pozitivu mora biti ravna i ispravna (bez valova) na gotovoj tiskovnoj formi, a ista se linija u negativu mora jasno vidjeti.
10. Polje s mrežom linija debljine 60 μm moraju biti jasno vidljive i ravne na gotovoj tiskovnoj formi.

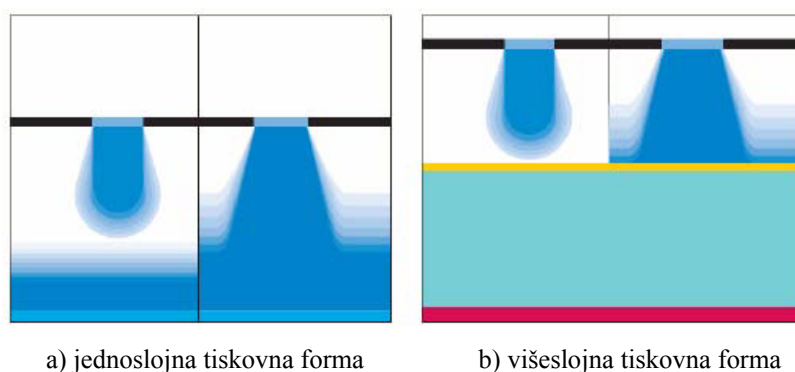
Optimalni ispis laserom daje čiste i oštre oblike u LAMS sloju. Transmisijski denzitometar bi trebao na površini polimera s koje je uklonjen LAMS sloj prikazivati optičku gustoću od najviše $D = 0.10$, s time da denzitometar mora biti kalibriran na polimernoj tiskovnoj formi. Osim optičke gustoće, LAMS-sloj bi trebao biti homogen, jednolike debljine, dobro prijanjati na polimer i trebao bi se jednostavno ukloniti i oprati s polimera jednim prolaskom tiskovne forme kroz otopinu razvijača.

Linijski elementi u pozitivu i negativu (npr. križni elementi) i/ili rasterski elementi u pozitivu i negativu moraju se vidjeti i na sloju maske. Kontrola LAMS sloja se mora provesti na osvijetljenom radnom stolu kako bi se dobio detaljan pregled reprodukcije manjih elemenata i motiva.

Učinak Nd:YAG lasera se mora kontinuirano provjeravati zbog mogućnosti slabljenja jačine laserske zrake. S druge strane, korištenje laserskih dioda i optičkih lasera osigurava kontinuiranu kvalitetu ispisa te se provjera provodi računalno, mada se pojedinačni testovi savjetuju periodički, naročito s promjenom serije tiskovnih formi. U svakom slučaju, kontrola ispisa se mora uskladiti s ostalim parametrima koji utječu na kvalitetu ispisa, poput specifične brzine rotacije bubnja, vrsti i tipu tiskovne forme, rezoluciji lasera i obujmu bubnja. Ukoliko je samo jedan od parametara promijenjen, potrebno je prilagoditi sustav ispisa novim uvjetima i provesti novo testiranje. Izuzetak je kod digitalnih postupaka izrade tiskovnih formi i promjeni u glavnoj ekspoziciji. Naime, kod digitalnih postupaka nema gornje granice vremena glavne ekspozicije, te u ovisnosti o uređaju, trajanje ekspozicije iznosi između 15 i 20 min. Dodatno, najčešće se preporučuje da postekspozicija traje jednako kao i glavna ekspozicija.

Na temelju računalno generirane tiskovne forme provodi se rastriranje i procesuiranje digitalnih podataka. Definiira se potrebno vrijeme i uvjeti izrade svake pojedine faze izrade tiskovne forme. Radi se o slijedećim testiranjima:

1. Test predekspozicije;
 2. Test glavne ekspozicije;
 3. Kontrola procesa razvijanja;
 4. Kontrola vremena sušenja tiskovne forme;
 5. Test postekspozicije.
-
1. Test predekspozicije - prvi korak u postupku kalibracije tiskovne forme je predekspozicija kroz poledinu fotopolimera bez vakuuma. Ovime se povećava osjetljivost sloja na svjetlost, jer se kisik koji se nalazio u neobrađenoj ploči iskorištava i ploča je time pripremljena za glavnu ekspoziciju koja slijedi. Nadalje, predekspozicija osigurava stabilnost tiskovnih elemenata, dubinu reljefa i ograničava dubinu obrade reljefa tiskovne forme (slika 38.).

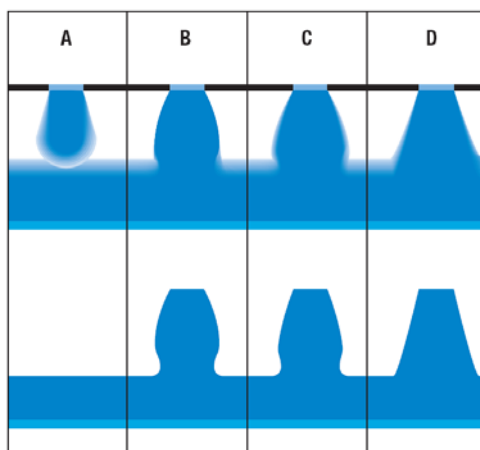


Slika 38. Prikaz neispravno (lijevo) i ispravno (desno) formiranog tiskovnog elementa na jednoslojnoj (a) i višeslojnoj (b) tiskovnoj formi

2. Test glavne ekspozicije – provodi se osvjetljavanjem kroz film (predložak) ili LAMS sloj. Reljef na površini se stvara polimerizacijom osvjetljenih površina; motivi, linije, slova i tonovi su reproducirani u skladu s transparentnim dijelovima na filmu, LAMS-u. Glavna ekspozicija ovisi o osjetljivosti tiskovne forme, kvaliteti filma, kvaliteti LAMS-a, vrsti i uvjetima ispisivanja i trajanju ekspozicije radi stvaranja dubine reljefa. Najčešće se, za određivanje optimalnog vremena glavne ekspozicije provodi test-ekspozicije, o kojem ovisi stabilnost tiskovnog elementa, bočni rub elementa i srednja dubina reljefa (slika 39.).

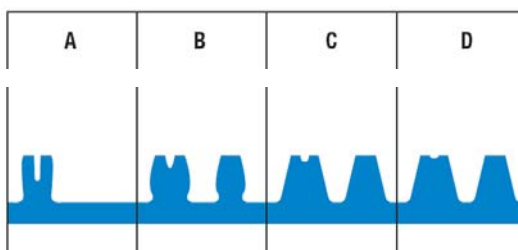
Slika 39. prikazuje oblik tiskovnog elementa nakon različitih vremena glavne ekspozicije (A, B, C, D, gornje slike) i pripadajuće oblike tiskovnih elemenata nakon razvijanja tiskovne forme (donje slike).

- A korak – nije osigurana stabilnost tiskovnog elementa jer je glavna ekspozicija prekratka. Polimer nije postao netopiv do dubine područja koje je polimeriziralo predekspozicijom, pa će se isprati razvijanje;
- B, C koraci – unatoč duljem vremenu ekspozicije stabilnost tiskovnih elemenata nije osigurana;
- D korak – optimalno vrijeme glavne ekspozicije. Tiskovni element je stabilan i pravilnog oblika.



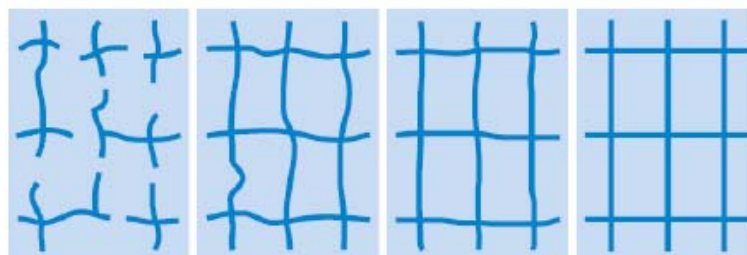
Slika 39. Prikaz oblika tiskovnog elementa u ovisnosti o trajanju glavne ekspozicije (gore) i nakon razvijnja tiskovne forme (dolje)

Različiti oblik bočnog dijela tiskovnog elementa i promjena srednje dubine reljefa uslijed različitih vremena glavne ekspozicije (A, B, C, D) prikazani su na slici 40.



Slika 40. Prikaz bočnog dijela tiskovnog elementa i srednje dubine reljefa u ovisnosti o trajanju glavne ekspozicije

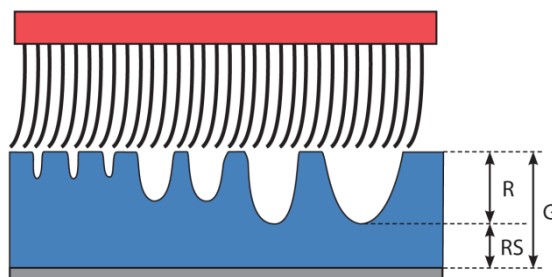
Utjecaj prekratkog vremena glavne ekspozicije rezultira dobivanjem nejednolikih i valovitih linija na tiskovnim formama (slika 41.). Predugo trajanje glavne ekspozicije neće imati značajan utjecaj na izgled takvih linija.



Slika 41. Djelovanje različitog vremena glavne ekspozicije na izgled linija

Prekratko vrijeme glavne ekspozicije uzrokovat će formiranje nejednolike i neravne gornje površine tiskovnih elemenata nakon procesa razvijanja i sušenja. Kod reprodukcije tankih linija i malih točaka premalo svjetla dopire kroz film na tiskovnu formu te se svjetlo gubi i prije polimerizacije.

3. Kontrola procesa razvijanja - pri procesu ispiranja/razvijanja nepolimerizirani dijelovi tiskovne forme se uklanjaju (otapaju) u razvijaju. Postupak se provodi i četkama radi uklanjanja crnog (LAMS) sloja i ispiranja/razvijanja same fotopolimerne forme (slika 42.). Preporuča se što kraće vrijeme razvijanja jer predugo djelovanje razvijaja može uzrokovati bubrenje polimera i promjenu dubine reljefa. Korištenje neprikladnih razvijaja može uzrokovati degradaciju i oštećenje strukture reljefa tiskovne forme. Danas su na tržištu dostupne ekološki prihvatljive otopine za razvijanje.



Slika 42. Prikaz mehaničkog i kemijskog procesa ispiranja/razvijanja
(*G*-debljina tiskovne forme, *R*-dubina reljefa, *RS*- osnova reljefa)

Test razvijanja se provodi kako bi se postiglo što kraće vrijeme ispiranja sa kojim bi reljefna strana tiskovne forme bila potpuno isprana do samog stabilizacijskog sloja polimera.

4. Kontrola vremena sušenja tiskovne forme – sušenje tiskovne forme omogućava isparavanje otopine za razvijanje iz sloja. Vrijeme sušenja i temperaturu sušenja potrebno je definirati i održavati. Nakon ove faze preporuča se odlaganje tiskovne forme na sobnoj temperaturi 12 do 15 sati radi prilagođavanja materijala novim promjenama. Izbjegavanje ove faze može uzrokovati probleme s debljinom i stabilnošću tiskovne forme u tisku.

5. Test postekspozicije – može se provesti s testom naknadne obrade svjetlom. Provodi se na način da se polimer osvjetljava istovremeno glavnom i post ekspozicijom čime se provjerava potpuna polimerizacija u sloju, koja se naknadno provjerava testovima tvrdoće i elastičnosti polimera, te testovima otpornosti na otapala i ostala oštećenja.

6. Test naknadne obrade UV zračenjem (360 nm) – provodi se radi smanjivanja ljepljivosti površine polimera. Površina postaje glatka, te prestaje biti matirana. Predugo izlaganje može dovesti do krtosti polimera, što će uzrokovati smanjenu elastičnost i pojavu pukotina u polimeru. Naknadna obrada UV zračenjem je osvjetljavanje cijele površine polimera bez filma sa kratkovalnim UV-A zračenjem. Izvor zračenja koji se pri tome koristi odgovara lampama koje se koriste i za glavnu ekspoziciju. U zavisnosti od motiva slike – punih tonova, finih linija i rastera – koristit će se veći ili manji intenzitet zračenja tokom glavne ekspozicije, te je moguće da pri tome pojedini, manji dijelovi polimera slabije polimeriziraju. Upravo se zbog tog efekta i provodi naknadna ekspozicija da bi svi dijelovi polimera jednoliko polimerizirali, te da se dobije tiskovna forma jednakih svojstava i tvrdoće po cijeloj površini.

Vrijeme naknadne obrade, prema nekim proizvođačima, treba trajati barem jednako kao i dužina vremena glavne ekspozicije. Test vremena trajanja naknadnog osvjetljavanja se vrši tako što se u potpunosti gotova tiskovne forme koja je prethodno osušena, osvjetljava sa UV-A zračenjem 4 minuta, zatim se provjerava da li je forma još uvijek ljepljiva. Ovaj postupak se ponavlja na svakih jednu do dvije minute sve dok se ljepljivost površine forme u potpunosti ne ukloni. Vrijeme naknadnog osvjetljavanja se određuje testom i ovisi o: vrsti materijala tiskovne forme, vrsti sredstva za ispiranje/razvijanje i vremenu sušenja tiskovne forme.

Kroz završnu obradu zračenjem, fotopolimerna tiskovna forma gubi svoju ljepljivost. UV-C naknadno osvjetljavanje se najčešće izvodi zajedno sa naknadnom obradom UV-A zračenjem. Naknadno osvjetljavanje je potrebno kako bi svi neosvijetljeni monomeri u tiskovnoj formi polimerizirali i umrežili se. U koliko svi monomeri nisu u potpunosti umreženi, smanjuje se funkcionalnost i radni vijek tiskovne forme. Ukoliko je naknadna

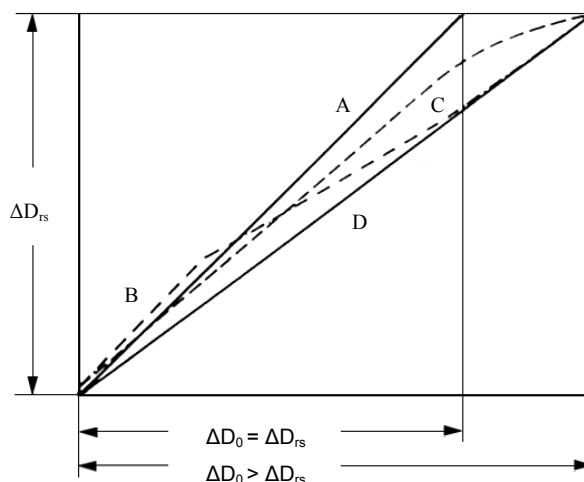
obrada vremenski kratka može doći do gubitka finih detalja na tiskovnoj formi, što će rezultirati gubitkom detalja na reprodukciji. Obradom sa UV-C zračenjem tiskovna forma dobiva potrebnu čvrstoću i izdržljivost u toku reprodukcije.

2.6. Deformacije tiskovnih elemenata na tiskovnoj formi

Svaka jednobojna ili višebrojna informacija (tekst, crtež, fotografija) sadrži određen raspon rastertonskih vrijednosti. Optimalna reprodukcija bi se ostvarila kada bi se iste vrijednosti s originala (digitalnog zapisa) identično reproducirale i na tiskovnoj podlozi [54]. Odnosno, u slučaju kada su integralne optičke gustoće na otisku jednake optičkim gustoćama na originalu radi se o objektivnoj reprodukciji tonova. Takva je reprodukcija moguća samo u slučaju kada je raspon optičkih gustoća na originalu jednak rasponu optičkih gustoća koje može reproducirati neka tehnika tiska (slika 43.). U slučaju kada je raspon optičkih gustoća originala (ΔD_o) veći od raspona koji može reproducirati tehnika tiska (ΔD_{rs}), potrebno je reducirati tonske vrijednosti unutar ograničenja koje nam postavlja pojedina tehnika tiska. Prema tome, reprodukcija tonova u tisku funkcija je raspona optičkih gustoća na originalu:

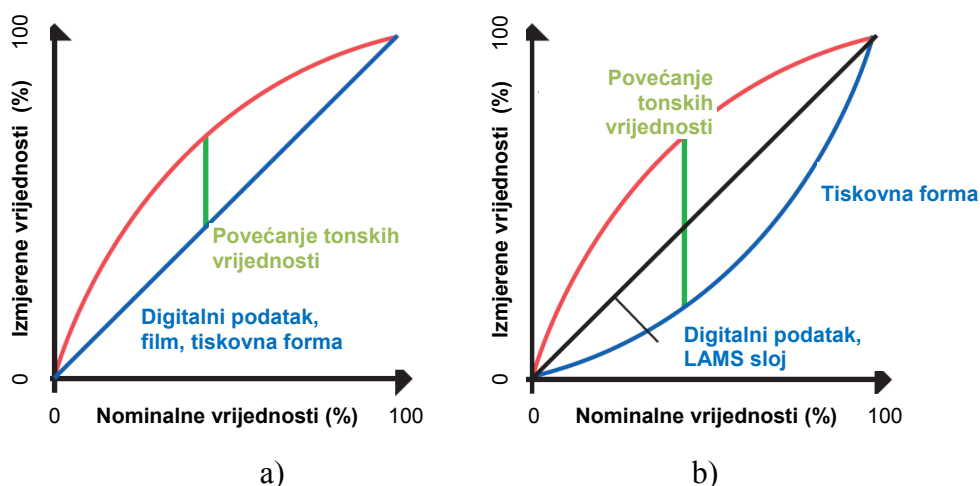
$$D_{ir} = f(\Delta D_o) \quad (3)$$

Zbog određenih ograničenja prilikom reprodukcije, u praksi se većinom govori o tzv. relativnoj reprodukciji (slika 43., krivulje B, C, D) i prijenosu tonskih vrijednosti originala. To znači da je reprodukcija uvijek više ili manje točna u odnosu na original (digitalni zapis). Zbog toga je neophodna standardizacija cjelokupnog proizvodnog lanca, što će utjecati na kvalitetnije i konzistentnije rezultate reproduciranja.



Slika 43. Objektivna A i relativna B, C, D reprodukcija tonova

Tonske vrijednosti originala se simuliraju na predlošku (filmu) i reprodukciji rasterskim elementima, a na tiskovnoj formi tiskovnim elementima. Obzirom na svoju elastičnost, fotopolimerne tiskovne forme u određenoj mjeri karakterizira svojstvo dimenzionalne nestabilnosti. Zbog toga je sastavni dio fotopolimerne tiskovne forme dimenzionalno stabilna podloga koja omogućuje montažu tiskovne forme na temeljni cilindar i konstantne vrijednosti dužine i širine tiskovne forme za vrijeme reprodukcije. Ipak, u procesu reprodukcije se zbog elastičnosti tiskovne forme i pritiska javljaju promjene u veličini i obliku tiskovnih elemenata (slika 44.).



Slika 44. Krivulje reprodukcije tonova

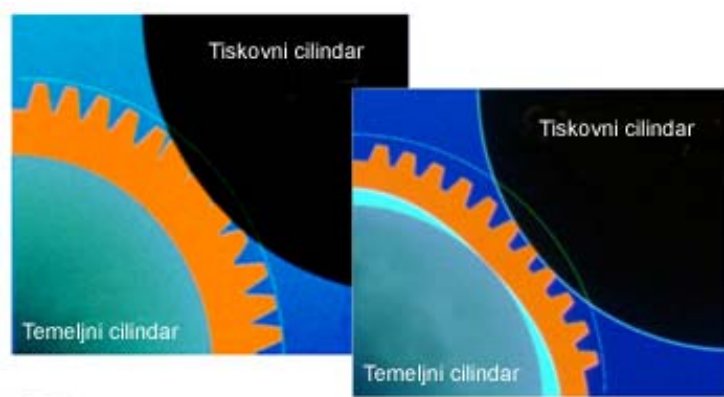
a) konvencionalne tiskovne forme i b) CtP tiskovne forme

Takve deformacije su neizbježne u toku tiska, te se jednostavno prilagođavanjem digitalnih vrijednosti originala mogu na određen način modulariti i pratiti. Načelno, neovisno da li se govori o reprodukciji konvencionalnim tiskovnim formama ili CtP tiskovnim formama, očekuje se ujednačen konačni izgled krivulje reprodukcije tonova.

U načelu kvaliteta otiska pomoću fleksotiska je niža nego kod ofsetnog tiska. U prvom redu kvaliteta je smanjena s obzirom na mogućnost reproduciranja različitih linijatura i rezolucija. Načelno, linijatura rastera kod fleksotiska se kreće oko 48 linija/cm, dok je standard kod ofseta znatno viši, od 60 do 120 linija/cm. Iako su digitalne CtP tehnologije izrade tiskovne forme u fleksotisku podigle kvalitetu reprodukcija, najveća mogućnost reproduciranja je do linijature 120 linija/cm [12]. Upravo uporabom CtP tiskovnih formi,

novih tiskovnih podloga i bojila, koja su razvijena i prilagođena tim tiskovnim formama, fleksotisak nudi vrlo visoku kvalitetu otiska.

U toku reprodukcije, tiskarsko se bojilo s aniloks valjka prenosi na tiskovnu formu, te pod pritiskom na tiskovnu podlogu. S nejednolikim pritiskom između tiskovne forme i podloge mijenja se prijenos bojila (slika 45). Pritisak mora biti jednak po cijeloj površini tiskovne forme zato što je jedino tako moguće dobiti jednak nanos bojila. Povećanjem pritiska mijenjaju se uvjeti reproduciranja te dolazi do neželjenih deformacija tiskovnih i rasterskih elemenata. Zbog elastičnosti polimera i pritiska u toku reprodukcije veće deformacije će biti izražene na reprodukcijama ostvarenim s tiskovnim formama veće debljine.

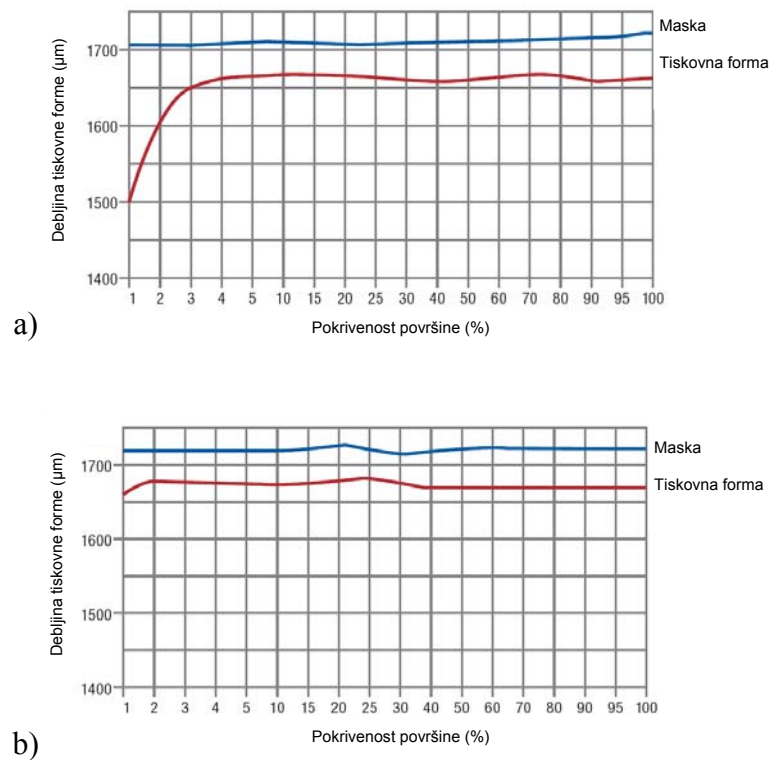


Slika 45. Deformacije i kompresije tiskovne forme u toku reprodukcije

Tekući fotopolimeri, pokazuju najveće svojstvo deformacije pod pritiskom. Prednost pred krutim fotopolimerima im je niža cijena, dok su im osim velike nestabilnosti mane i nejednolika debljina forme, uklopljeni mjehurići zraka i ograničen vijek trajanja. Ipak, tiskovne forme od tekućeg fotopolimera upravo zbog svoje elastičnosti imaju mogućnost prilagodbe tiskovnoj podlozi, pa se uglavnom koriste, osim za niže linijature rastera, i kod tiska na valovite kartone i ljepenke.

Jednoslojne tiskovne forme od krutog fotopolimera dolaze u debljini od 0,76 mm (za tisak na plastičnim vrećicama i finijim papirima) do 6,35 mm (za grublje podloge). Linijatura rastera je do 60 l/cm. Deformacija im nije izražena u tolikoj mjeri kao kod tekućih fotopolimera, no pokazuju značajno veće promjene od višeslojnih tiskovnih formi od krutog fotopolimera, koje se koriste za reprodukciju kvalitetnijih proizvoda.

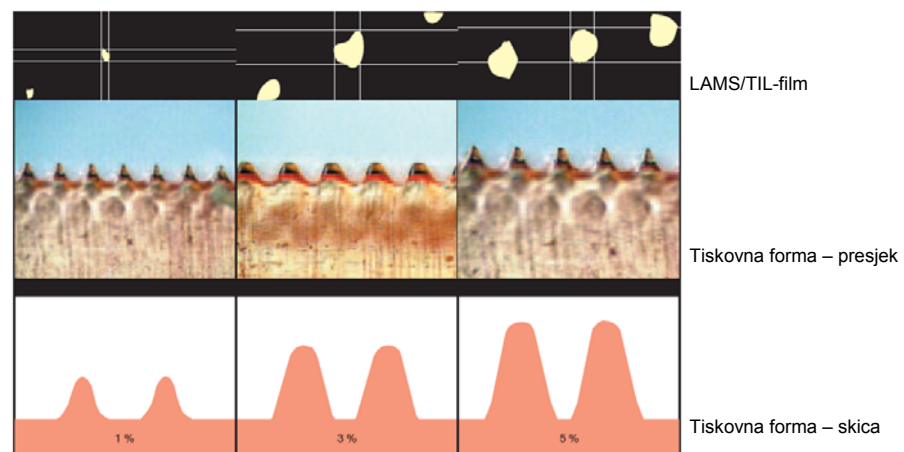
Deformacijama rasterskih elemenata postiže se različit prirast rastertonskih vrijednosti na reprodukcijama, kao i različit spektar reproduciranja tonova. Na primjer, kod motiva koji sadrže svijetle tonove, od 1 do 10% pokrivenosti površina (ovisno o rezoluciji i linijaturi), često se javlja problem reprodukcije svijetlih tonova. Naime, uslijed svojstva polimera i uvjeta izrade tiskovnih formi, često na tiskovnoj formi nisu u cijelosti formirana područja svijetlih tonova, te su sklona neujednačenom prijenosu bojila u toku reprodukcije. Takve promjene na površini tiskovnih formi mogu se detektirati mjerenjem debljine tiskovne forme na mjestima reprodukcije svijetlih tonova, kao što je vidljivo na slici 46.a. U slučaju korekcije tonskih vrijednosti optimalni tiskovni elementi su formirani, uz zanemarivu promjenu debljine tiskovne forme (slika 46.b).



Slika 46. Prikaz promjene u debljini tiskovne forme u ovisnosti o pokrivenosti površine
a) tiskovna forma bez korekcijske krivulje; b) tiskovna forma s korekcijom

Nadalje, potrebno je detektirati raspon tonskih vrijednosti koji je moguće reproducirati u određenom sustavu, što se može provesti snimanjem tiskovne forme optičkim mikroskopom ili uređajem za mjerenje tiskovnih formi (*Vipflex*, *FlexoDot* ili *M-Service* mikroskop). Najmanja vrijednost koja zadovoljava tražene kriterije (oštrina tiskovnog elementa i pravilan oblik elemenata) je najmanja vrijednost po kojoj je potrebno prilagoditi tonske

vrijednosti u RIP-u. Naposljetku, valja napomenuti da izmjerene vrijednosti na taj način nisu apsolutne, korisne su za provođenje među-kontrolnih mjerenja, a zapravo najbolja kontrola dobivene tiskovne forme bi bila provedena izradom probnih otisaka. Tako bi se utvrdila stvarna najmanja moguća veličina tiskovnog elementa koja se može reproducirati, s time da je za svaki izvadak i boju potrebno provesti zasebnu korekciju zbog različitih kutova rastriranja. Detaljnijim prikazom svijetlih i tamnih tonova sa slike (slika 47.) i procesom reproduciranja kontrast je povećan.



Slika 47. Presjek tiskovne forme na 1, 3 i 5% pokrivenosti površine

Smanjena refleksija i manji dijelovi rasipanja svjetla između sloja kao što je vakuum folija, noseća folija, emulzija i podloge prednost je digitalne izrade tiskovne forme za fleksotisak u odnosu na konvencionalnu. Sa te točke gledišta trebalo bi napomenuti da se usprkos, ili bolje, zbog preciznosti digitalne tehnologije velika pažnja mora obratiti na naknadne konvencionalne korake izrade. Izrada finih elemenata je jedino osigurana određivanjem točnog vremena predekspozicije i vremena ispiranja/razvijanja. Sljedeće na što se mora obratiti pažnja je da se odredi koja tonska vrijednost, odnosno veličina tiskovnog elementa je dovoljno stabilna na izrađenoj tiskovnoj formi sa veličinom koja je dovoljna za tisak.

Kako je fleksografski reproduksijski sustav izuzetno kompleksan te ovisi o interakciji sljedećih parametara: tiskovna forma – podloga – pritisak – bojilo, načelno nije moguće definirati jednoznačan model korekcije i prilagodbe krivulja reprodukcije tonova koji će se reproducirati. Iz tog razloga je za svaki sustav reprodukcije potrebno provoditi prilagodbu digitalnih podataka koji će se reproducirati, a koja ovise o:

- kalibraciji uređaja za ispis (na LAMS, TIL-film);
- kalibraciji cijelog sustava izrade tiskovnih formi (određivanje vremena trajanja ekspozicija, vremena trajanja i uvjete razvijanja/obrade tiskovne forme);
- definiranju reprodukcijanskog procesa (uključuje vrstu i svojstva tiskovnih formi, pregled motiva za reprodukciju, svojstva tiskovne podloge i bojila, pritisak u tisku-faktor distorzije);
- prilagođavanju mogućnosti reproduciranja svijetlih i tamnih tonova;
- prilagođavanju krivulje reprodukcije tonova radi smanjenja prirasta rasterskih elemenata u ovisnosti o specifičnostima cjelokupnog reprodukcijanskog sustava.

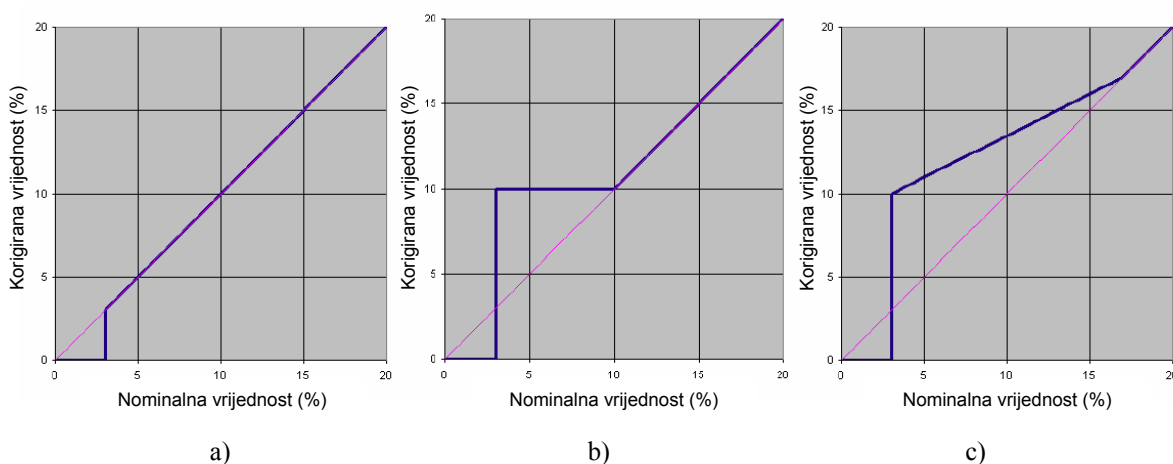
2.7. Priprema i obrada digitalnih podataka

Kod digitalnih postupaka izrade tiskovnih formi pravilno manipuliranje podacima, provedena pred-testiranja i provjera svake faze izrade omogućit će dobivanje tiskovne forme i otisaka očekivane razine kvalitete. Obzirom na niz dostupnih postupaka izrade tiskovnih formi i različitim mogućnosti manipulacije digitalnim podacima, nije jednostavno općenito definirati potrebne procesne korake koje je potrebno provesti za dobivanje optimalne tiskovne forme.

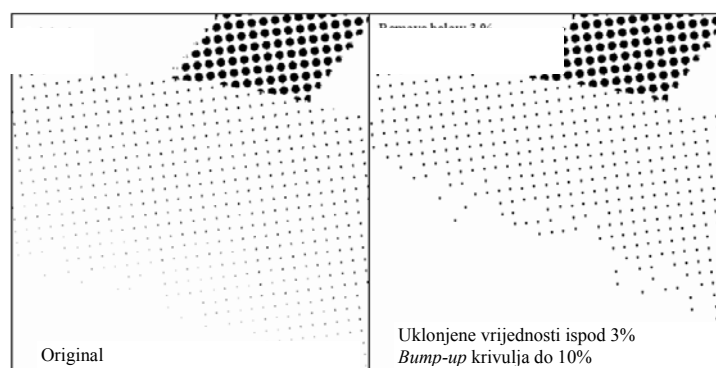
U prvom koraku može se pretpostaviti da je digitalni dokument pripremljen za izradu tiskovne forme korektno obrađen, odnosno, da su sve slike i tekstovi adekvatno pripremljeni za reprodukciju. Danas je dostupna programska podrška koja omogućava tzv. provjeru digitalnih podataka (*preflight check*). U procesima izrade tiskovne forme zbog sastava i svojstva materijala tiskovne forme, kao i načina izrade, često je veličina tiskovnog elementa (najčešće promjer), kao i dubina reljefa (geometrijska razlika između tiskovnih i slobodnih površina) promijenjena i to najčešće u području svijetlih tonova (malih rastertonskih vrijednosti) [33]. Takva promjena može narušiti razinu kvalitete reproducirane slike. U ovisnosti o parametrima izrade tiskovne forme (tip tiskovne forme i uređaj za ispis) takve vrijednosti je potrebno korigirati u trenutku prije samog postupka izrade tiskovne forme. Radi se prvenstveno o korekciji i prilagodbi tonova od 1 do 10% pokrivenosti površine a njihov iznos ovisi o mogućnostima reproduciranja pojedinog sustava. Također, u nekim situacijama koje ovise o cjelokupnom sustavu reprodukcije, potrebno je prilagoditi

moгуćnost reprodukcije tamnih tonova. Naime, zbog deformacije tiskovne forme i svojstva bojila moguće je prekrivanje i slobodnih površina tiskarskim bojilom i gubitkom tonskih prijelaza u području od 90 do 100% pokrivenosti površina. Takva pojava se, u određenoj mjeri, također može izbjeći prilagođavanjem krivulje reprodukcije tonova u području tamnih tonova.

Manipulacije i prilagodbe rastertonskih vrijednosti su različite. Moguće je jednostavno „odrezati“ niske vrijednosti pokrivenosti površina (slika 48.a), zatim povećati vrijednosti na najnižu vrijednost koju sustav može reproducirati, a dostupna je samog proizvođača tiskovnih formi te se često za takvu krivulju koristi termin *bump-up curve* (slika 48.b), te je moguće kombinirati obje metode prilagodbe krivulje reprodukcije tonova (slika 48.c).



Slika 48. Mogućnosti prilagodbe rastertonskih vrijednosti



Slika 49. Rezultat prilagodbe rastertonskih vrijednosti

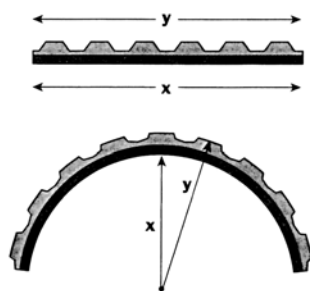
Prilagodba tonskih vrijednosti je postupak koji je nužno provesti kod izrade fotopolimernih tiskovnih formi radi mogućnosti reproduciranja svijetlih tonova. Korekcija se provodi u

RIP-u ili u nekom od dostupnih programa za korekciju što ovisi o radnom toku i sustavu ispisa. Korištenje središnjih, neutralnih digitalnih podataka i njihova prilagodba određenom sustavu se pokazala itekako vrijednom. Neki proizvođači imaju u ponudi već predpripremljeni digitalni dokument s parametrima izlaznih uređaja koje je najčešće potrebno dodatno korigirati i ispravljati što se nije pokazalo dovoljno učinkovito. Različiti sustavi reproduciranja zahtijevaju pripremu i obradu digitalnih podataka prilagođenih postupku izrade tiskovnih formi, kao i uvjetima otiskivanja. U tom kontekstu, različiti RIP-ovi imaju specifične funkcije vezane isključivo uz postupke izrade tiskovnih formi, kao npr. *Excurve* i *Calibration curve* [55].

Iako digitalni postupci izrade tiskovnih formi s mogućnošću prilagođavanja tonskih vrijednosti omogućavaju značajno poboljšanje kvalitete ispisa i reprodukcije, definiranje karakteristične prilagodbe tonskih vrijednosti slijedi na osnovu probnih otisaka testne forme, ako je moguće pod istim uvjetima tiska (tiskovna podloga, bojilo, aniloks i tiskarski stroj). Ako se ispis na tiskovne forme i korekcija svijetlih rastertonskih vrijednosti provode u istim nepromjenjivim uvjetima, uz periodičku kontrolu i kalibraciju uređaja za ispis, onda se laserski zapis na fotopolimernoj tiskovnoj formi može usporediti s ulogom predloška ali na višoj razini kvalitete koju može reproducirati. Naposljetku, tako pripremljena tiskovna forma se dalje procesira te postavlja u tiskarski stroj gdje, uslijed same elastičnosti tiskovne forme dolazi do još jedne deformacije tiskovnih elemenata. Naime, postavljanjem i navlačenjem tiskovne forme na temeljni cilindar tiskovna forma se zateže i prilagođava obliku cilindra pri čemu tiskovni elementi u većoj ili manjoj mjeri mijenjaju svoj oblik. Iz tog je razloga potrebno prije samog ispisa na tiskovnu formu provesti još jednu korekciju digitalnih podataka. Dakle u RIP-u se definira faktor distorzije za tiskovnu formu koja se procesira. Određuje se iz konstante distorzije za svaki tip tiskovne forme pojedinačno. Kako se ispis na digitalne tiskovne forme kao i sam tisak, odvija na cilindru, oba opsega cilindra trebaju biti usklađena, da bi se dobila točna dužina omotavanja tiskovne forme (slika 50.).

Za tiskovnu formu koja se ispisuje u uređaju s plošnom geometrijom dodatno se definira faktor distorzije u digitalnom dokumentu radi kompenziranja promjena u zapisu na tiskovnoj formi koji nastaje uslijed postavljanja tiskovne forme na temeljni cilindar u tiskarskom stroju. U sustavima s vanjskom geometrijom uređaja za ispis također se provodi

korekcija vrijednosti distorzije gdje se, u osnovi, uzima odnos promjera bubnja na uređaju za ispis i promjera temeljnog cilindra na tiskarskom stroju.



Slika 50. Deformacija zapisa na tiskovnoj formi

(X-duljina noseće folije fotopolimera; Y-duljina koja opisuje tiskovne elemente)

U trenutku ispisa na tiskovnu formu gornja površina tiskovne forme (površina tiskovnih elemenata) je jednaka donjoj površini tiskovne forme ($X=Y$). U procesu reprodukcije, kada se tiskovna forma postavlja na cilindar njena površina se deformira jer je vanjski obod koji opisuje gornju površinu tiskovne forme veći od veličine unutarnjeg oboda, tj. donjeg dijela tiskovne forme ($Y_d > X_d$). Kako se tiskovna forma ispisuje plošno, a otiskuje s cilindra predložak ili LAMS-masku mora imati smanjene vrijednosti reprodukcije tonova. Smanjenje se provodi samo u smjeru omatanja tiskovne forme na cilindar kako bi se vrijednosti pokrivenosti površine uskladile s deformacijom. Postotak distorzije se izračunava iz odnosa X_d / Y_d . X_d je volumen unutrašnjeg kruga, a Y_d je volumen vanjskog kruga [56-57]. Volumen se izračunava iz $2\pi R$.

$$\text{Faktor distorzije (\%)} = \frac{2\pi R_1}{2\pi R_2} + \frac{R_1}{R_2} \quad (4)$$

Vrijednosti R_1 i R_2 ovise o debljini tiskovne forme (P), debljini trake za učvršćivanje tiskovne forme (T), polumjeru cilindra (C) i debljini materijala koji se podlaže pod tiskovnu formu (M). Iz navedenog slijedi da:

$$R_1 = C + T + M \quad (5)$$

$$R_2 = C + T + P \quad (6)$$

$$\text{Faktor distorzije (\%)} = \frac{C+T+M}{C+T+P} \quad (7)$$

Često se vrijednost R_1 koristi umjesto promjer cilindra (R_L), tako da se jednakost (7) može koristiti u obliku:

$$\text{Faktor distorzije (\%)} = \frac{[(R_1 - 2\pi) + (M - P)]}{R_L - 2\pi} \quad (8)$$

2.8. Metode mjerenja fotopolimerne tiskovne forme

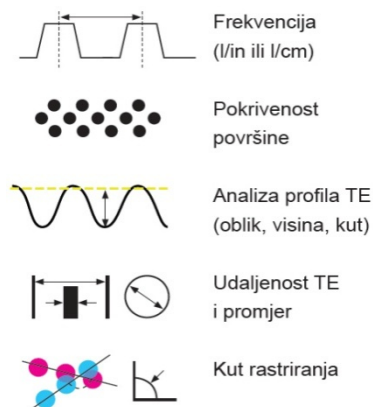
U svrhu kontrole kvalitete tiskovne forme za fleksotisak, potrebno je provoditi sustavna mjerenja njene površine, oblika tiskovnih elemenata i mehanička svojstva kako bi se eventualne pogreške pravovremeno primijetile i ispravile [56]. Za kontrolu tiskovnih formi najčešće se koriste slijedeći uređaji:

- durometar;
- mikrometar;
- mikroskop i
- različiti uređaji s integriranim CCD kamerama.

Stabilnost tiskovne forme u reprodukciji kao i njena mehanička svojstva moguće je odrediti mjerenjem tvrdoće polimera. Durometar je uređaj kojim se određivanje utisna tvrdoća plastičnih i gumenih materijala, a mjerenja fotopolimernih tiskovnih formi se najčešće provode Shore A i C metodom. Za određivanje visine tiskovne forme, debljine opne koja nosi tiskovne elemente i dubine reljefa najčešće se koristi mikrometar, a za analizu i veličinu tiskovnih elemenata može se koristiti mikroskop.

Na tržištu danas postoje uređaji s pripadajućom programskom podrškom koja mogu odrediti različite parametre koji karakteriziraju fotopolimerne tiskovne forme. Najčešće sadrže CCD kamere koje na temelju bitmapirane slike tiskovnih elemenata i slikovne analize mogu dati potrebne informacije o razini kvalitete tiskovne forme. Na tiskovnoj formi tim je uređajima moguće odrediti slijedeće vrijednosti (slika 51.):

- a) frekvenciju ili linijaturu rastera,
- b) pokrivenost površine (%),
- c) analizirati profil površine tiskovnih elemenata (oblik, visina i kut);
- d) udaljenost tiskovnih elemenata i promjer;
- e) kut rastriranja.



Slika 51. Mjerljive veličine na fotopolimernoj tiskovnoj formi

2.9. Smjernice razvoja fleksotiska

Kao i svaka druga tehnika tiska i fleksotisak ima svoje prednosti i nedostatke. Imajući u vidu mogućnosti i ograničenja koja nudi ova tehnika reprodukcije moguće je ostvariti izuzetno uspješne rezultate u kvaliteti grafičkog proizvoda. Pojam kvalitetne reprodukcije mijenjao se tijekom godina. Upravo je razvojem tehnologije omogućena bolja kvaliteta reprodukcija čime se razina kvalitete reproduciranih proizvoda i povećala. Potrebno je istaknuti i da je fleksotisak danas jedina tehnika visokog tiska koja se još razvija, naročito s aspekta unapređenja postupaka izrade tiskovnih formi, te je istisnula mnoge druge tehnike reproduciranja istih ili sličnih grafičkih proizvoda.

Prednosti fleksotiska:

- mogućnost reproduciranja na širokom spektru različitih materijala, od premazanih i nepremazanih papira, kartona, ljepenki, metalnih i plastičnih folija i slično;
- mogućnost korištenja širokog spektra tiskarskih bojila, uključujući ekološka bojila na bazi vode;
- zbog male viskoznosti bojila uređaji za bojenje su jednostavne konstrukcije;
- bojila se brzo suše što omogućava dobro prekrivanje boje na boju;
- postupci izrade tiskovnih formi se kontinuirano unaprjeđuju što omogućava bržu izradu i bolju kontrolu procesnih faza u izradi tiskovnih formi.

Nedostaci fleksotiska:

- velika osjetljivost na promjene pritiska u toku reprodukcije što ograničava finoću rastera u usporedbi sa ofsetnim tiskom i bakrotiskom;
- sklonost stvaranja nejednolike gustoće obojenja oko rubova rasterskih elemenata;
- uslijed uvjeta reproduciranja čest je gubitak svjetlijih tonova na otiscima;
- može doći do zatvaranja tamnih tonova (sjena);
- uslijed različitih uvjeta reproduciranja moguć je visoki prirast rasterskih elemenata (veći nego kod ofsetnog tiska i bakrotiska), što je zapravo najveći problem fleksotiska.

2.9.1. Ekološki aspekti fleksotiska

Ekološka svijest, kako na razini pojedinca pa tako i društva postaje sastavni čimbenik suvremenog poslovanja u grafičkoj industriji. Briga za okoliš danas prožima sve strukture grafičke proizvodnje te postaje njezin sastavni dio. Upotreba ekološki prihvatljivijih materijala, postupaka te adekvatno zbrinjavanje dobivenog otpada nije samo moralni imperativ nego je i zakonska regulativa grafičke djelatnosti [58-59].

U današnje vrijeme fleksotisak je vrlo zastupljena vrsta tiska. Zbog svoje kvalitete i mogućnosti otiskivanja na razne vrste podloga konkuriše ostalim tehnikama reprodukcije. Sa ekološke strane i fleksotisak ima određene negativne konotacije prvenstveno zbog velikih emisija hlapljivih organskih spojeva i onečišćenja voda u reprodukcijском procesu [60-61]. Poteškoće leže u prilagođavanju ekoloških aktivnosti unutar tehnike tiska ekonomskim računicama te održavanje kvalitete gotovog proizvoda. Implementacija ekološki pogodnijih sirovina i postupaka nije samo orijentirana na okoliš nego je usmjerena i na ljude koji su u kontaktu sa mogućim polutantima. Naime, ono što je štetno za okoliš štetno je i za ljudski organizam.

Primjena ekološki orijentiranog poslovanja očituje se u ispitivanju ekološke podobnosti materijala i sirovina prije upotrebe i u skladu s tim korištenje ekološki pogodnih materijala, štedljivo trošenje resursa, modifikacija procesa prema čistim tehnologijama, reciklacija unutar pogona te adekvatne mjere pročišćavanja. Naime, tehnološki procesi fleksotisku sastoje se od niza pojedinačnih segmenata. Svaki od njih gleda se pojedinačno, sa svojim

ulaznim sirovinama i izlaznim poluproizvodom. Tako proizvod jednog segmenta može postati sirovina za iduću fazu reprodukcije da bi se na taj način pokušao zatvoriti krug unutar kompletnog reprodukcijškog procesa.

2.9.2. Polutanti i otpad u fleksotisku

S ekološkog aspekta digitalni postupci izrade tiskovnih formi su povoljniji od konvencionalnih, jer eliminiraju fazu izrade predloška, a s njime i sve otopine koje se pri tom postupku upotrebljavaju. Ako se ipak predložak radi klasičnim načinom treba se zbrinuti ambalaža od filmova, ostaci od filmova te otpadna kupka razvijaača. Srebro iz fiksira se može izdvojiti te ponovo koristiti za izradu filmova.

Pri izradi gumenih tiskovnih formi iz kalupa najveći polutant je kiselina za jetkanje kalupa. Ona spada u opasan otpad i zahtjeva poseban tretman. Fotopolimerne tiskovne forme se nakon osvjtljavanja razvijaju kako bi se uklonili neosvijetljeni dijelovi polimera. I ovdje su s ekološkog stanovišta bolji neki CtP postupci; oni koji laserski graviraju tiskovnu formu ne trebaju nikakve kemikalije jer se radi o mehaničkom procesu. Otopine za razvijanje trebale bi biti na bazi vode, jer one na bazi tetrakloretilena spadaju u jako hlapive tekućine. One osim štetnosti za okoliš (utječu na devastaciju ozonskog sloja) pokazuju i toksičnost za ljudski organizam. Stoga bi se sve faze u kojima se upotrebljavaju bilo kakve kemikalije trebale odvijati u automatskim, zatvorenim uređajima. Postoje novije, ekološki povoljnije otopine za razvijanje koje se sastoje od alifatskih i cikličkih ugljikovodika s malim udjelom alkohola. Međutim, i one pokazuju određenu ekološku nepovoljnost, posebice neke poteškoće prilikom pročišćavanja.

Alternativne otopine za razvijanje imaju niži tlak para pa teže ishlapljuju. Ipak, budući da su kod nekih sredstava pare teže od zraka, ventilacija na mjestu gdje se izrađuju tiskovne forme bi trebala biti na nižim razinama u pogonu.

Tablica 1. Otpad i polutanti prilikom izrade predloška za fleksotisak

Ulaz	Dobiveni otpad
Film	Škart, zastarjeli i iskorišteni film
Papir	Papirni škart
Markeri i sprejevi	Mirisi i isparine
Razvijač	Iskorišteni razvijač
Fiksir	Iskorišteni fiksir i srebro
Voda za ispiranje filmova	Iskorištena voda onečišćena razvijačem i fiksirom
Kontejneri za otpad	Krpe natopljene kemikalijama i otpadni papir
Kemikalije za čišćenje	Iskorištena otapala, mirisi i isparine
Skladište kemikalija	Prazni i puni kontejneri sa kemikalijama, koji se mogu proliti

Tablica 2. Otpad i polutanti prilikom izrade tiskovne forme za fleksotisak

Ulaz	Dobiveni otpad
Kiselina za jetkanje kalupa	Iskorištena kiselina, toksični otpad
Gumene i fotopolimerne tiskovne forme	Oštećene ili neupotrebljive tiskovne forme, otpadni obresci, papirni i plastični otpad
Voda	Onečišćena procesna voda za ispiranje
Otopina ili voda za razvijanje tiskovnih formi	Otpadne otopine ili voda dobiveni razvijanjem tiskovnih formi

Sam izbor tiskarskog bojila znatno utječe na okoliš. Kod fleksotiska kao ambalažnog tiska glavna odlika tiskarskog bojila trebala bi biti njihova neotrovnost, pogotovo kod tiska na prehrambenu ambalažu. Kao što je već navedeno u fleksotisku se koriste bojila na bazi otapala, bojila na bazi vode, UV i EB bojila. Svaka od njih ima karakterističan utjecaj na okoliš.

Bojila na bazi otapala uglavnom se koriste za tisak na neupojnim podlogama. Njihovom upotrebom dolazi do emisije lako hlapljivih organskih spojeva (VOC). VOC spojevi osim već navedenih negativnih karakteristika mogu u određenim vremenskim uvjetima dovesti do stvaranja fotokemijskog smoga. Slično je i sa lakovima, jer je mehanizam njihovog sušenja također isparavanje otapala. Bojila na bazi vode ekološki su povoljnije. Iako sadrže minimalni udio organskog otapala, mehanizam sušenja im je drugačiji pa ne dolazi do emisije otapala u zrak. Međutim, zbog sporijeg sušenja zahtijevaju veći utrošak energije za sušenje otisaka a potrebno ih je i razrjeđivati budući da je komponenta otapala supstituirana vodom.

UV bojila su specijalna bojila koje ostaju u tekućem stanju do trenutka izlaganja UV zračenju odgovarajuće valne duljine koje uzrokuje trenutačno sušenje bojila. EB bojila

suše snopom elektrona koji se generira u EB sušioniku. EB bojila su jeftinija od UV, stabilnija tijekom skladištenja ali su EB uređaji za sušenje su vrlo skupi, znatno veći od UV sušionika. Najviše su isplativi u rotacijama. Sušenje UV i EB bojila brže je od ostalih bojila ali u procesu sušenja stvara se ozon koji je poznat po nadražujućem djelovanju na dišne putove. Isto tako ozon je jedna od komponenta koja utječe na stvaranje efekta staklenika a za biljke je ozon najveći polutant. UV bojila se, između ostalog, sastoje i od monomera i oligomera (fotoinicijatora) koji su poznati po nadražujućem djelovanju na kožu.

Redoslijed radnih naloga u tiskari trebao bi biti takav da slijede isti ili slični nalozi po vrsti bojila kojim se otiskuje da se kasnije u toku pranja koristi što manje sredstava za pranje strojeva. Koliko god je moguće konvencionalna sredstva za pranje strojeva trebala bi se zamijeniti onima na bazi vode, jer konvencionalna sredstva spadaju u lako hlapljive spojeve i time imaju niže temperature plamišta. Aniloks valjke i ostale komponente koje se mogu izvaditi iz stroja trebale bi se prati u zatvorenim, automatskim uređajima.

Kod doradnih procesa najveća pozornost treba se usmjeriti prema ljepilima. I za ljepilo je bitan sastav; prehrambena ambalaža ne bi smjela biti kaširana onim ljepilima koja u sebi imaju toksične sastojke. Od ljepila na bazi otapala ekološki su povoljnija dvo-komponentna ljepila bez otapala te ljepila na bazi vode. Kako aniloks valjak u procesu lijepljenja služi i kao dozator ljepila, za njegovo pranje vrijedi isto što i kod pranja nakon procesa tiska.

Tablica 3. Otpad i polutanti prilikom procesa reprodukcije

Ulaz	Dobiveni otpad
Bojila, lak	Otpadna bojila i lak, toksični i netoksični otpad, emisije u zrak
Voda	Otpadna voda kod čišćenja, voda za razrjeđivanje bojila na bazi vode
Papir, karton, ljepenka, metalne i plastične folije	Neispravne tiskovne podloge, škart
Tiskovne forme	Zastarjele i iskorištene tiskovne forme
Sredstva za pranje strojeva	Otpadne kemikalije, toksični i netoksični otpad, emisije u zrak
Kontejneri za otpad	Krpe natopljene bojama, kemikalijama, uljima i masnoćama, otpadni papir, toksični i netoksični otpad

Jedan od glavnih izazova u daljnjem razvoju fleksotiska je smanjenje negativnog utjecaja na okoliš. Glavni izvor tog negativnog utjecaja su VOC spojevi koji se nalaze u bojilima i sredstvima za čišćenje. Potreba za zadovoljavanjem sve strožih zakonskih propisa na području zaštite okoliša utječe na stalni napredak u tom području. Razvijene su nove tehnologije koje smanjuju negativan ekološki utjecaj fleksotiska, prvenstveno emisiju VOC spojeva. Za potpunu eliminaciju tih emisija potrebno je prijeći na bojila koje ne sadrže otapala koja su najveći izvor VOC spojeva. Razvijeno je više tipova bojila koje se ne baziraju na otapalima i koje koriste nove načine sušenja kao što su sušenje snopom elektrona i UV zračenjem. Velike napretke u zaštiti okoliša moguće je postići edukacijom radnika i njihovim upoznavanjem sa zakonima o zaštiti okoliša.

Može se reći da se fleksotisak, zahvaljujući ulaganjima u kvalitetu i brigu za okoliš, izborio za svoje mjesto na tržištu i postaje sve konkurentnija tehnika tiska.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Izrada i oblikovanje grafičkog proizvoda koji će se reproducirati fleksotiskom zahtjeva složen i detaljan pristup, naročito iz aspekta izrade tiskovnih formi, jer postupak njihove izrade ovisi o nizu parametara, kao npr. o svojstvima tiskovne podloge, vrsti tiskarskog bojila, načinu izrade tiskovnih formi, pritisku u toku tiska, tiskarskom sustavu i ostalim potrebnim specifikacijama.

U procesu izrade tiskovne forme, prije njenog ispisa i osvjetljavanja, računalno se definiraju potrebni parametri koji će omogućiti izradu tiskovne forme visoke kvalitete. Kako bi tiskovna forma zadovoljila tražene kriterije kvalitete gotovog proizvoda, potreban je niz određenih prilagodbi krivulja reprodukcije tonova, koje se provode u pripremi dokumenta koji će se reproducirati. Radi se o podešavanju parametara potrebnih za kompenzaciju prirasta rasterskih elemenata tijekom reprodukcije, zatim o povišenju minimalnih vrijednosti koje je moguće reproducirati, te prilagođavanju digitalnih podataka specifičnostima tiskarskih sustava.

U ovom radu je upravo iz tog razloga predstavljen model prilagodbe krivulja za reprodukciju tonova koji se provodi prije samog postupka izrade tiskovne forme, a definira se u trenutku oblikovanja digitalnih podataka za ispis na tiskovnu formu.

3.1. Digitalni radni tok

U sustavu izrade tiskovnih formi za ovo istraživanje korišten je *EskoArtwork* digitalni radni tok koji nudi značajne uštede kroz automatizaciju i optimizaciju procesa izrade fotopolimernih tiskovnih formi. Sustav omogućava računalnu kontrolu i definiranje podataka s visokom preciznošću radi prijenosa tih podataka iz digitalnog u materijalni zapis pomoću CDI uređaja za ispis. Također podaci o montaži i eventualnim informacijama o dimenzijama tiskovnih formi uključeni su u radni tok (slika 52).



Slika 52. Prikaz rada digitalnog toka

Osnovni alati u *EscoArtwork* digitalnom radnom toku su:

1) Osnovni program za obradu teksta i fotografija – *PackEdge* (slika 53.). *PackEdge* je programska podrška za jednostavnu kontrolu podataka, pripremu za tisak kao i za kontrolu preklapanja, podešavanja bojila na originalima ili na transparentnim filmovima. Programsku podršku je razvio *Esco Graphics* kako bi omogućio brzu i kvalitetnu obradu informacija na poslovima za ambalažnu industriju i reprodukciju etiketa.

PackEdge programska podrška podržava PDF, PS ili EPS/DCS formate datoteka čija je obrada dokumenta u potpunosti podložna promjenama operatera. Podržava i postojeće formate poput TIFF, OPI i slično. Nudi i mogućnost obrade već rastriranog podatka. Mogu se lako stvarati PDF dokumenti prema određenim karakteristikama kako bi se ubrzao proces rada, pojednostavila struktura i broj datoteka u radnom toku.

Svim elementima u dokumentu je moguć pristup i mogu se lako mijenjati i obrađivati. Svojstva linija, teksta ili slika, se mogu provjeriti i po potrebi promijeniti im se veličina, boje, raster, transparentnost, gradacija, zatim njihova povezanost u strukturi datoteke (složeni objekti, grupe objekata ili slojevi).

Elementi u dokumentu, kao i slike, nisu ograničeni na samo četiri osnovne boje CMYK već se mogu koristiti i jednako obrađivati i posebne boje. *PackEdge* kreira razne industrijski standardne bar kodove i upotrebljava sve neophodne provjere optičke čitljivosti. Napredni alati za brisanje i prosljeđivanje omogućuju detaljnu analizu i brzo procesiranje najzahtjevnijih ambalažnih dizajnerskih rješenja.



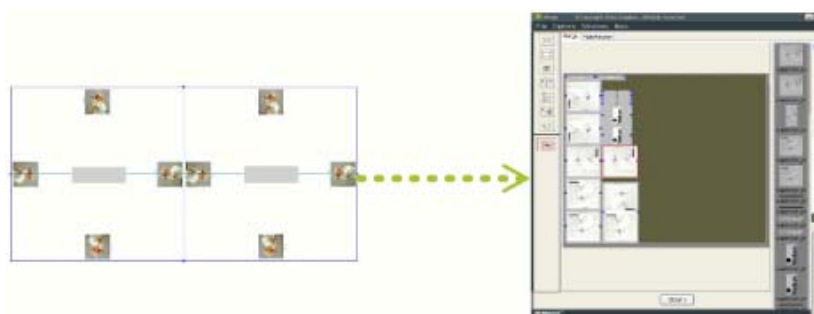
Slika 53. Sučelje *PackEdge* programa

- 2) *PlatePrep* je pomoćni alat razvijen za potrebe ispisa na tiskovnu formu koja je dislocirana (izvan tiskare), kao i za izradu tiskovnih formi na više CDI uređaja. Omogućuje operateru laku raspodjelu poslova na više uređaja, pri čemu se zadržava kontrola nad procesom i ujednačena kvaliteta.



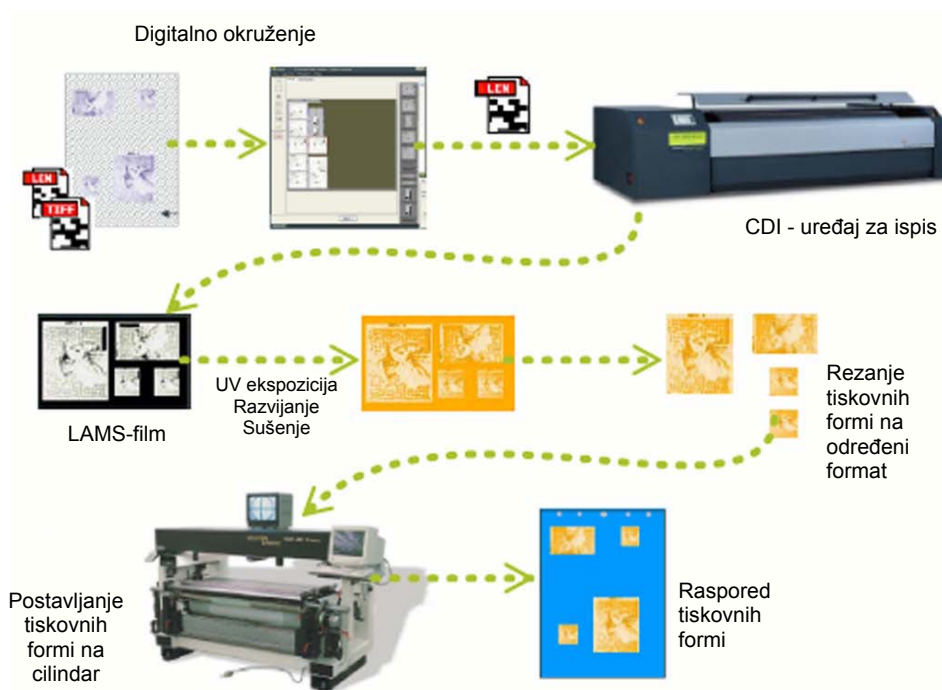
Slika 54. *PlatePrep* može kontrolirati ispis na nekoliko CDI uređaja

- 3) Svi CDI uređaji za ispis sadrže i *Grapholas* i *PlatePatcher* alatni paket koji nudi automatsku redukciju punog formata datoteke na manje dijelove a također vodi računa i o naknadnoj montaži. *PlatePatcher* omogućava veće iskorištavanje radne površine tiskovne forme uz smanjenje otpada, što znatno povećava produktivnost CDI uređaja (slika 55).



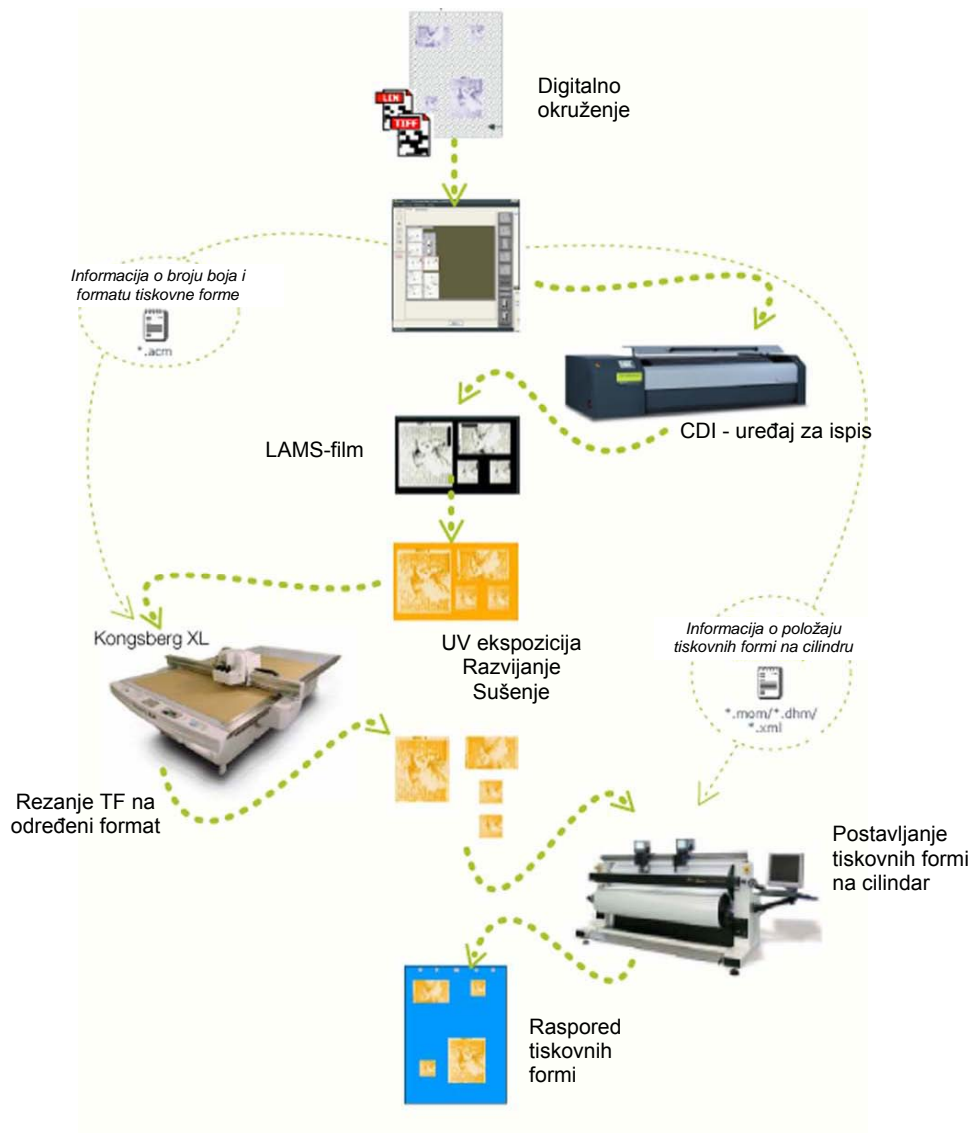
Slika 55. *PlatePatcher* - programski paket za obradu dokumenta

Primjermi na slikama 56. i 57. daju shemu *PlatePatcher* radnog toka.



Slika 56. *PlatePatcher* radni tok sa CDI uređajem za ispis i analognim uređajem za postavljanje fleksografskih tiskovnih formi

- 4) Rastriranje (RIP, *Raster Image Processor*) je alat za generiranje *PostScript* datoteke kojim se svi elementi sa dokumenta pretvaraju u bitmapirane podatke visoke rezolucije pogodne za ispis na tiskovnu formu. RIP interpretira *PostScript* datoteku tako što svakoj točki (pikselu) u datoteci koja se šalje na ispis dodjeljuje jednu od dvije vrijednosti, crno ili bijelo. Pikseli kojima je dodijeljena vrijednost punog tona se prema izabranoj tehnici rastriranja grupiraju se tako, da formiraju rasterske elemente. Etape kroz koje prolazi RIP su: interpretacija podataka, formiranje liste na kojoj se prikazuju svi elementi iz dokumenta i rasteri podataka čime se dana informacija pretvara u bitmapiranu sliku određene rezolucije. RIP definiira rezoluciju, kut rastriranja, oblik rasterskog elementa i sve rasterske funkcije.



Slika 57. PlatePatcher radni tok sa CDI uređajem za ispis, XL nožem za rezanje i uređajem za postavljanje fleksografskih tiskovnih formi

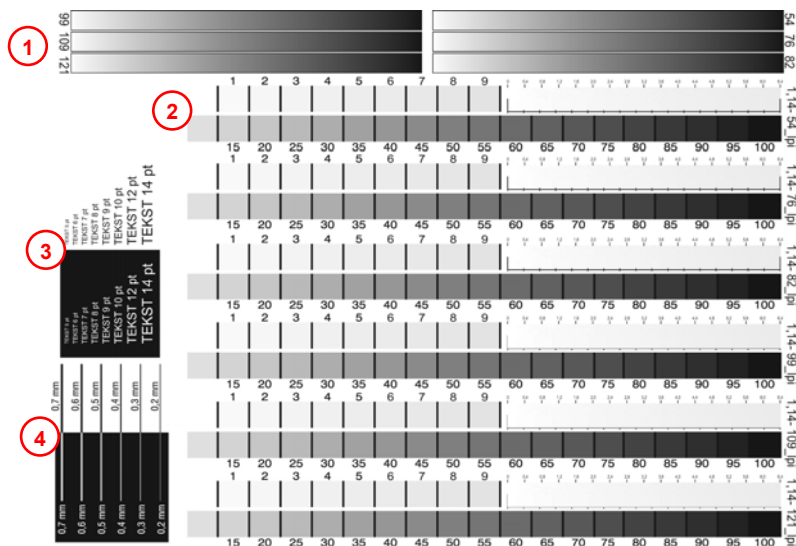
3.2. Priprema uzoraka

Uzorci fotopolimernih tiskovnih formi za ovo istraživanje (Asahi AFP-HF) izrađeni su u tvrtci za grafičke usluge Kliše-kop, Sv. Nedelja. Svi uzorci su bili debljine 1,14 mm, a obrađeni su i pripremljeni za ispis na Esko CDI Spark 5080 jedinici za izradu fotopolimernih tiskovnih formi. Tiskovne forme su višeslojne s LAMS slojem, koji se nakon ispisa i osvjetljavanja uklanja s površine polimera konvencionalnim razvijanjem.

U prvom koraku je provedena kalibracija uređaja i sustava za izradu tiskovnih formi (Poglavlje 2.5.4.). Pri tome se koriste računalno generirani kontrolni klinovi definirani od strane proizvođača koji sadrže niz polja s karakterističnim elementima (točke, linije, kružnice i slično) radi praćenja razine kvalitete izrađenih tiskovnih formi (slika 37.). Najčešće sadrže i mikrotekst u pozitivu i negativu radi definiranja najmanje veličine slovnih znakova koji se mogu reproducirati. Kod digitalnih postupaka izrade tiskovnih formi, točnije kod tiskovnih formi s LAMS maskom, takvi kontrolni klinovi omogućavaju praćenje i kvalitete ispisa na LAMS sloju. U prvoj fazi istraživanja kalibriran je uređaj za ispis te su definirani ostali uvjeti izrade fotopolimerne tiskovne forme, a obuhvaćaju definiranje vremena ablacije LAMS-maske, vremena trajanja predekspozicije i glavne ekspozicije, uvjete kemijskog razvijanja tiskovne forme te sušenja i postekspozicije.

U slijedećem koraku računalno je generirana karakteristična testna tiskovna forma sa svim potrebnim elementima za praćenje razine kvalitete tiskovnih formi (slika 58.). Testna forma sadrži polja s pokrivenostima površine od 1 do 100% i kontrolne elemente, poput slova i linija određene veličine i debljine u pozitivu i negativu radi mogućnosti praćenja reprodukcije različitih motiva. Također, sadrži i rasterska polja od 1, 2, ... , 8, 9 i 10% pokrivenosti površina radi mogućnosti praćenja reprodukcije svijetlih tonova, kao i polja s kontinuiranim prijelazom tonskih vrijednosti.

Uzorci tiskovnih formi za ovo istraživanje izrađeni su s različitim linijaturama rastera od 76, 99 i 121 l/cm, da bi se vidjele eventualne promjene na tiskovnoj formi uzrokovane mogućnošću reprodukcije manjih ili većih rasterskih elemenata.



Slika 58. Elementi testne tiskovne forme

(1 – kontinuirani tonski prijelazi; 2 – polja s različitim rastertonskim vrijednostima;

3 – tekst u pozitivu i negativu; 4 – linije u pozitivu i negativu)

Nakon definiranja testne forme izrađeni su prvi uzorci tiskovnih formi. Uvjeti njihove izrade (ablacija, ekspozicije, razvijanje, sušenje) su definirani od strane proizvođača za vrstu tiskovnih formi koja je korištena u ovom radu. Kako su mjerenja obuhvaćala određivanje pokrivenosti površine na poljima testne tiskovne forme dobivene su izmjerene vrijednosti krivulje reprodukcije tonova. Mjerenja provedena na tim uzorcima tiskovnih formi u rezultatima su definirani nazivom „kalibracijska krivulja sustava“.

Nadalje, obzirom na ograničenja koja se javljaju u procesu reprodukcije, a koja su izravno posljedica postupka izrade i same funkcionalnosti tiskovnih formi, posebno mora biti definiran način reprodukcije svijetlih tonova (Poglavlje 2.5.4.). U procesima izrade tiskovne forme zbog sastava i svojstva materijala tiskovne forme, kao i načina izrade, često je veličina tiskovnog elementa (najčešće promjer), kao i dubina reljefa (geometrijska razlika između tiskovnih i slobodnih površina) promijenjena i to najčešće u području svijetlih tonova (malih rastertonskih vrijednosti) [33]. Takva promjena može narušiti razinu kvalitete reproducirane slike. U ovisnosti o parametrima izrade tiskovne forme (tip tiskovne forme i uređaj za ispis, te naknadna obrada) takvu vrijednost je potrebno korigirati u trenutku prije početka samog postupka izrade tiskovne forme. Radi se prvenstveno o korekciji i prilagodbi tonova od 1 do 10% pokrivenosti površine a njihov iznos ovisi o mogućnostima reproduciranja pojedinog sustava. Način manipulacije i prilagodbe rastertonskih vrijednosti

provodi se na digitalnom dokumentu definiranjem najniže vrijednosti koju određen sustav može reproducirati, a najčešće je dostupna od samog proizvođača tiskovnih formi. *Bump-up* krivulja definira kako će se prilagoditi niske rastertonske vrijednosti postupku izrade tiskovnih formi. Za uzorke tiskovnih formi promatrane u ovom radu definirana je *bump-up* krivulja od 4,5% pokrivenosti površine, a rezultati mjerenja provedena na uzorcima su nazvani s „*bump-up*“ krivulja reprodukcije tonova.

Definiranjem *bump-up* krivulje slijedi postupak kojim se provodi prilagodba izrade fotopolimerne tiskovne forme novim kvalitativnim zahtjevima. Naime, slijedeći koraci u izradi uzoraka tiskovnih formi podrazumijevaju prilagodbu i kompenzaciju vrijednosti prirasta rasterskih elemenata koji ovise o specifičnostima pojedinog reprodukcijskog procesa (Poglavlje 2.7.). Radi se o prilagodbi iznosa postotka pokrivenosti površine za svaku pojedinu boju na određenom grafičkom proizvodu koji se želi reproducirati. Ta krivulja (kompenzacijska krivulja) ovisi prvenstveno o vrsti i svojstvima polimerne tiskovne forme, tiskovnoj podlozi, tiskarskom bojilu, tiskarskom sustavu i uvjetima reproduciranja. To znači da će za svaki pojedini proizvod biti definirana specifična kompenzacijska krivulja koja će biti svojstvena samo jednom reprodukcijskom procesu.

Na osnovi navedenog iz digitalnog dokumenta prvo su dobiveni uzorci tiskovne forme bez *bump-up* krivulje, tj. uzorci tiskovne forme s provedenom kalibracijom sustava (*uzorak-kalibracija*) i uzorci tiskovne forme sa *bump-up* krivuljom (*uzorak-bump-up*). Nakon dobivenog probnog otiska, na temelju vrijednosti pokrivenosti površine izmjerenih na otiscima (tiskovne forme sa *bump-up* krivuljom), a ovisno o tiskovnoj podlozi i samom tiskarskom sustavu, provedena je potrebna prilagodba rastertonskih vrijednosti za svaki uzorak tiskovne forme čiji je rezultat krivulja koja kompenzira prirast rasterskih elemenata u toku reprodukcije tzv. kompenzacijska krivulja. Time su, u slijedećem koraku, u svrhu utvrđivanja optimalne pripreme i procedure izrade fotopolimernih tiskovnih formi koje se izrađuju izravno iz računala, a koje će zadovoljiti specifičnosti pojedinog tiskarskog sustava, izrađena četiri uzorka tiskovnih formi za četiri različite vrste proizvoda. U radu su te tiskovne forme definirane kao: *uzorak 1*, *uzorak 2*, *uzorak 3*, *uzorak 4*. Nadalje, za svaki promatran uzorak izrađene su tiskovne forme za različite linijature rastera (76, 99, 121 lin/cm) da bi se vidjele eventualne promjene u definiciji promatranih digitalnih podataka.

Obzirom na moguću deformaciju (distorziju) tiskovnih elemenata na tiskovnoj formi koja se pojavljuje uslijed postavljanja i učvršćivanja tiskovne forme na temeljni cilindar također je računalno definiran i faktor distorzije za uzorke tiskovnih formi. Faktor distorzije izračunat je programskom podrškom za izračun distorzije (*Calculation Distorzion of Flexo Plates*) te je dobivena vrijednost unesena u aplikaciju koja omogućuje prilagodbu i tih vrijednosti reprodukcijom sustavu (Poglavlje 2.7.).

3.3. Materijali i uređaji

Za izradu tiskovnih formi je korišten uređaj za ispis EskoArtwork CDI Spark 5080 (slika 59.), osvjetljavanje (predekspozicija i glavna ekspozicija) je provedeno na uređaju BASF-Nyloflex, a razvijanje u uređaju za razvijanje tiskovnih formi Nyloflex-DGFlex 500. Korišten je digitalni radni tok, također tvrtke EskoArtwork za izradu fotopolimernih tiskovnih formi. Korištene tiskovne forme sadrže LAMS-ablativnu masku, koja se obrađuje s YAG laserom. Ovakav sustav ispisa predstavlja veliki korak naprijed u digitalnoj fleksografiji. CDI tiskovne forme odlikuju se kvalitetom i stabilnosti u tisku, koja je do sada samo bila ostvariva u ofsetnom tisku što omogućuje širenje poslovanja i granica fleksotiska. Cyrel™ uređaj za ispis nudi visoku kvalitetu tiskovnih formi, posebice u tisku fleksibilne ambalaže, kartonske ambalaže i za ambalažu od valovite ljepečke.



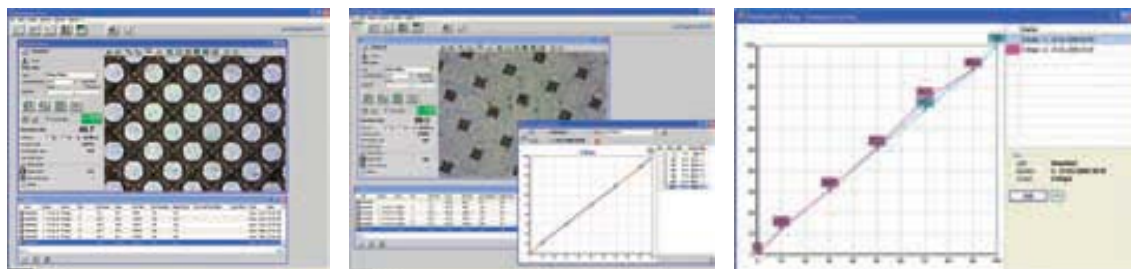
Slika 59. EskoArtwork CDI Spark 5080

Za provođenje postupka prilagodbe tiskovne forme reprodukciji i njenim zahtjevima, korišten je *Artworkov Nexus* radni tok za fleksotisak. *Symphony* je komponenta *Nexusa* koja provodi korekcije tiskovnih formi putem *bump-up-a* i kompenzacijskih krivulja. *Symphony* omogućuje preciznu kontrolu najmanjih i najvećih vrijednosti na tiskovnoj formi te podržava različite izlazne jedinice (uređaj za ispis na tiskovne forme, laserski pisač, stroj za digitalni tisak, ink jet pisač i sl.) iz jedinstvene RIP datoteke. Uz mogućnost simulacije otiska na različitim tiskovnim podlogama korekcija tiskovne forme je olakšana.

3.4. Instrumentalno mjerenje

Radi definiranja vrijednosti kompenzacijske krivulje, pristupilo se prilagođavanju postupka izrade tiskovnih formi novim kvalitativnim zahtjevima u okviru promatranog sustava reproduciranja. Na svim uzorcima tiskovnih formi mjerene su vrijednosti pokrivenosti površina na poljima kontrolnog klina sa slike 58. Nakon računalno vođene prilagodbe tiskovnih formi kompenzacijskom krivuljom i mjerenjem pokrivenosti površina, provedla se obrada dobivenih rezultata te su određene korelacije parametara: digitalni dokument - tiskovna forma - mogućnost reprodukcije motiva - kompenzacijska krivulja - tiskovna podloga.

Mjerenja površina tiskovnih formi provedena su *VipFLEX*-om, uređajem za analizu tiskovnih elemenata i slobodnih površina na tiskovnoj formi za fleksotisak. Osim tiskovne forme za fleksotisak, *VipFLEX* ima mogućnost mjerenja na otiscima i filmovima, a koristi programsku podršku *PlateQuality Flexo* za analizu i pohranjivanje podatka (slika 60.). Omogućava mjerenje frekvencije ili linijature rastera, pokrivenosti površine (%), analizu profila površine tiskovnih elemenata (oblik, visina i kut), udaljenost između tiskovnih elemenata i njihov promjer te određuje kut rastriranja.



Slika 60. Prikaz rezultata mjerenja površine tiskovne forme *vipFLEX* uređajem

Radi vizualne analize karakterističnih polja uzorci tiskovnih formi su mikroskopski snimljeni sa *Olympus Metallurgical Microscope BX51*. Radi se o industrijskoj verziji mikroskopa namijenjenoj za proučavanje metalnih i polimernih površina. Mikroskop je opremljen sustavom *UIS2 Optical System* te je povezan sa računalom. UIS2 sustav leća posjeduje širok spektra povećanja točnosti od 0,1 mm a snimka se može promatrati izravno na okularima ili digitalno na zaslonu.

4. REZULTATI

Rezultati istraživanja su podijeljeni u dvije skupine. U prvoj skupini su prikazani rezultati mjerenja na uzorcima podijeljenim prema linijaturi ispisa (76, 99 i 121 lincm⁻¹) tako da su praćene promjene u pokrivenosti površina između idealne - računalno definirane krivulje (pravca pod kutem od 45°), kalibracijske krivulje sustava izrade tiskovnih formi (K76, K99 i K121) i *bump-up* krivulje (B76, B99 i B121). Tim rezultatima će se vidjeti u kojoj mjeri se razlikuje vrijednost pokrivenosti površina kod prilagođavanja digitalnih podataka za slučaj kada je CtP uređaj kalibriran a nije primijenjena *bump-up* krivulja, te za slučaj kada je CtP uređaj kalibriran i primijenjena je *bump-up* krivulja kao različitih linijatura.

Druga skupina rezultata prikazuje vrijednosti pokrivenosti površina podijeljenih prema prilagođenim podacima za reprodukciju određenog grafičkog proizvoda (UZ1, UZ2, UZ3, UZ4). Kako je promatran postupak prilagođavanja krivulja reprodukcije tonova za četiri različita proizvoda rezultati prikazuju nominalne i izmjerene vrijednosti na četiri uzoraka tiskovnih formi. Svaki je uzorak tiskovne forme izrađen s tri promatrane linijature (76, 99 i 121 lincm⁻¹).

Za svaki dobiveni rezultat prikazane su vrijednosti reproduciranja svih tonova od 0, 5, 10, 15, ... do 95 i 100 % pokrivenosti površina. Posebno su izdvojene vrijednosti pokrivenosti površina od 0 do 10% zbog boljeg prikaza promjena koje su uslijedile predloženim modelom prilagođavanja reprodukcije svijetlih tonova.

Na dijagramima sa slika 61. do 63. prikazani su rezultati mjerenja na uzorcima prema linijaturi ispisa (76, 99, 121 lincm⁻¹), te su praćene promjene u pokrivenosti površine između idealne (računalno definirane vrijednosti), kalibracijske krivulje sustava i *bump-up* krivulje. Na svim uzorcima prvo su prikazane vrijednosti krivulja reprodukcije svih tonova (od 0 do 100% pokrivenosti površine (slike a) a zatim područje reprodukcije svijetlih tonova (slike b).

Na slikama je vidljivo da su krivulje reprodukcije tonova relativno ujednačene, neovisno o linijaturi i da li je primijenjena *bump-up* krivulja. Kada se promatraju vrijednosti kalibracijske krivulje sustava izrade tiskovnih formi (K76, K99, K121), odstupanja od

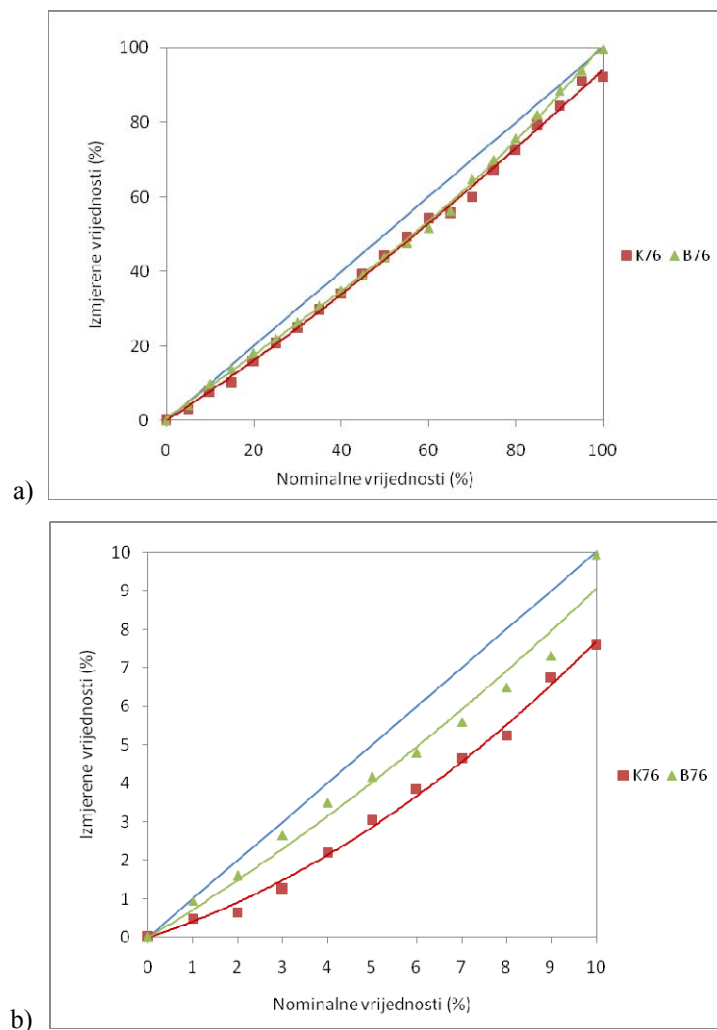
idealnih vrijednosti (pravca pod kutem od 45°) su gotovo iste se sve promatrane linijature. Ako se promatraju *bump-up* krivulje za različite linijature, vide se određena odstupanja, s time da su u većini slučajeva vrijednosti *bump-up*-a više od vrijednosti pokrivenosti površine na tiskovnim formama dobivenih kalibracijom sustava. Posebno se vide veća odstupanja u području svijetlih i tamnijih tonova s manjim odstupanjima u srednjim tonovima (oko 50%).

Obzirom da je znano (Poglavlje 2.7.) da se *bump-up* krivulja primjenjuje radi mogućnosti reprodukcije svijetlih tonova iz dijagrama je vidljivo da utječe i na prijelaz tonskih vrijednosti i reprodukciju tamnih tonova. Očito se identična pojava javlja i kod reprodukcije tamnih tonova, gdje zbog istih uvjeta, kao i kod reprodukcije svijetlih tonova, dolazi do deformacije oblika tiskovnog elementa i povećanja vrijednosti pokrivenosti površina na tiskovnoj formi i posljedično, na otisku. Kod linijature od 76 lincm^{-1} veće je odstupanje od idealnog pravca što bi značilo da se pokrivenost površine kod npr. 20% na digitalnom dokumentu reproducira kao npr. 15 % na tiskovnoj formi. Također je vidljivo da se u srednjim vrijednostima pokrivenosti površine (50-80%) gotovo nema razlike između mjerenih vrijednosti na tiskovnoj formi sa *bump-up* krivuljom u odnosu na tiskovnu formu bez *bump-up* krivulje. Ako gledamo krivulje koje opisuju tijekom izmjerenih vrijednosti može se primjetiti da do 40% nominalnih vrijednosti nema razlike, a nakon toga se razlika između krivulje koja opisuje vrijednosti na tiskovnoj formi bez *bump-up* krivulje u odnosu na krivulju vrijednosti na tiskovnoj formi sa *bump-up* povećava s povećanjem nominalnih vrijednosti pokrivenosti površine.

Prikazom uzoraka različitih linijatura ($76, 99$ i 121 lincm^{-1}) iz dijagrama je vidljivo da je kod veće linijature veća razlika u vrijednostima pokrivenosti površine (naročito kod svijetlih tonova), te je time potrebna i veća vrijednost *bump-up*-a da bi se svijetli tonovi u najvećoj mogućoj mjeri pravilno reproducirali.

Na slikama označenim sa b) prikazane su krivulje reprodukcije tonova od 0 do 10 % pokrivenosti površine radi praćenja utjecaja primjene *bump-up* krivulje na reprodukciju svijetlih tonova. Na slikama 61.b do 63.b se mogu pratiti veća odstupanja u pokrivenosti površina od idealnog pravca kao i odstupanja od kalibracijske krivulje sustava. Iz dijagrama je, također vidljivo, da vrijednosti pokrivenosti površine kod linijature od 76

lin cm^{-1} imaju najmanje odstupanje od idealne linije (računalno definirane vrijednosti). To znači da se vrijednosti pokrivenosti površine od npr. 4 % na digitalnom dokumentu reproduciraju kao 1 ili 2 % na tiskovnoj formi. Takva promjena neće rezultirati otiskom zadovoljavajuće kvalitete jer te vrijednosti neće moći biti reproducirane. Primjenom *bump-up* krivulje, u istom sustavu, prilagođene su vrijednosti reproduciranja svijetlih tonova specifičnostima reprodukcijskog procesa.

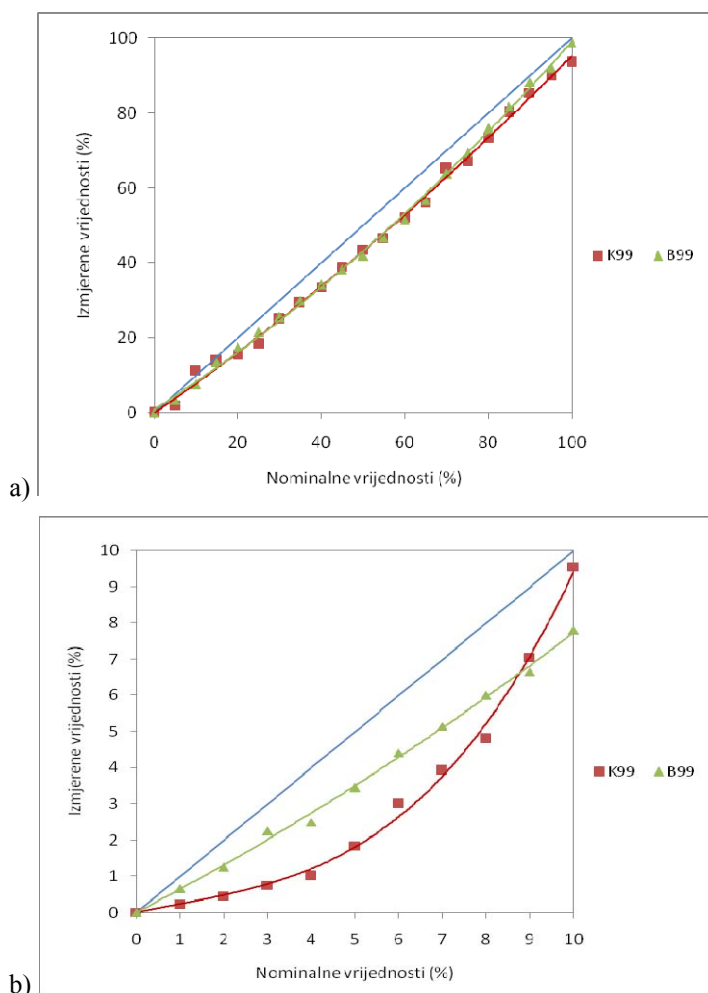


Slika 61. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s provedenom kalibracijom sustava (bez *bump-up*) i sa *bump-up* krivuljom kod linijature od 76 lin cm^{-1}
a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

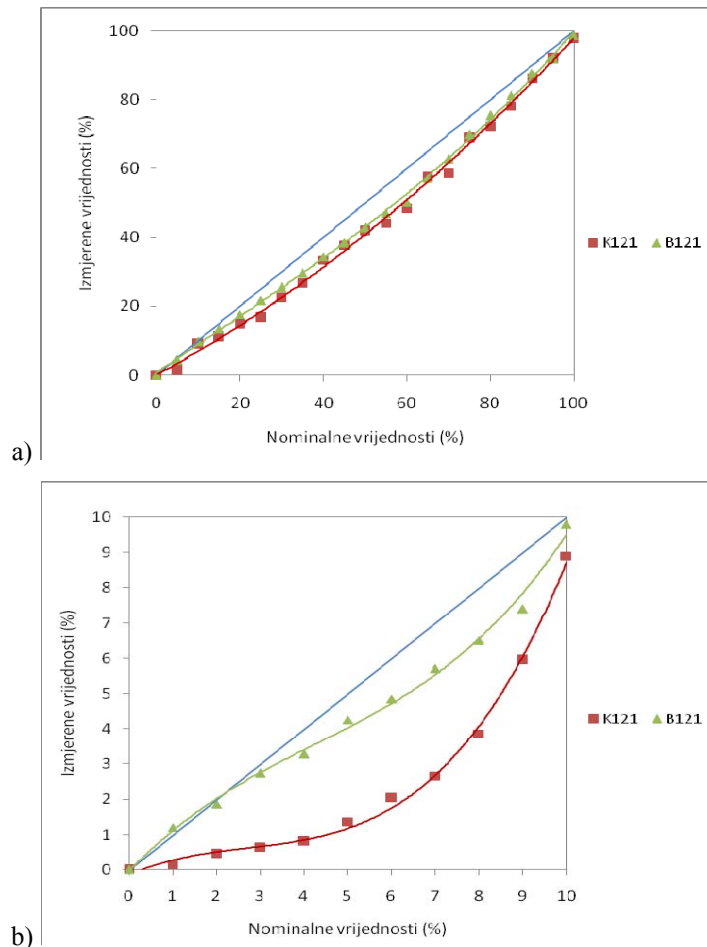
Na slici 61.b se vidi da je uslijed primjene *bump-up* krivulje nominalna vrijednost od 4% identično reproducirana na tiskovnoj formi, odnosno isto 4%. Iz slike je vidljivo da se upotrebom *bump-up* krivulje povisuju vrijednosti pokrivenosti površine kod niskih

vrijednosti pokrivenosti površine. Povećanje vrijednosti je približno stalno u cijelom prikazanom intervalu i iznosi oko 2%.

Sličan trend se može primijetiti i kod uzoraka linijature 99 i 121 lincm⁻¹ gdje se vidi da se primjenom *bump-up* krivulje povećavaju vrijednosti pokrivenosti površine, s time da je najveća promjena vidljiva na uzorku od 121 lincm⁻¹. Razlika između vrijednosti pokrivenosti površine na tiskovnoj formi sa *bump-up* krivuljom (kod linijature 99 lincm⁻¹) u odnosu na tiskovnu formu bez *bump-up* krivulje se smanjuje, te na nominalnoj vrijednosti od 9 i 10% pokrivenosti površine izmjereno na tiskovnoj formi bez *bump-up* krivulje više od vrijednosti na tiskovnoj formi sa *bump up* krivuljom.



Slika 62. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s provedenom kalibracijom sustava (bez *bump-up*) i sa *bump-up* krivuljom kod linijature od 99 lincm⁻¹
a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

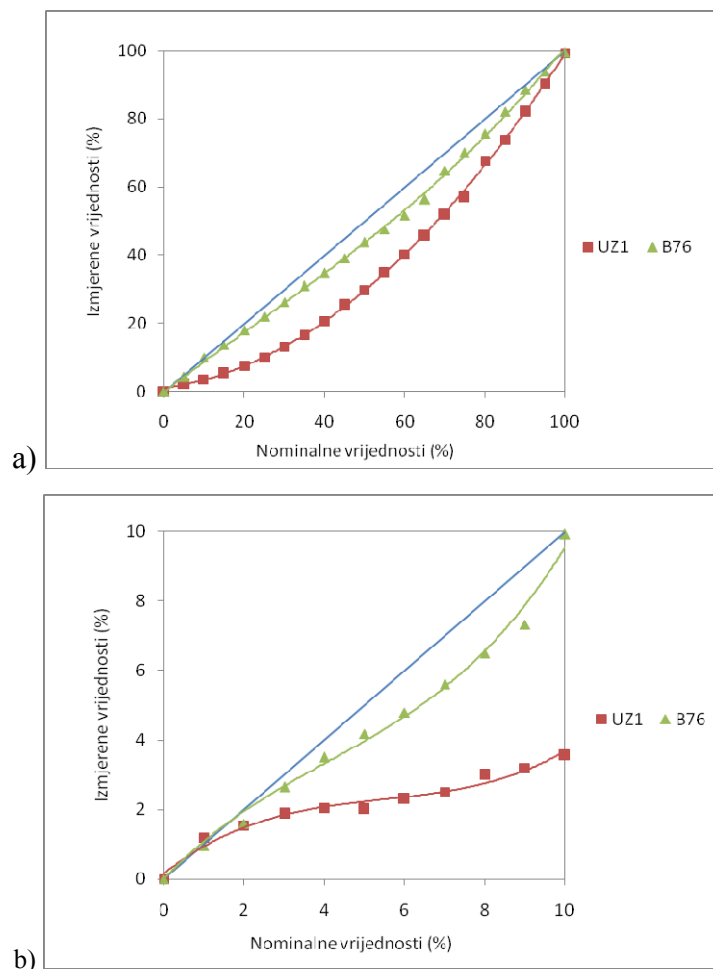


Slika 63. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s provedenom kalibracijom sustava (bez *bump-up*) i sa *bump-up* krivuljom kod linijature od 121 lincm^{-1}

a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Druga skupina rezultata prikazuje vrijednosti pokrivenosti površina podijeljenih prema prilagođenim digitalnim podacima za određen grafički proizvod. Kako je promatran postupak prilagođavanja krivulja reprodukcije tonova za četiri različita proizvoda rezultati prikazuju nominalne i izmjerene vrijednosti pokrivenosti površine na četiri uzoraka tiskovnih formi koji su u rezultatima su označeni s UZ1, UZ2, UZ3, UZ4.

Kako je vidljivo iz dijagrama na slikama 64. do 75. posebno su izrađene i mjerene tiskovne forme namijenjene reprodukciji četiri različita proizvoda. Svaki je uzorak tiskovne forme ispisan s tri promatrane linijature (76, 99 i 121 lincm^{-1}), te su promatrane i promjene u pokrivenosti površine između idealne (računalno definirane vrijednosti) i *bump-up* krivulje.



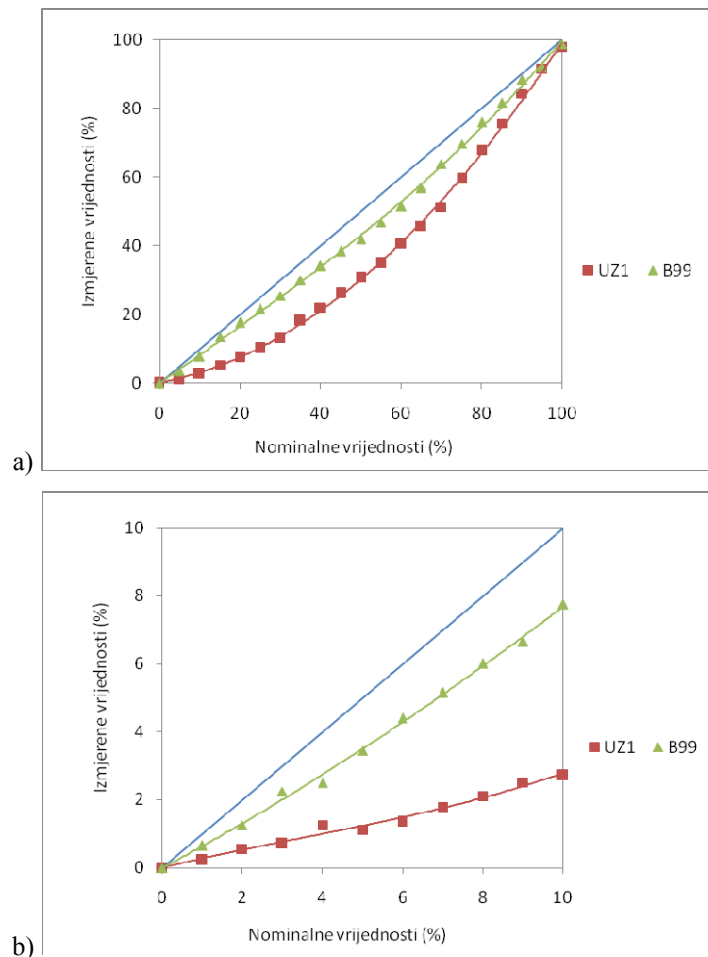
Slika 64. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 1 (Uzorak 1) kod linijature 76 lincm^{-1}
 a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Na slikama označenim sa a) prikazane su krivulje reprodukcije tonova od 0 do 100% pokrivenosti površine. Na dijagramu na slici 64. prikazano je mjerenje na Uzorku 1, sa različitim linijaturama (76, 99, 121 lincm^{-1}). Iz rezultata mjerenja je vidljivo da se primjenom krivulje prilagođavanja reprodukcije tonova sve vrijednosti pokrivenosti površine u određenoj mjeri smanjuju. Najveći pomak od idealne i *bump-up* krivulje je kod srednjih vrijednosti (od 40 do 60%). Na većim linijaturama (99, 121 lincm^{-1}) odstupanja u postotku pokrivenosti površine se povećava od idealne i *bump-up* krivulje.

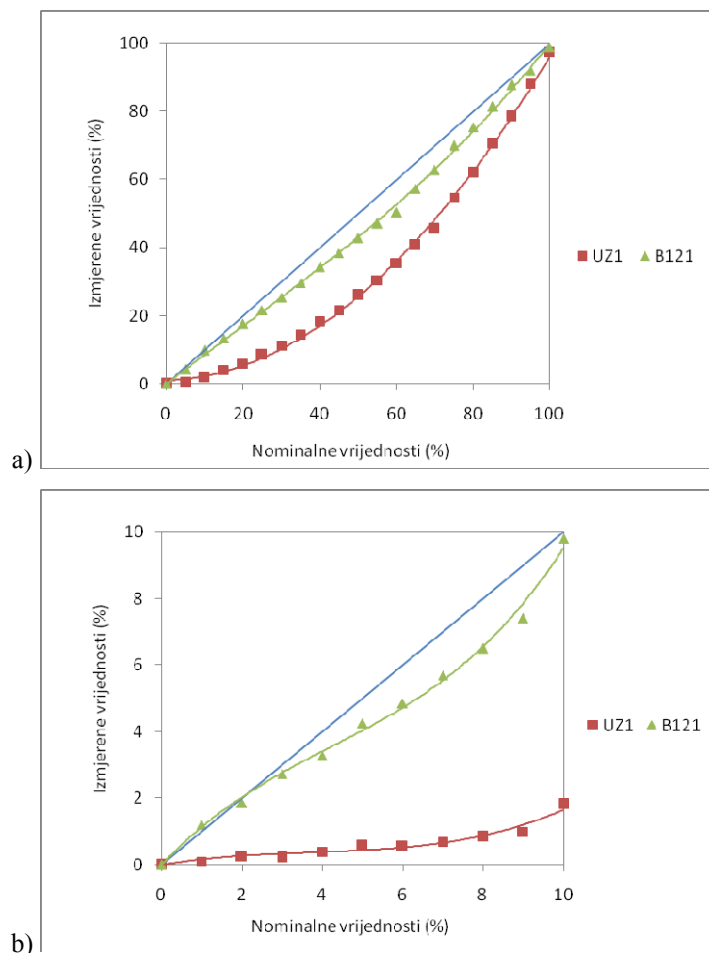
Na slikama označenim sa b) prikazane su reprodukcije tonova od 0 do 10% pokrivenosti površine za Uzorak 1 linijature od 76, 99, 121 lincm^{-1} . Iz priloženog dijagrama možemo vidjeti da imaju veće odstupanje od idealne (računalno definirane vrijednosti). Primjenom

bump-up krivulje prilagođene vrijednostima reprodukcijskog procesa, vidljivo je da se nominalne vrijednosti u skladu sa procesom reprodukcije približavaju vrijednostima idealne (računalno definirane vrijednosti) s time da su primjenom korekcijske krivulje na tiskovnim formama vrijednosti pokrivenosti vidljivo manje.

Zanimljivo je primijetiti da primjenom *bump-up* krivulje, koja načelno djeluje samo na područje svijetlih tonova, mijenjaju vrijednosti duž cijelog spektra tonova. Očito je, najvjerojatnije, nemoguće intervenirati izravno samo na svijetle tonove (do 5 ili 10% pokrivenosti površine) da bi se dobio kontinuirani prijelaz tonova u svjetlijim nijansama. Iz tog razloga se može reći da *bump-up* djeluje na cijeli spektar tonova.



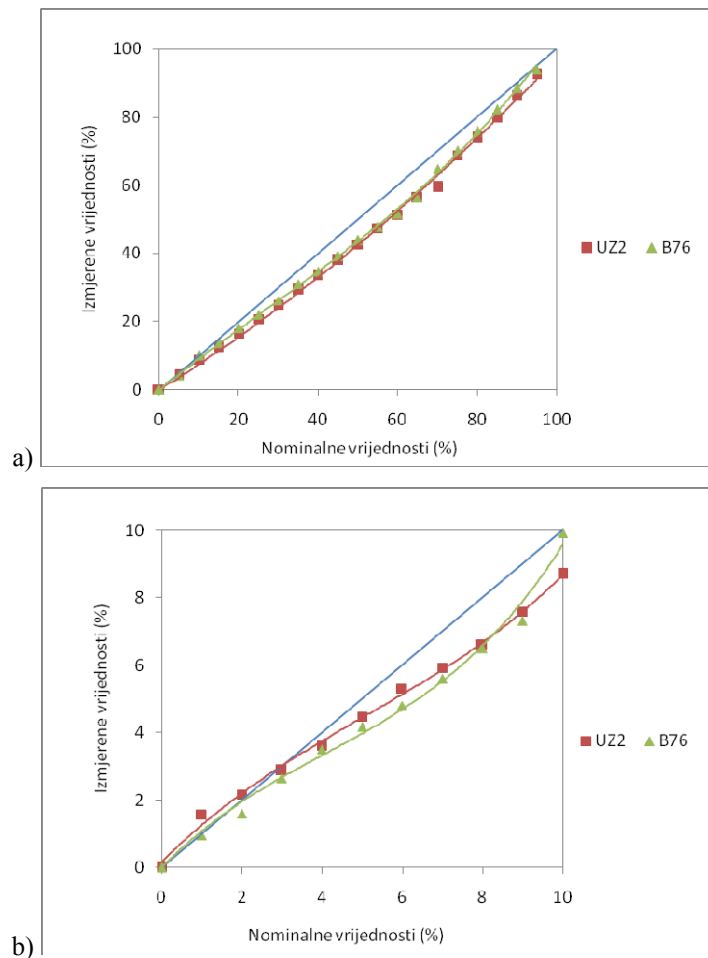
Slika 65. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 1 (Uzorak 1) kod linijature 99 lin cm^{-1}
a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine



Slika 66. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 1 (Uzorak 1) kod linijature 121 lin cm^{-1}
a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Na slikama 67. do 69. prikazani su rezultati mjerenja na tiskovnim formama namijenjenim reprodukciji drugog proizvoda (uzorak 2). Rezultati prikazuju nominalne i izmjerene vrijednosti na uzorcima tiskovnih formi.

Na slikama označenim sa a), prikazane su krivulje reprodukcije tonova za UZ 2 od 0 do 100% pokrivenosti površine. Kod linijature od 76 i 99 lin cm^{-1} je vidljivo da su *bump-up* i kompenzacijska krivulja skoro identične. Određeno odstupanje postoji kod uzorka na 121 lin cm^{-1} gdje su vrijednosti krivulje prilagođavanja u prvom koraku (do 50%) niže od *bump-up*-a, a u drugom koraku (od 50%) više od *bump-up* krivulje.



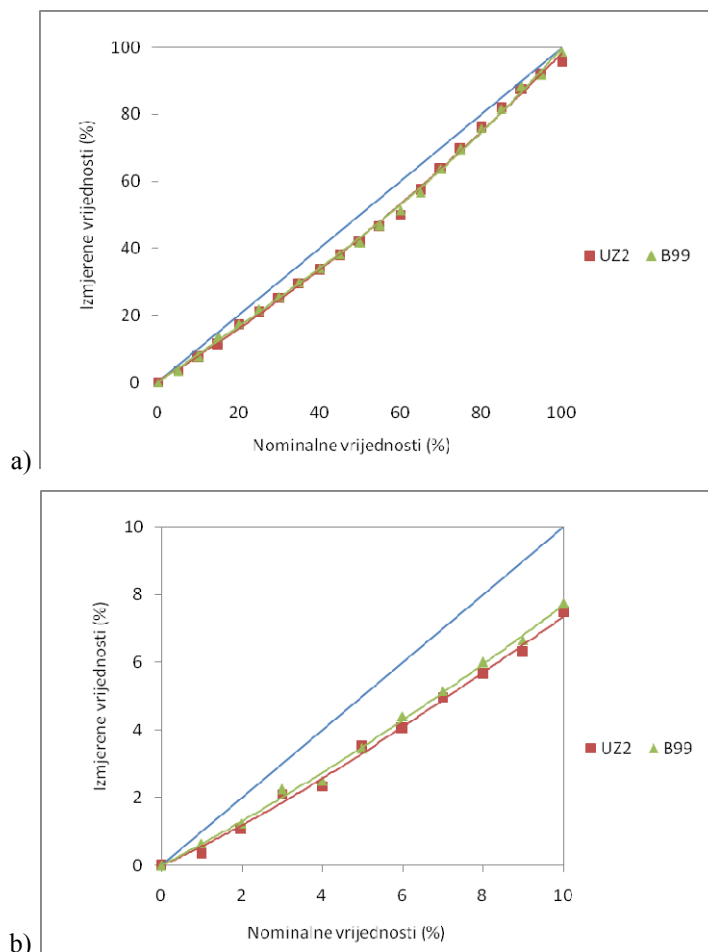
Slika 67. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 2 (Uzorak 2) kod linijature 76 lincm^{-1}
a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Iz rezultata je vidljivo da kod linijature od 76 lincm^{-1} postoji veće odstupanje od idealne (računalno definirane vrijednosti), to bi značilo da se pokrivenost površine kod npr. 20% na digitalnom dokumentu reproducira kao npr. 15% na tiskovnoj formi. Primjenom *bump-up* krivulje prilagođene za te vrijednosti specifičnostima reprodukcijskog procesa. Na slikama a) se vidi da je uslijed primjene *bump-up* krivulje nominalna vrijednost od 20% identično reproducirana na tiskovnoj formi, odnosno isto 20%, posebice kod 99 lincm^{-1} .

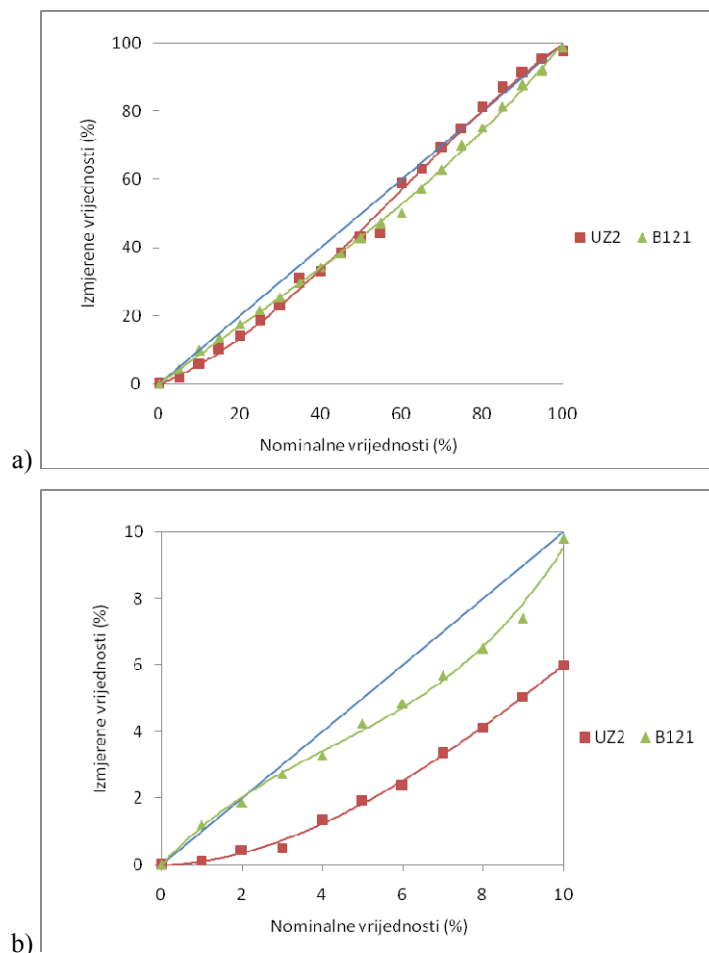
Na slikama označenim slovom b), prikazane su krivulje reprodukcije tonova od 0 do 10% pokrivenosti površine, iz kojih je vidljivo da vrijednosti pokrivenosti površine kod linijature 76 lincm^{-1} imaju najmanje odstupanje od idealne linije (računalno definirane vrijednosti). To znači da se vrijednosti pokrivenosti površine od npr. 2% na digitalnom

dokumentu reproduciraju kao 1% na tiskovnoj formi. Takva promjena neće rezultirati otiskom zadovoljavajuće kvalitete jer te vrijednosti neće moći biti reproducirane. Primjenom *bump-up* krivulje prilagođene za te vrijednosti specifičnostima reprodukcijskog procesa. Na slici b) se vidi da je uslijed primjene *bump-up* krivulje nominalna vrijednost od 2% identično reproducirana na tiskovnoj formi, odnosno isto 2%.

S obzirom da su promatrani uzorci tiskovnih formi različitih linijatura (76, 99, 121 lin cm^{-1}) vidljivo je iz dijagrama da je kod veće linijature veća razlika u vrijednostima pokrivenosti površine (posebice kod svijetlih tonova), te je time potrebna i veća vrijednost *bump-up*-a da bi se svijetli tonovi koliko je to moguće pravilno reproducirali.



Slika 68. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 2 (Uzorak 2) kod linijature 99 lin cm^{-1}
a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine



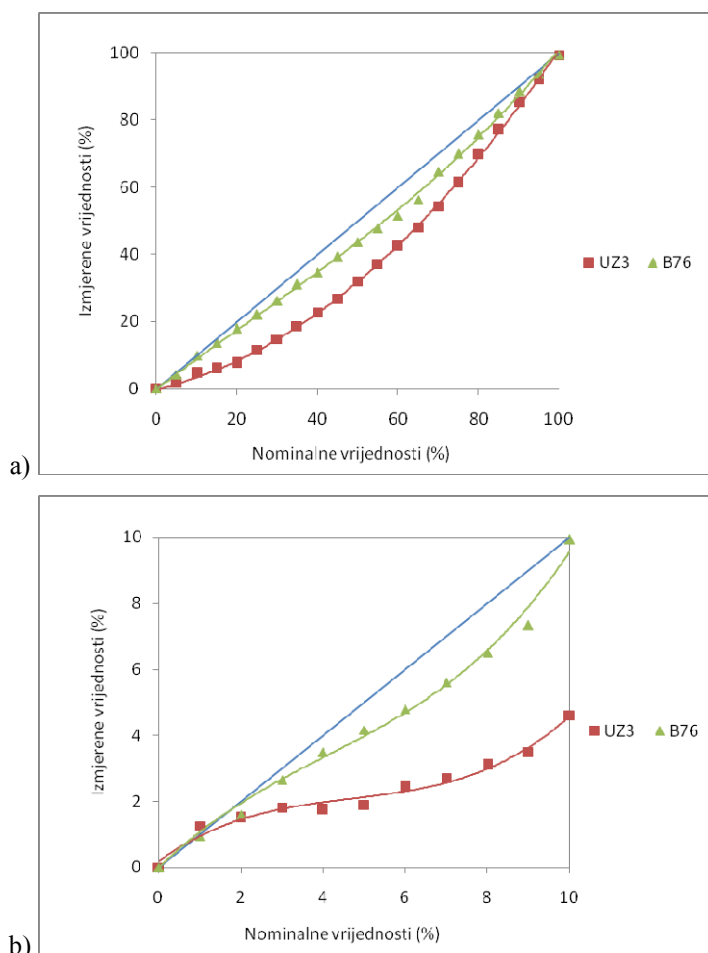
Slika 69. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 2 (Uzorak 2) kod linijature 121 lincm^{-1}
 a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Na dijagramima sa slika 70. do 72. prikazani su rezultati mjerenja na uzorcima tiskovnih formi prema linijaturi ispisa ($76, 99, 121 \text{ lincm}^{-1}$) te je promatran postupak prilagođavanja krivulja reprodukcije tonova za treći grafički proizvod (Uzorak 3).

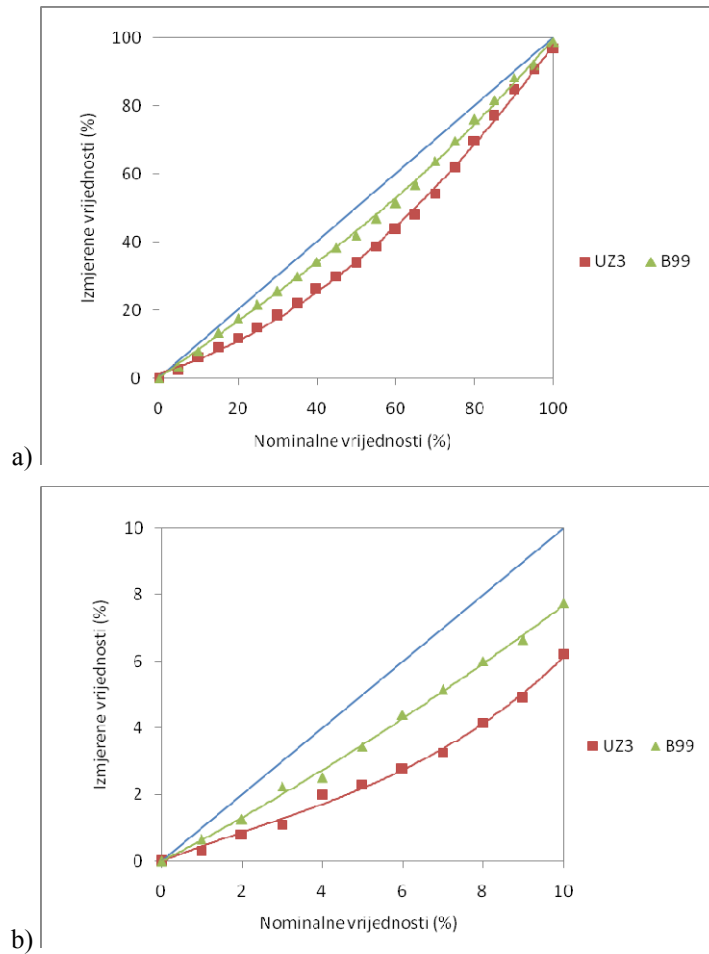
Na slikama označenim sa a) prikazane su krivulje reprodukcije tonova od 0 do 100% pokrivenosti površine. Na slikama se vide odstupanja od idealne i *bump-up* krivulje u odnosu na krivulju prilagođavanja. Najveća su odstupanja u području srednjih tonova (od 40 do 60%) što se zapravo i očekivalo jer je to područje reprodukcije koje je najviše podložno prirastu rasterskih elemenata na otiscima. Veće smanjenje vrijednosti pokrivenosti površine u tom području na tiskovnim formama rezultirat će manjim prirastom u tisku. Naravno, prema standardima za grafičku reprodukciju u fleksotisku [57] granične vrijednosti prirasta su definirane prema vrsti tiskovnih formi i tiskovnih podloga

na koje se otiskuje. Na slikama označenim b) prikazane su krivulje reprodukcije tonova od 0 do 10 % pokrivenosti površine, iz kojih je vidljivo da vrijednosti pokrivenosti površine kod linijature od 121 lincm^{-1} imaju najveće odstupanje od idealne linije (računalno definirane vrijednosti). To znači da se vrijednosti pokrivenosti površine od npr. 3 % na digitalnom dokumentu reproduciraju čak manje od 1% na tiskovnoj formi.

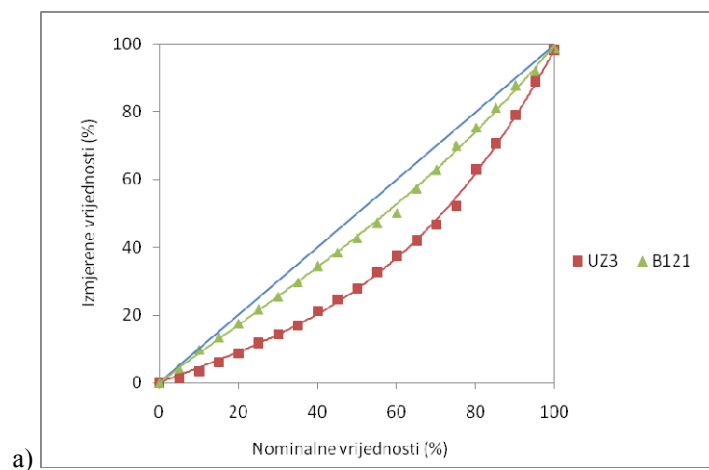
Takva promjena neće rezultirati otiskom zadovoljavajuće kvalitete jer te vrijednosti neće moći biti reproducirane. Primjenom *bump-up* krivulje prilagođene za te vrijednosti specifičnostima reprodukcijskog procesa vrijednosti su promijenjene. Na slikama b) se vidi da je uslijed primjene *bump-up* krivulje nominalna vrijednost od npr. 3% identično reproducirana na tiskovnoj formi, odnosno isto 3%.

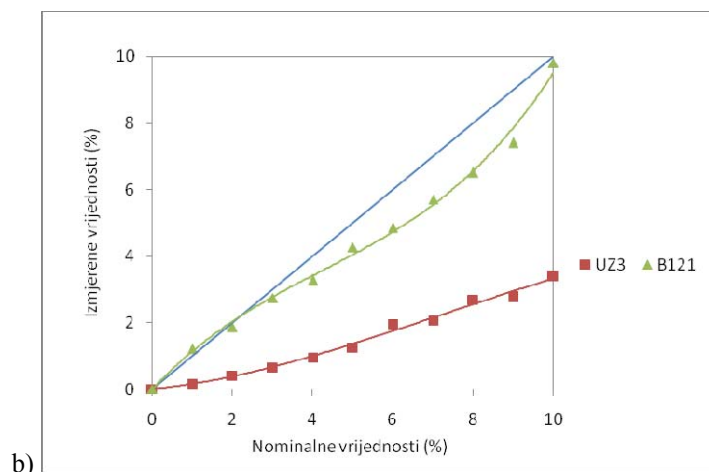


Slika 70. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 3 (Uzorak 3) kod linijature 76 lincm^{-1}
a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine



Slika 71. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 3 (Uzorak 3) kod linijature 99 lin cm^{-1}
 a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine



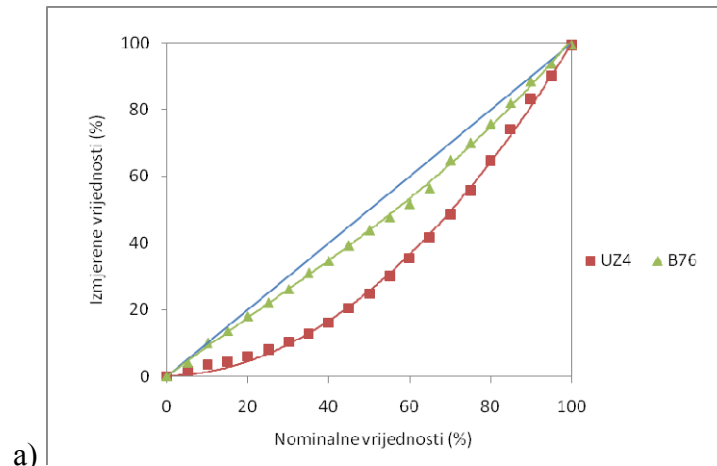


Slika 72. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 3 (Uzorak 3) kod linijature 121 lincm⁻¹
 a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

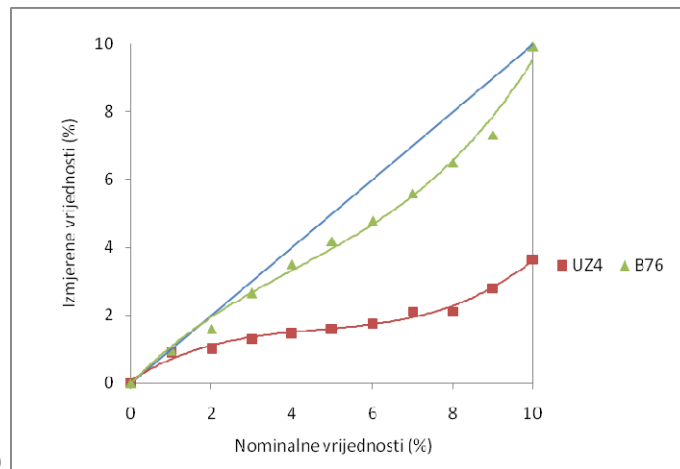
Iz dijagrama na slikama 73. do 75. prikazani su rezultati mjerenja na uzorcima tiskovnih formi te su praćene promjene u vrijednostima pokrivenosti površina dobivenih prilagođavanjem postupka izrade tiskovnih formi četvrtom proizvodu (Uzorak 4).

Na slikama označenim sa a) prikazane su krivulje reprodukcije tonova od 0 do 100% pokrivenosti površine. Vidljivo je u dijagramima da kod svih linijatura postoji određeno odstupanje od idealne (računalno definirane vrijednosti), *bump-up* krivulje i krivulje prilagođavanja. Odstupanja su ujednačena na linijaturama od 76 i 121 lincm⁻¹, a nešto je manje kod linijature 99 lincm⁻¹.

Na slikama označenim b) prikazane su krivulje reprodukcije tonova od 0 do 10% pokrivenosti površine te se vidi da su vrijednosti krivulje prilagođavanja ujednačene. To znači da se vrijednosti pokrivenosti površine od npr. 4% na digitalnom dokumentu reproduciraju kao 1 ili 2 % na tiskovnoj formi za sve promatrane linijature. Takva promjena neće rezultirati otiskom zadovoljavajuće kvalitete jer te vrijednosti neće moći biti reproducirane. Također je vidljivo da je uslijed primjene *bump-up* krivulje nominalna vrijednost od 3% identično reproducirana na tiskovnoj formi, odnosno isto 3%, ali je očito krivuljom prilagođavanja takva vrijednost promijenjena. Jednak trend se može primijetiti za sve promatrane vrijednosti svijetlih tonova.

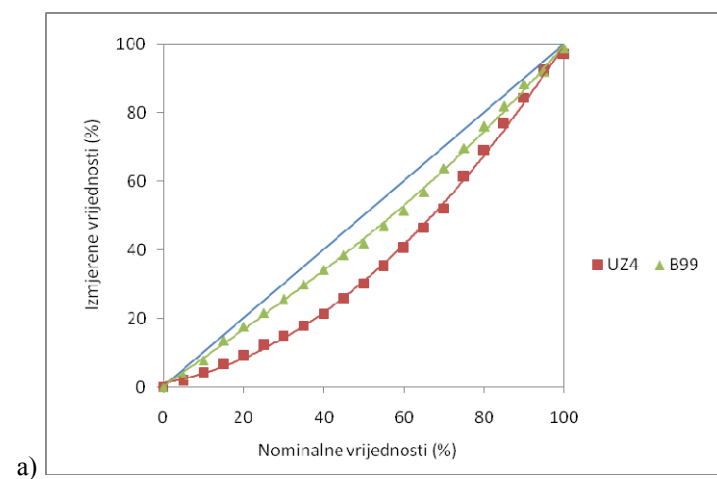


a)

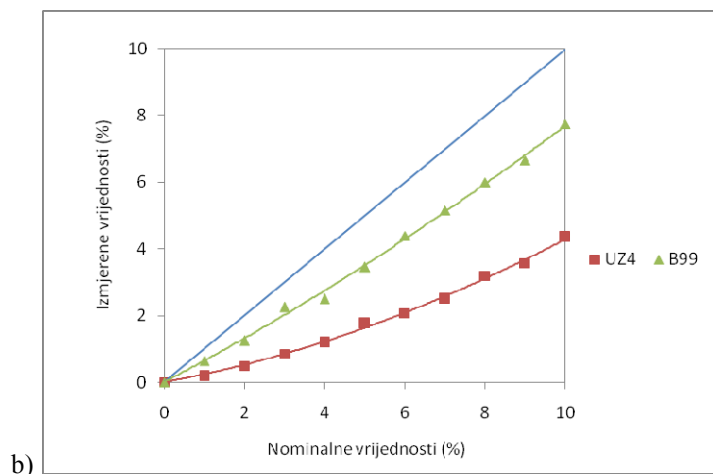


b)

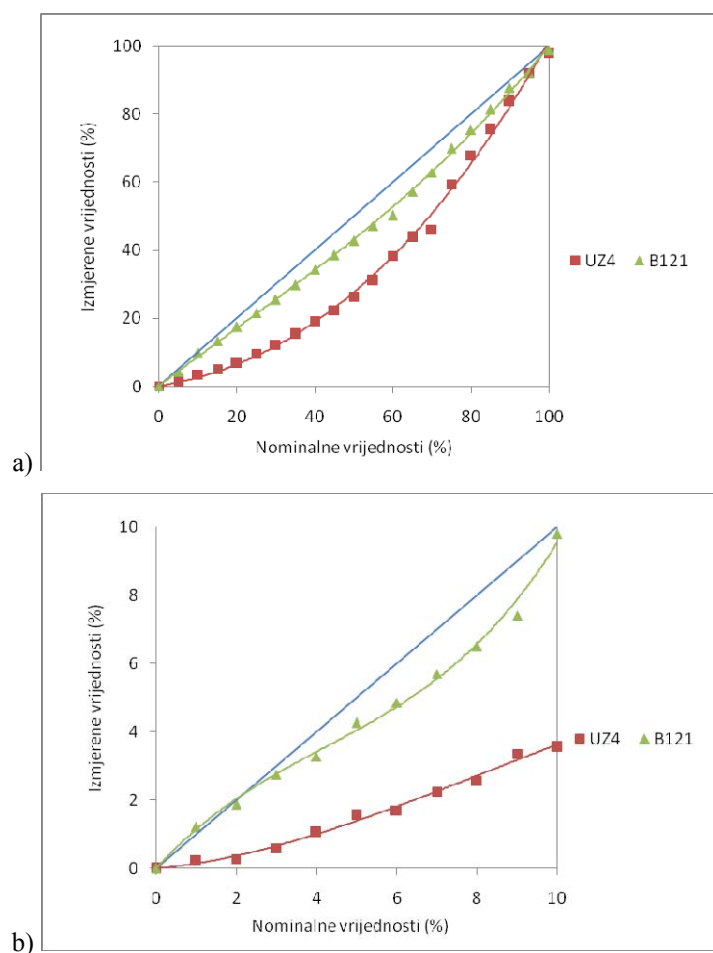
Slika 73. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 4 (Uzorak 4) kod linijature 76 lincm^{-1}
 a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine



a)



Slika 74. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 4 (Uzorak 4) kod linijature 99 lin cm^{-1}
 a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine



Slika 75. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 4 (Uzorak 4) kod linijature 121 lin cm^{-1}
 a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

S obzirom da su promatrane tiskovne forme ispisane različitim linijatura (76, 99 i 121 lincm^{-1}) može se reći da je kod veće linijature veća razlika u vrijednostima pokrivenosti površine (naročito kod svijetlih tonova), te je time potrebna i veća vrijednost *bump-up*-a da bi se ti tonovi što pravilnije reproducirali.

5. RASPRAVA

U radu su promatrani modeli prilagođavanja postupka izrade fotopolimernih tiskovnih formi različitim kvalitativnim zahtjevima. Radi se o prilagodbi digitalnog dokumenta, koji će se reproducirati u fleksotisku, specifičnostima određenog sustava reproduciranja koju je nužno provesti radi dobivanja grafičkog proizvoda optimalne razine kvalitete. Rezultati istraživanja su podijeljeni u dvije skupine. U prvoj skupini su prikazani rezultati mjerenja na uzorcima podijeljenim prema linijaturi ispisa (76, 99 i 121 lin cm^{-1}), tako da su praćene promjene u pokrivenosti površina između idealne - računalno definirane krivulje (pravca pod kutem od 45°), kalibracijske krivulje sustava izrade tiskovne forme i *bump-up* krivulje.

Rezultati mjerenja su dobiveni određivanjem odstupanja u vrijednostima pokrivenosti površina na uzorcima tiskovnih formi o nominalnim (idealnim) vrijednostima. Kako sam reproduksijski proces ima određena tehnološka ograničenja u mogućnostima reprodukcije tonova (slika 44.) promjene koje su dobivene mjerenjima na tiskovnim formama zapravo su i očekivane zbog potrebe prilagođavanja krivulja reprodukcije različitim grafičkim sustavima.

Prva skupina rezultata (slike 61. do 63.) ukazuju u kojoj se mjeri razlikuje vrijednost pokrivenosti površina kod prilagođavanja digitalnih podataka kada je linijatura na tiskovnoj formi različita. Dijagrami prikazuju ovisnost krivulja reprodukcije dobivene kada je CtP sustav i sustav izrade tiskovnih formi kalibriran (bez primjene *bump-up* krivulje) i kada je za određenu linijaturu primijenjena *bump-up* krivulja.

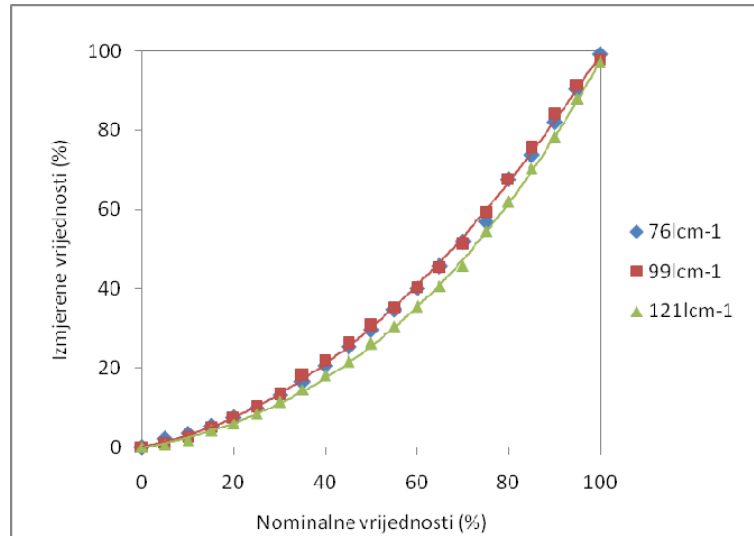
Rezultati mjerenja su pokazali da kalibracijska krivulja, kojom su definirani svi uvjeti i faze izrade tiskovnih formi daje krivulju reprodukcije tonova na tiskovnoj formi s vidljivim odstupanjem od idealnih vrijednosti. Naravno, te idealne vrijednosti i nisu zadovoljavajuće jer bi se, s takvim tiskovnim formama dobile reprodukcije niže razine kvalitete. Naime, zbog efekta prirasta rasterskih elemenata na otiscima, vrijednosti pokrivenosti površine, koje su računalno definirane ne reproduciraju se u istom iznosu [62]. Najveće se povećanje prirasta bilježi kod reprodukcije srednjih tonova (oko 50%) a ovisi o načinu prijenosa tiskarskog bojila s tiskovne forme na podlogu, svojstvima adsorpcije i reološkim svojstvima bojila i svojstvima podloge, pritisku i cjelokupnom reproduksijskom sustavu. U

cilju standardizacije procesa reprodukcije općenito, karakteristične vrijednosti prirasta su definirane različitim standardima, ali kada govorimo o fleksotisku zbog niza različitih tipova tiskovnih formi i načina izrade, sustava reproduciranja i tiskovnih podloga, standardi ne mogu obuhvatiti čitav opseg parametara koji utječu na razinu kvalitete reprodukcije. Okvirne vrijednosti definirane standardom za fleksotisak postoje [57], ali su u svojstvu definiranja specifičnosti bojila i podloga, te karakterizacije doživljaja boja na otisku u definiranom reprodukcijском sustavu.

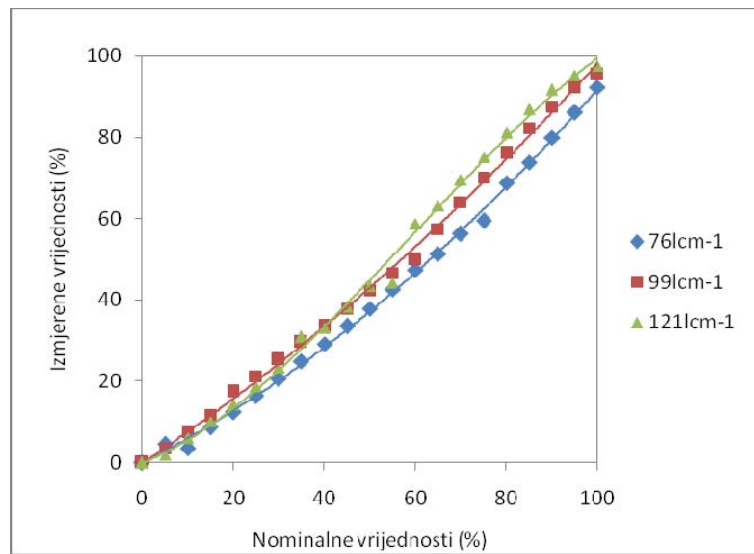
Krivulja reprodukcije tonova u fleksotisku posljedica su specifičnosti reprodukcijског procesa s fotopolimernim tiskovnim formama, gdje se uslijed pritiska između tiskovne forme i tiskovne podloge oblik tiskovnog elementa mijenja i utječe na reprodukciju tonova na otiscima. Također, zbog svojstva fotopolimera i (ne)mogućnosti reproduciranja svijetlih tonova, posebno su prikazani rezultati mjerenja na tiskovnim formama na kojima je primijenjena tzv. *bump-up* krivulja koja u određenoj mjeri omogućava reprodukciju tonova na kontrolnim poljima pokrivenosti površine od 0 do 10%. Rezultati su pokazali da su promjene u vrijednostima pokrivenosti površina više izražene kod veće promatrane linijature 121 lincm^{-1} što je bilo i za očekivati. Naime, reprodukcijom u većim linijaturama veličina rasterskih elemenata je manja, a očekivani prirast u tisku time i veći.

Na slici br. 76. prikazani su rezultati mjerenja pokrivenosti površine na uzorcima tiskovnih formi s različitim linijaturama, koje su izrađene za reprodukciju četiri različita proizvoda.

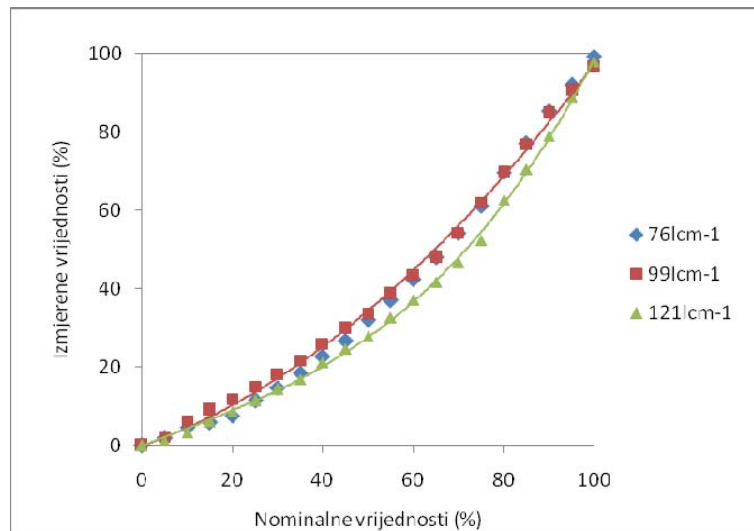
Na slikama je vidljivo da su krivulje prilagodbe relativno ujednačene za sve promatrane linijature, te kod svakog promatranog uzorka. Sve krivulje imaju trend smanjenja od nekih „idealnih“ vrijednosti pravca pod kutom od 45° , što je i za očekivati radi kompenzacije prirasta rasterskih elemenata na otiscima. Jedino se kod uzorka 2 vidi da su krivulje prilagođavanja bliže idealnom pravcu, što je posljedica svojstava tiskarske podloge, a s time i različite interakcije svih parametara u sustavu reprodukcije.



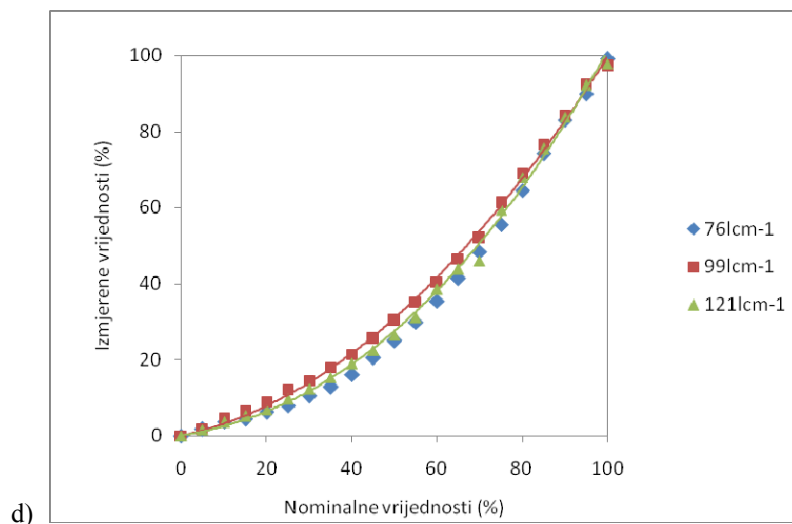
a)



b)



c)



Slika 76. Pokrivenost površine na tiskovnoj formi sa primjenjenom krivuljom prilagodbe
a) uzorak 1; b) uzorak 2; c) uzorak 3; d) uzorak 4

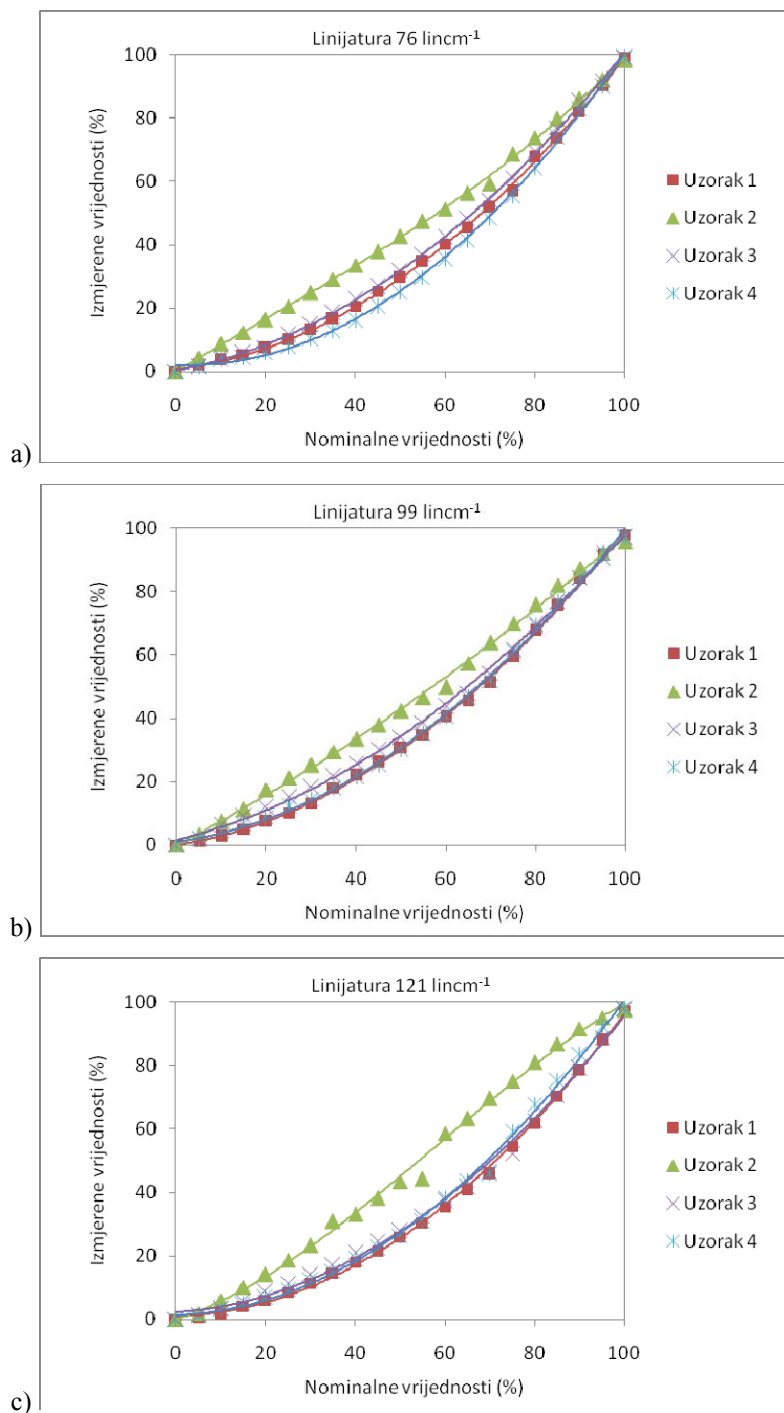
Za daljnju analizu promatran je odnos linijature i promatranih uzoraka tiskovnih formi za svaki grafički proizvod. Na slici 77. prikazani su rezultati mjerenja vrijednosti pokrivenosti površine na tiskovnim formama sa primjenjenom krivuljom prilagodbe, a na različitim linijaturama: a) 67 lincm⁻¹; b) 99 lincm⁻¹; c) 121 lincm⁻¹.

Kod linijature 67 lincm⁻¹ vidljivo je da krivulje uzorka 1 i 3 daju približno jednaku vrijednost pokrivenosti površine duž cijelog spektra tonova. Kod upotrebe krivulje prilagodbe na uzorku 2 se primjećuje gotovo linearna zavisnost prema nominalnim vrijednostima, dok je kod ostalih uzoraka vidljiva polinomna zavisnost.

Vrijednosti pokrivenosti površine kod linijature 99 lincm⁻¹ se kod ispitivanih krivulja prilagodbe ponašaju slično kao i kod linijature 76 lincm⁻¹. Razlike u vrijednostima pokrivenosti površine kod primjene krivulje prilagodbe uzorka 1 i primjene krivulje prilagodbe uzorka 4 su gotovo neprimjetne. Primjena krivulje prilagodbe na uzorku 2 uzrokuje najviše vrijednosti pokrivenosti površine u cijelom spektru vrijednosti pokrivenosti površine.

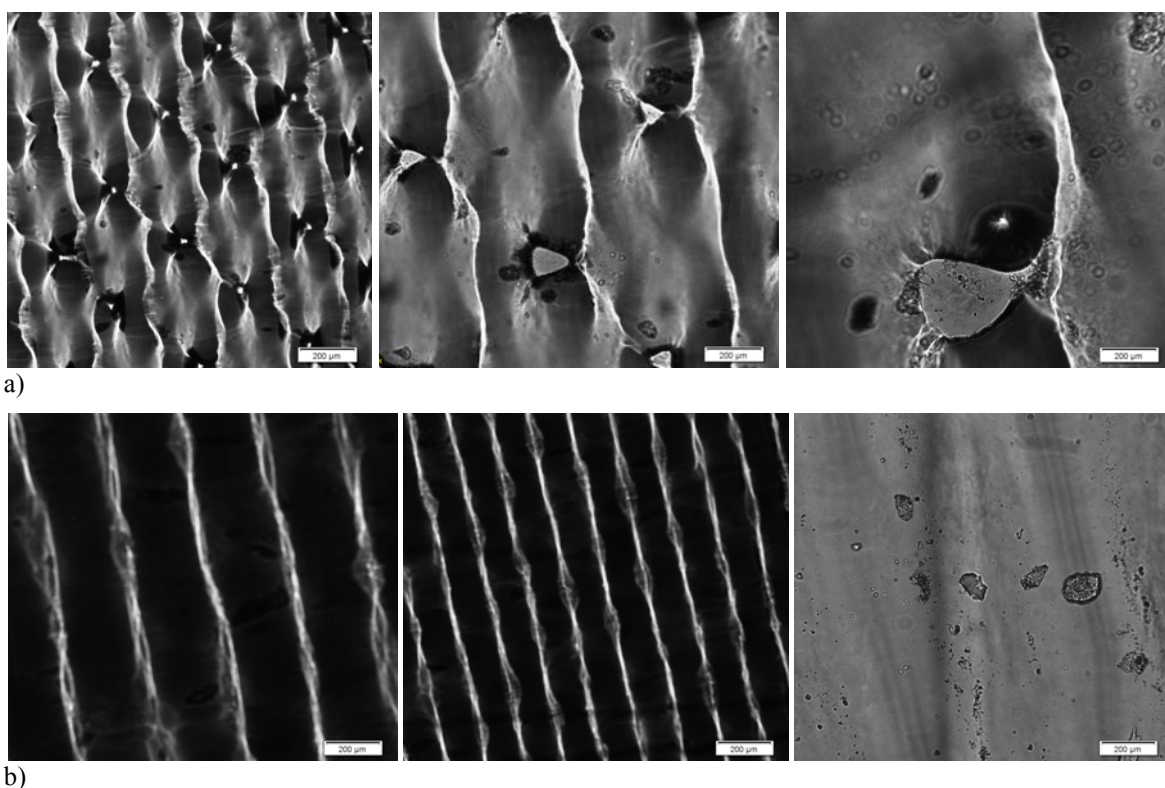
Promatranjem tijeka krivulja vrijednosti pokrivenosti površine može se primjetiti vrlo mala razlika između primjene krivulje prilagodbe na uzorcima 1, 3 i 4 kod linijature 121 lincm⁻¹. Zavisnosti mjerenih o nominalnim vrijednostima pokrivenosti površine su jednake kao i

kod linijature 76 odnosno 99 lincm^{-1} . Najveće odstupanje u reprodukciji tonova među promatranim uzorcima se vidi primjenom krivulje prilagodbe kod uzorka 2. Ovdje se vidi gotovo linearna zavisnost nominalnih i izmjerenih vrijednosti, dok je primjenom ostalih krivulja prilagodbe (uzorak 1, 3 i 4) vidljiva polinomna zavisnost.



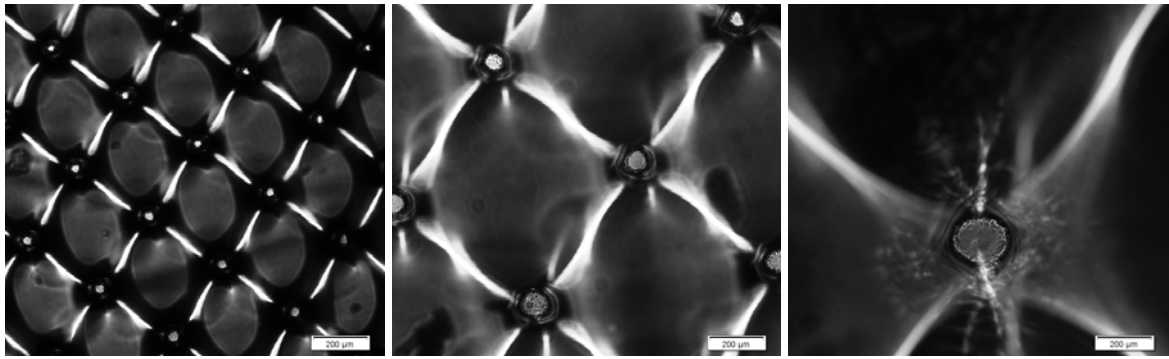
Slika 77. Pokrivenost površine na tiskovnoj formi sa primjenjenom krivuljom prilagodbe na različitim linijaturama: a) 67 lincm^{-1} ; b) 99 lincm^{-1} ; c) 121 lincm^{-1}

Radi detaljnijeg uvida u promjene koje se događaju na tiskovnim elementima, zbog krivulja prilagođavanja reprodukcijском procesu, načinjene su mikroskopske snimke uzoraka, te su prikazane karakteristične snimke. Na slikama 78a. i 78 b. prikazani su uzorci tiskovnih formi linijatura 76 lincm^{-1} (K76) i 121 lincm^{-1} (K121) dobiveni kada je provedena kalibracija CtP uređaja i sustava za izradu tiskovnih formi (bez *bump-up* krivulje). Snimljeni su sa 3 različita povećanja i prikazani su uzorci na poljima sa 1% pokrivenosti površina. Iz tih snimaka je vidljivo kako izgleda tiskovni element bez primijene *bump-up* krivulje. Očito je da tiskovni elementi sa slike nisu pravilno formirani i oblikovani, izbočeni dijelovi (trokutastog oblika) trebali bi biti formirani u relativno pravilni kružni element. Pretpostavlja se da je kod ispisa laserom po LAMS maski i osvjetljavanjem UV zračenjem kroz otvore na LAMS-u pokrenuta polimerizacija u sloju polimera, ali veze između polimera nisu dovoljno čvrste i stabilne da bi se održale i nakon procesa razvijanja. Iz tog razloga su strukture koje se vide na slici valovite, nepravilne i nedefinirane. Drugačija je situacija kod 3% gdje je tiskovni element pravilno oblikovan i pravilno formiran (slika 79.). Na oba primjera je vidljivo da se kod linijature od 121 lincm^{-1} tiskovni element nije formirao ni na 3% pokrivenosti površine.

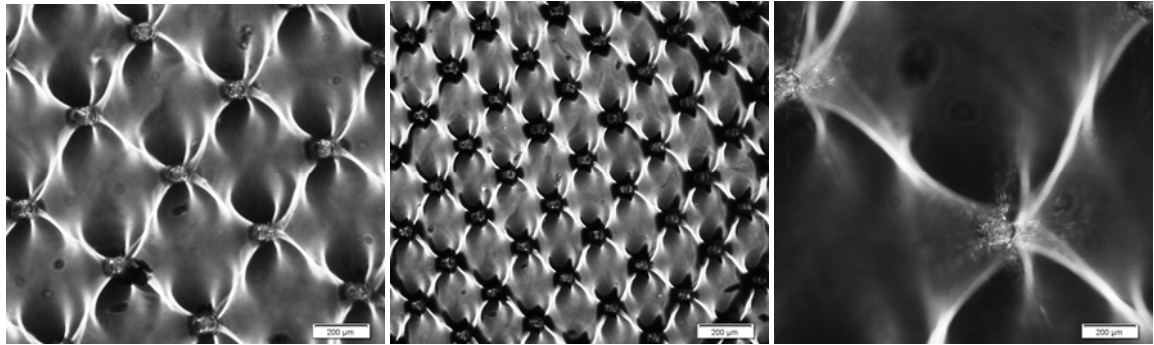


Slika 78. Snimke tiskovnih formi s provedenom kalibracijom sustava na 1% pokrivenosti površine

a) uzorak K76; b) uzorak K121 pri povećanju 100x, 200x, 500x



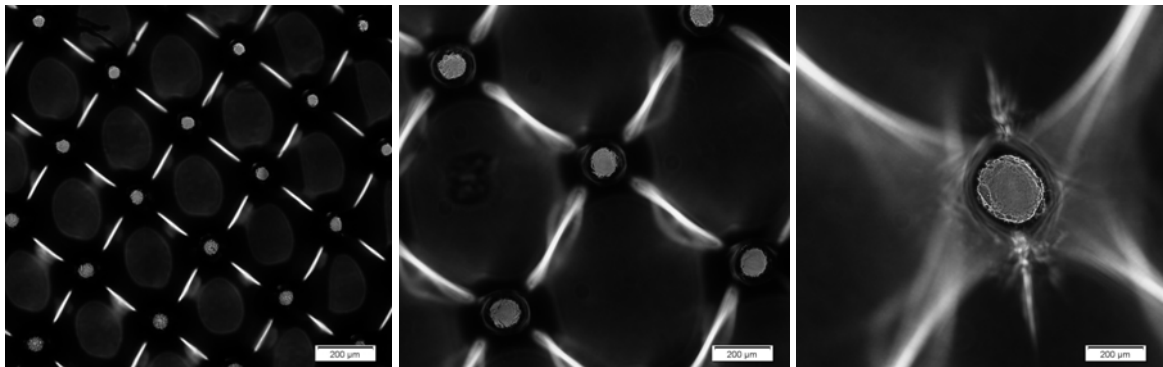
a)



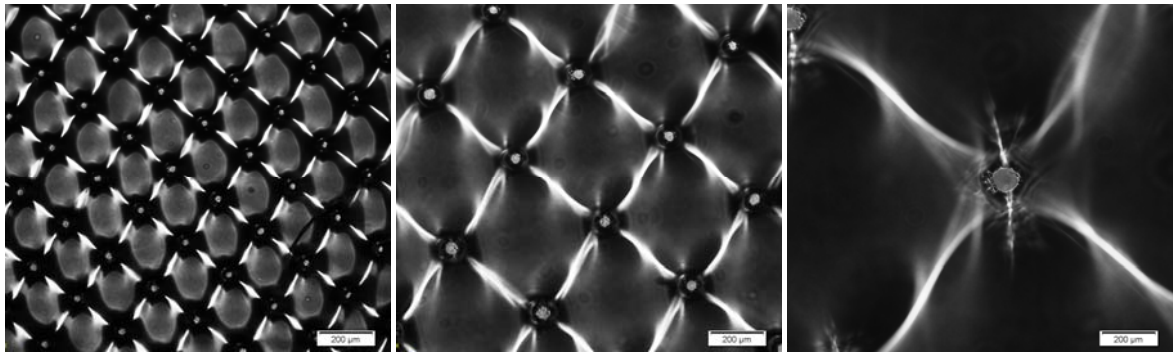
b)

Slika 79. Snimke tiskovnih formi s provedenom kalibracijom sustava na 3% pokrivenosti površine
a) uzorak K76; b) uzorak K121 pri povećanju 100x, 200x, 500x

Iduće slike broj 80. do 81. prikazuju mikroskopske snimke tiskovnih formi linijature 76 lincm^{-1} (uzorak B76) i linijature 121 lincm^{-1} (uzorak B121) od 1% i 3% pokrivenosti površine s primjenom *bump-up* krivulje. Vidljivi su pravilno definirani tiskovni elementi, koji su kružnog oblika, veličine od oko 200 (a) i 300 (b) mikrometara. Vidljivo je djelovanje *bump-up* krivulje što ju u skladu s rezultatima mjerenja pokrivenosti površina. Također, formirani su i tiskovni elementi pri linijaturi 121 lincm^{-1} .



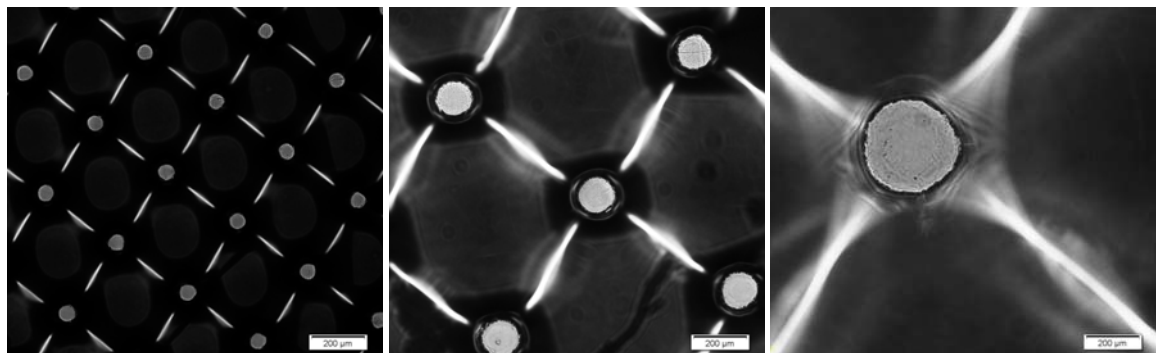
a)



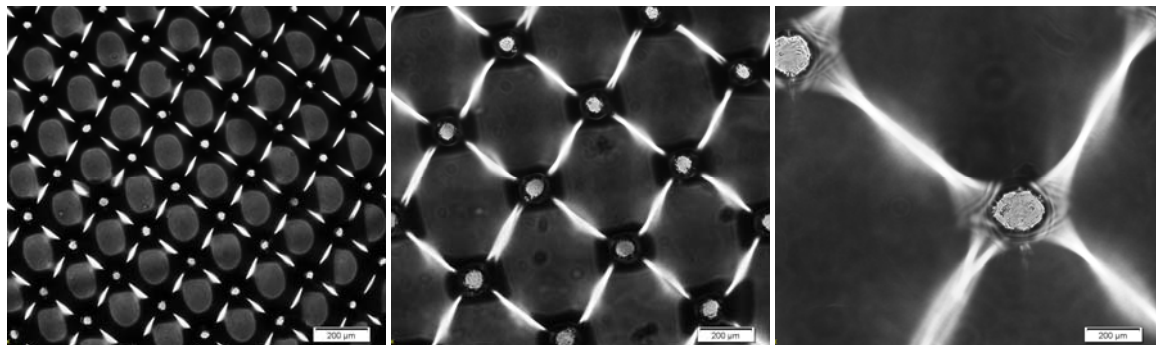
b)

Slika 80. Snimke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom na 1% pokrivenosti površine

a) uzorak B76; b) uzorak B121 pri povećanju 100x, 200x, 500x



a)

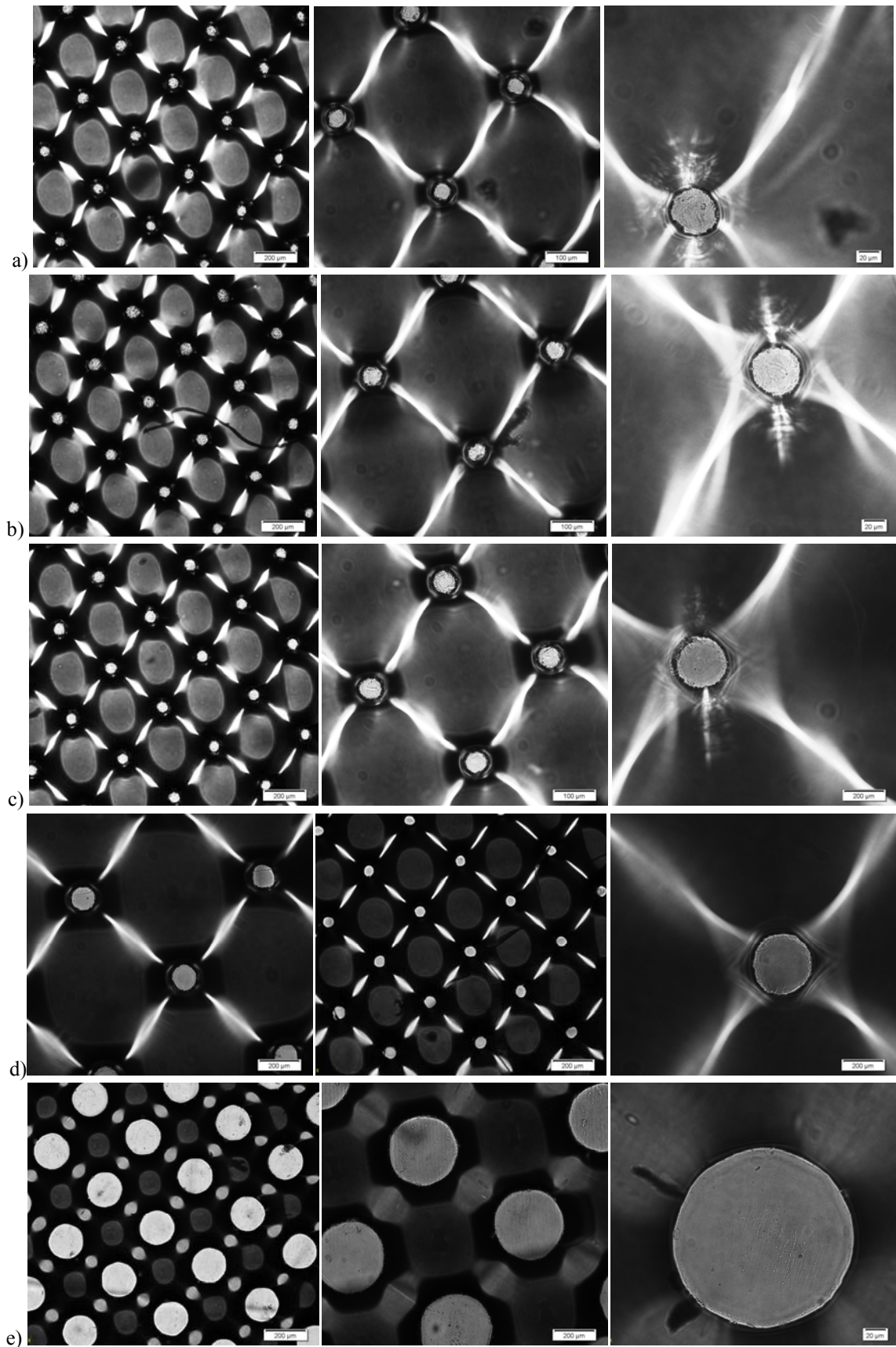


b)

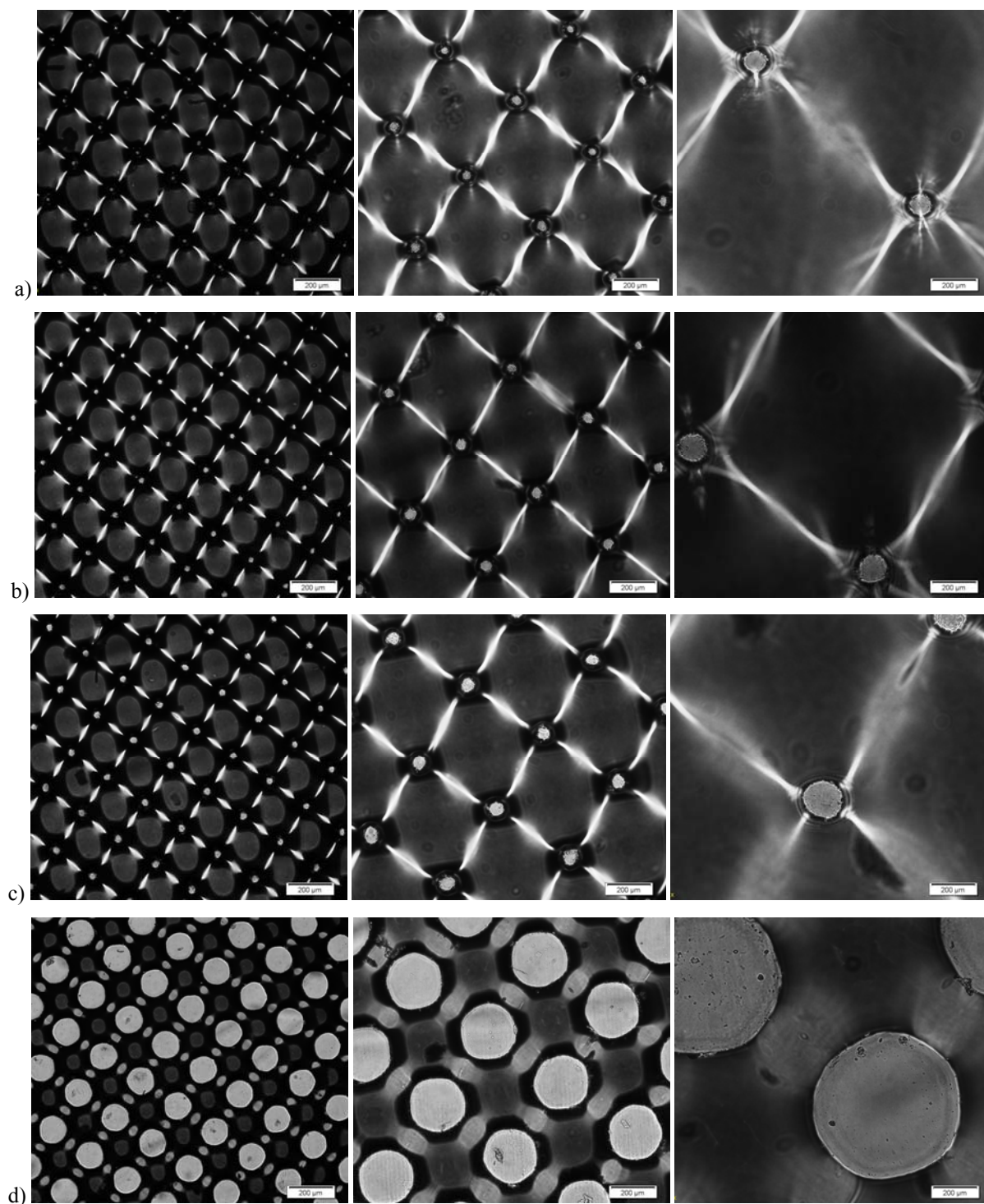
Slika 81. Snimke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom na 3% pokrivenosti površine

a) uzorak B76; b) uzorak B121 pri povećanju 100x, 200x, 500x

Snimke tiskovnih formi s primjenom krivulje prilagodbe na uzorku 4 pri 76 i 121 lincm^{-1} prikazane su na slikama 82. i 83. Na snimkama se lijepo vidi oblik tiskovnih elemenata pri različitim povećanjima i pokrivenostima površine. Na malim pokrivenostima površine tiskovni elementi su relativno pravilno formirani, male nepravilnosti su vidljive na samom rubu tiskovnih elemenata, za razliku od većih vrijednosti pokrivenosti (10 i 50%), gdje je rub tiskovnog elementa oštar i pravilno oblikovan.



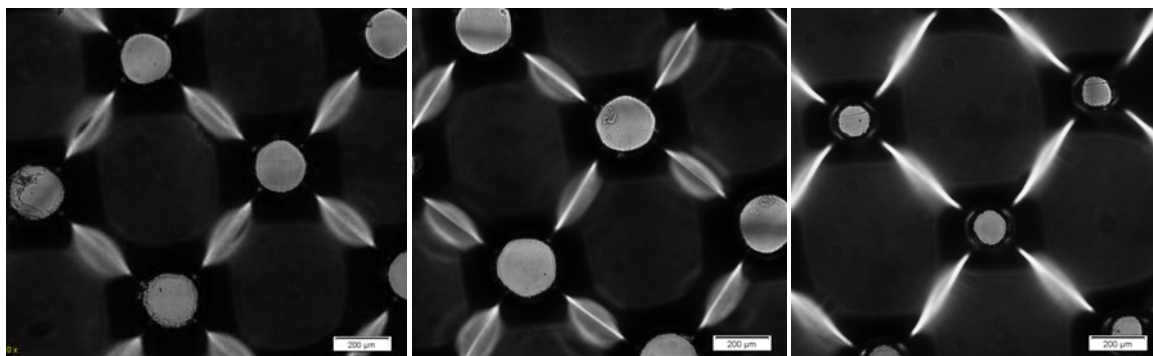
Slika 82. Snimke tiskovnih formi s primjenom krivulje prilagodbe na 1% (a), 3% (b); 5% (c); 10% (d); 50% (e) pokrivenosti površine za uzorak 4 linijature 76 lin cm^{-1} pri povećanju 100x, 200x, 500x



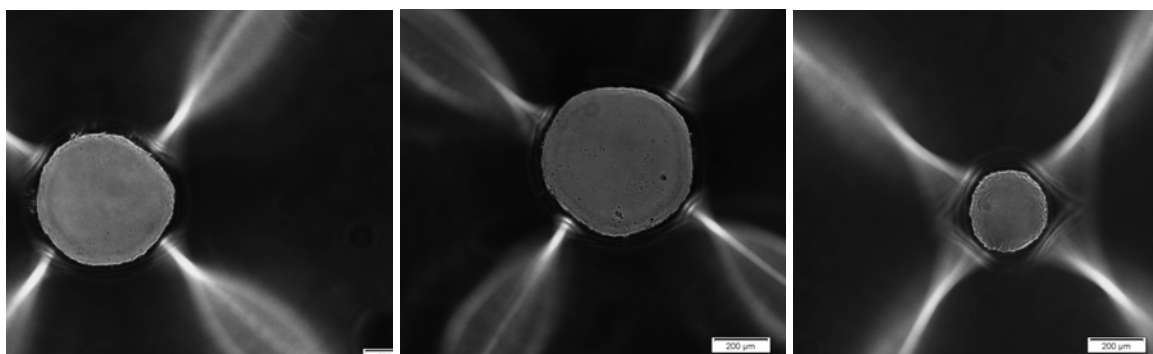
Slika 83. Snimke tiskovnih formi s primjenom krivulje prilagodavanja na 1% (a), 3% (b); 5% (c); 50% (d); pokrivenosti površine za uzorak 4 linijature 121 lincm^{-1} pri povećanju 100x, 200x, 500x

Zatim su, za usporedbu, prikazane snimke tiskovnih elemenata za uzorke tiskovnih formi dobivene kalibracijom sustava, primjenom *bump-up* krivulje i primjenom krivulje prilagođavanja za uzorak 4, na 10 i 50% pokrivenosti površine (slike 84. i 85.). Na slikama su vidljivi pravilni oblici tiskovnih elemenata. Veličina tiskovnog elementa se mijenja.

Kod snimke tiskovnog elementa bez *bump-up*-a i krivulje prilagođavanja veličina tiskovnih elemenata je manja u odnosu na *bump-up* snimku tiskovnog elementa. Takve veličine su u skladu i s provedenim mjerenjima, jer *bump-up* krivulja utječe na povećanje vrijednosti pokrivenosti površina, dok krivulja prilagođavanja djeluje u suprotnom smjeru: smanjuje sve vrijednosti tonova radi prilagodbe prirasta rasterskih elemenata pri otiskivanju.

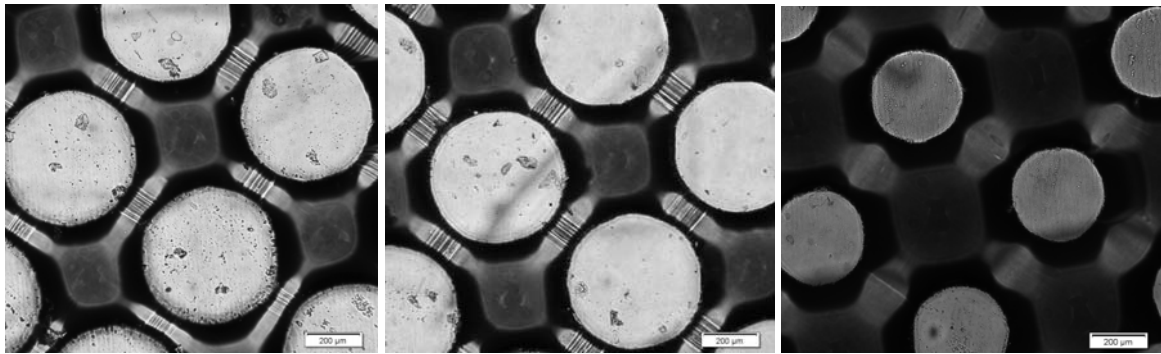


a)

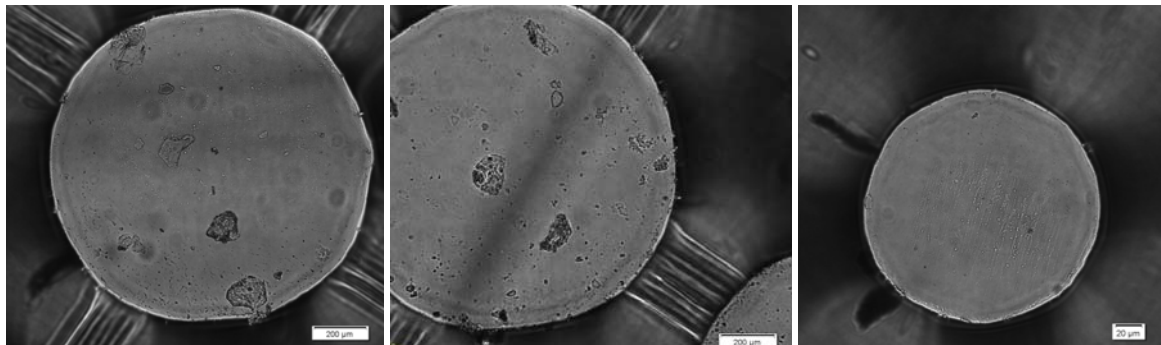


b)

Slika 84. Snimke tiskovnih formi na 10% pokrivenosti površine pri povećanju od 100x (a) i 500x (b) (slijeva): bez *bump-up*-a, sa *bump-up*-om i sa primjenom krivulje prilagođavanja



a)



b)

Slika 85. Snimke tiskovnih formi na 50% pokrivenosti površine pri povećanju od 100x (a) i 500x (b) (s lijeva): bez *bump-up-a*, sa *bump-up-om* i sa primjenom krivulje prilagođavanja

Prikazom mikroskopskih snimaka tiskovnih elemenata i analizom rezultata instrumentalnog mjerenja dan je pregled promjena na površini foropolimernih tiskovnih formi koje se pojavljuju uslijed različitih (nužnih) postupaka prilagođavanja tiskovnih formi novim kvalitativnim zahtjevima u reprodukciji.

6. ZAKLJUČAK

Prilagodba izrade fotopolimerne tiskovne forme novim kvalitativnim zahtjevima obuhvaća razmatranje osnovnih parametara u postupcima izrade tiskovnih formi iz računala (*Computer to Plate* - CtP) koji su nužni za postizanje visoko kvalitetnih tiskovnih formi i otisaka u fleksotisku.

Kako je fleksotisak tehnika tiska koja se danas najčešće koristi u reprodukciji ambalaže, karakteriziraju ju fleksibilne i elastične tiskovne forme te bojila niskog viskoziteta koje ga čine pogodnim za tisak na gotovo sve podloge. U radu su sustavno obrađeni postupci izrade fotopolimernih tiskovnih formi, od konvencionalnih postupaka do različitih digitalnih postupaka dostupnih na tržištu. Detaljno su obrađene vrste fotopolimernih tiskovnih formi, kao i specifičnosti i postupci izrade i obrade svake. Definirane su moguće deformacije tiskovnih formi koje se mogu dogoditi u procesu izrade tiskovnih formi, kao i deformacije koje se javljaju uslijed reprodukcijskog procesa. Kako se fleksibilnost fotopolimerne tiskovne forme i deformacije koje se javljaju u toku reprodukcije smatraju se tehnološkim ograničenjima ove tehnike, u radu su detaljno obrađene i analizirane moguće deformacije tiskovnih elemenata, kao i metode mjerenja tiskovnih formi. Također, prikazani su mogući modeli prilagođavanja digitalnih podataka koji su i bili planirani ovim istraživanjem.

Na temelju provedenih istraživanja i rezultata mjerenja u radu je predložena procedura prilagodbe postupka izrade fotopolimerne tiskovne forme specifičnostima reprodukcijskog sustava kako slijedi:

- priprema digitalnog dokumenta za proces reprodukcije prema unaprijed definiranim i pravilno raspoređenim motivima koji će se reproducirati;
- kalibracija uređaja za izradu tiskovne forme, koja uključuje definiranje ablacije LAMS maske, trajanja ekspozicija i naknadne obrade tiskovnih formi;
- definiranje vrijednosti *bump-up* krivulje radi mogućnosti podešavanja reprodukcije svijetlih tonova;
- definiranje vrijednosti faktora distorzije kompenziranja promjena u zapisu na tiskovnoj formi koja nastaje uslijed postavljanja tiskovne forme na temeljni cilindar u tiskarskom stroju;

- izrada testnih uzoraka tiskovnih formi;
- izrada probnih otisaka u promatranom reprodukcijskom sustavu;
- mjerenje i kvantitativna analiza kontrolnih polja na testnoj formi i reprodukciji;
- prilagođavanje digitalnih podataka specifičnostima sustava, koje se provodi analizom interakcije materijala u sustavu tiskovna forma - tiskarsko bojilo - tiskovna podloga - pritisak u toku reprodukcije;
- izrada testnih uzoraka tiskovnih formi;
- izrada otisaka u promatranom reprodukcijskom sustavu;
- mjerenje i kvantitativna analiza kontrolnih polja na testnoj formi i reprodukciji;
- izrada tiskovnih formi za specifični grafički proizvod.

7. LITERATURA

- [1] Rentzhog M., *Characterisation of Water-Based Flexographic Inks and their Interactions with Polymer-Coated Board*, Licentiate Thesis, Royal Institute of Technology, Institute for Surface Chemistry, Sweden, 2004.
- [2] Lanska D. J., *Common-Sense Flexography*, A User's Guide to Improved Pressroom Productivity, Printing Industries Press, Pittsburgh, 2007.
- [3] Johnson J., *The Influence of Moisture, Temperature, Pulse Pressure, and Substrate on Print Quality in Flexographic Printing*, Karlstad University, Sweden, 2003.
- [4] Laurent G. L., *Analysis of the Correlation Between the Print Quality Required in Flexography and the Tolerances in Materials and Paper Manufacturing in Terms of Printability*, Royal Institute of technology, Department of Numerical Analysis and Computer Science, Sweden, 2001.
- [5] Laurent G. L., *Measurement and Prediction Procedures for Printability in Flexography (Flexo MP3)*, Doctoral Dissertation, Royal Institute of Technology, Department of Numerical Analysis and Computer Science, Sweden 2002.
- [6] Page Crouch J., *Flexography Primer – second edition*, PIA/GATF Press, Pittsburg, 2005.
- [7] Bisset D.E., *The printing ink manual*. 3 ed. Northwood Books, London, 1979.
- [8] Horvatić S., *Fleksotisak-tisak ambalaže*, Markulin d.o.o., Zagreb, 2011.
- [9] Cusdin G., *Flexography: Principles & Practices*. 5th ed. Vol. 1. Foundation of Flexographic Technical Association, Inc: Ronkonkoma, NY, 1999.
- [10] White A., *High quality flexography*, Pira International, 1992.
- [11] Meyer K. H., *Flexo Printing Technology*, 4-edition, DFTA, 2000.
- [12] Kipphan H., *Handbook of Print Media*, Springer, Berlin, (2001), 503-626.
- [13] Žiljak V., *Stolno izdavaštvo*, DRIP, Zagreb, (1989)
- [14] Korelić O., *Kemigrafija*, Viša grafička škola, Zagreb, (1986)
- [15] Kostelac-Biffel R., *Reprodukciona fotografija*, VGŠ, Zagreb, 1975.
- [16] Golpon R., *Lerhbuch der Druckindustrie: Reproduktionsphotographie - Band 2*, Polygraph Verlag GmbH, Frankfurt, (1971), 61-72.
- [17] Diamond A. S., *Handbook of Imaging Materials*, Marcel Dekker, Inc., NY, Basel, Hong Kong, (1991), 61-157.
- [18] Kumar M., *Standardizacija i eksploatacija tiskovne forme za plošni tisak*, Viša grafička škola, Zagreb, 1978

- [19] Weber B. *CtP Evolution*, 2009 . http://www.bob-weber.com/downloads/pdfs/white_paper/WP_ctpevolution.pdf, 21.02.2011.
- [20] Dreher M., *The Imaging Processes in Flexo Platemaking*, Flexo & Gravure International, Vol. 8 March 2002.
- [21] Nexus-Flexocal, *Perfect Digital Solutions*, 2002. <http://artprosoftware.com/nexusflexocal.htm>, 21.02.2011.
- [22] Holland C., *CtP Routing*, Digital Demand 2-3, Pira International Ltd, (2002),12-21.
- [23] Adams Richard M., Romano F., *Computer to Plate: Automating the Printing Industry*, Graphic Arts Technical Foundation, USA, 1996.
- [24] Gemeinhardt J., *Belichter und Plattentechnologie*, Fachhefte Grafische Industrie Bulletin Technique 4, (2001), 14-17.
- [25] Tribute A., *Commentary & Analysis Computer to Plate (CtP) at Drupa*, Published: June 11, 2008. <http://whattheythink.com/articles/52929-computer-to-plate-ctp-at-drupa/>
- [26] Mahović S., Agić D., Gojo M., *Analysis of the Color Reproduction through different Offset Platemaking System*”, In: DAAAM International Scientific Book 2005, Chapter 30, (ed. B. Katalinić), (2005), pp. 385-394, Published by DAAAM International, Vienna, Austria, ISSN 1726-9687, ISBN 3-901509-43-7.
- [27] Shell J., *How To... Evaluate CtS Technology*, 2008. Printwear, <http://printwearmag.com/article/how-evaluate-cts-technology>, 20.04.2011.
- [28] Mittelhaus M., Wilkesmann C., *Computer to Plate Technologie aus ökologischer Sicht*, Deutscher Drucker 30-31, (1997), 15-17.
- [29] Bolanča Z., *Reciklacija otpadnih tvari iz fotografskih procesa*, Acta Graphica 4-1, 59-60, (1992)
- [30] Mahović S., *Utjecaj različitih ofsetnih tiskovnih formi na kakvoću grafičke reprodukcije*, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, 2004.
- [31] Kihlberg H., Lindgren M., *How do new Technology and Market Changes affect Prepress Companies*, Digital Bild, Intergrafika, (2002).
- [32] O'Rourke J., *Market Trends in Chemistry-free Computer to Plate Systems*, NEWMOA Web Conference, CTP Products Presstek, Inc. 4/16/07.
- [33] BASF, *Flexo Printing Plates – work manual*, BASF Drucksysteme GmbH, Stuttgart, Germany
- [34] Krstulović N. (2010) *Efekti dvostruke laserske ablacije*, doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Poslijediplomski studij prirodnih znanosti – fizika (on-line). <http://www.ifs.hr/PublicDocuments/Krstulovic.pdf>, 21.04.2011.

- [35] Paulić N., *Flexcel NX – Kodakova premijera na Drupi*, Ambalaža 2008 (1)36-38.
http://www.ambalaza.hr/hr/casopis/2008/1/flexcel-nx-kodakova-premijera-na-drupi-_flexcel-nx-kodaks-premiere-at-drupa,65,1904.html
- [36] Tolp D., *Grafik.netova regionalna premijera CtP sustava Kodak Flexcel NX*, Ambalaža 2011 (2). <http://www.ambalaza.hr/hr/casopis/2011/6/grafik.netova-regionalna-premijera-ctp-sustava-kodak-flexcel-nx,184,5780.html>, 21.09.2011.
- [37] DuPont Cyrel, Product Specification for DFH 1-45, 2008.
- [38] DuPont Cyrel, Fast thermal process, DRUPA 2008.
- [39] Mahović S., Agić D., Gojo M., *Mechanical and Optical Differences in Long Run Printing in Conventional and CtP Offset Systems*, In: *Advances in Printing Science and Technology*, Vol. 30. (ed. M. Lovreček), (2003), pp. 213-221, Published by Acta Graphica Publishers, Zagreb, Croatia, ISBN 953-96276-8-0.
- [40] Hutton P., Lind J., *The Plate Side of Computer to Plate: Printability and Runnability*, TAGA Proceedings, Rochester (NY), (1998), 300-311.
- [41] Gilbert E. Dean, Lee Frederick, *Flexographic Plate Technology: Conventional Solvent Plates versus Digital Solvent Plates*, Volume 24, *Journal of Industrial Technology*, Number 3 - July 2008
- [42] Kodak Flexcel NX System, *Anything is possible*, 2011. Kodak
<http://graphics.kodak.com/KodakGCG/uploadedFiles/Kodak%20Flexcel%20NX%20Digital%20Flexographic%20System%20Brochure.pdf>, 26.02.2011.
- [43] Klanjac, Gubić, Rešetar, *CtX - hibridne tehnologije*, seminarski rad, Diplomski studij grafičke tehnologije, Kolegij CtP tehnologije, 2010.
- [44] Novaković D., Dedijer S., Mahović Poljaček S., *A Model for Improving the Flexographic Printing Plate Making Process*, *Tehnički vjesnik - Technical Gazette*, 17 (2010) , 4; 403-410.
- [45] Breiholdt J., *Suitability of Laser Technologies for the Digital Production of Flexographic Printing Formes*, *Flexo & Gravure International*, 1, 2003.
- [46] Kenny J., *Flexo Plate Evolution*, *Label & Narrow Web*, 54-60. 2007.
- [47] Utsching S. (1999). *CTP for Flexo: The Future Looks Brighter*, *Converting Magazine*, 17(2) , 52.
- [48] Paul P. John, Joe Wilson I., Peter S., Kumar P., Vimalraj S., *Analysis of Different Technologies in CtP*, 2008. <http://computertoplate.blogspot.com/2008/03/chapter-1-what-is-ctp.html>, 11.01.2011.

- [49] Mahović S., Agić D., Gojo M., *Influence of the CtP Imaging Drum Surface Geometry on Prints Quality*, Book of Abstracts, International Conference on Computer Aided Design and Manufacturing CADAM'05, Supetar, Croatia, (2005), pp. 47-48, ISBN 953-7142-10-8.
- [50] Mahović S., Agić D., Gojo M., *Light Distribution on the Printing Plane and its Influence on Screen Elements Transfer*, Proceedings of 13th International Daaam Symposium, Vienna, (2002), 329-330.
- [51] Koberg J., Wolterink J., *Method and Apparatus to Clamp and Release Flexible Plates onto Imaging Cylinder*, Patent US 7165492 B2, 23-Jan-2007, www.patentstorm.us
- [52] Marić S., *Analiza uticaja procesnih parametara na proces izrade digitalnih flekso štamparskih formi*, Diplomski - Master rad, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 2009.
- [53] Kodak, *SQUAREspot Imaging Technology - Accuracy, stability, and repeatability*. Kodak Rochester, NY 2010.
- [54] Foley J. D., van Dam A., Feiner S. K., Hughes J. F., *Computer Graphics – Principles and Practice*, 2nd edition, Addison – Wesley Publishing Company, 1992.
- [55] Junglas U., *Calibration and CtP Imagesetters*, International Newspaper Color Quality Club 2002-2004, studeni 2003. <<http://www.newsandtech.com>> (01. prosinac 2001.)
- [56] FIRST- *Flexographic Image Reproduction Specifications & Tolerance - 3rd edition*, Foundation of Flexographic Technical Association, Inc., USA 2003.
- [57] ISO 12647-6 Graphic technology - Process control for the production of half tone colour separations, proofs and production prints, part 6: Flexographic printing
- [58] Bolanča Z., *Fleksografski tisak i okoliš*, Ambalaža, 7 (2002), 2.
- [59] Jackson A. R. W., *Environmental science: The natural environment and human impact*, Longman, Harlow, GB, 1996.
- [60] Gobec M., *IPPC direktiva i nove tehnologije u fleksotisku*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb, 2010.
- [61] Mukavec V., *Fleksotisak - ekološki povoljnije metode u procesu tiska*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb, 2010.
- [62] Mahović S., Mandić L., Agić D., Gojo M., *A Contribution to the AM and FM Screening in the Graphic Reproduction Process*, In: DAAAM International Scientific Book 2005, Chapter 31, (ed. B. Katalinić), (2005), pp. 395-404, published by DAAAM International, Vienna, Austria, ISSN 1726-9687, ISBN 3-901509-43-7.

Prilog 1 – popis slika, tablica, jednadžbi i kratica

Popis slika

- Slika 1.** Fleksotiskarski stroj
- Slika 2.** Tiskovna forma za visoki tisak
- Slika 3.** Princip rada fleksotiska
- Slika 4.** Konvencionalni postupak izrade tiskovnih formi
- Slika 5.** Prikaz radnog toka s CtP postupkom
- Slika 6.** Prikaz tendencije razvoja CtP radnog toka
- Slika 7.** Izrada gumene tiskovne forme
- Slika 8.** Izrada fotopolimerne tiskovne forme od tekućeg fotopolimera
- Slika 9.** Izrada fotopolimerne tiskovne forme
- Slika 10.** Građa jednoslojne tiskovne forme od krutog fotopolimera
- Slika 11.** Izrada tiskovne forme od krutog fotopolimera
- Slika 12.** *Peel-off* i *Blow-out* postupak
- Slika 13.** Presjek višeslojne tiskovne forme
- Slika 14.** Presjek tiskovne forme za CtP postupak
- Slika 15.** Izrada tiskovne forme digitalnim postupkom
- Slika 16.** Osvjetljavanje i termalna obrada fotopolimernih tiskovnih formi
- Slika 17.** Termalna jedinica
- Slika 18.** Prikaz razlike u obliku tiskovnih elemenata dobivenih konvencionalnim i digitalnim postupkom
- Slika 19.** Prikaz raspršenja svijetla kod tiskovnih formi dobivenih konvencionalnim i digitalnim postupkom
- Slika 20.** Usporedba tiskovnih elemenata na tiskovnoj formi dobivenoj fotomehaničkim i digitalnim postupkom izrade
- Slika 21.** Izgled tiskovnih elemenata na LAMS (lijevo) i TIL (desno) tiskovnoj formi
- Slika 22.** Snimke tiskovne forme bez primijenjenog rastriranja (*DigiCap*) pri povećanju 200x (a); s rastriranjem (*DigiCap*) pri povećanju 200x (b) i s rastriranjem (*DigiCap*) pri povećanju 500x
- Slika 23.** Originalna slika s tonskim prijelazom od 0 do 100% pokrivenosti površine
- Slika 24.** Reproducirana slika s konvencionalnom tiskovnom formom (a), digitalnom s LAMS-slojem (b) i digitalnom tiskovnom formom s TIL-filmom (c)
- Slika 25.** Primjer prijenosa digitalnog zapisa na konvencionalnu tiskovnu formu (a), digitalnu tiskovnu formu s LAMS-slojem (b) i digitalnu tiskovnu formu s TIL-filmom (c)
- Slika 26.** Prikaz prijenosa digitalnih podataka od računalno definiranih (BITMAP), na TIL-filmu i na tiskovnoj formi
- Slika 27.** Obrada LAMS sloja

- Slika 28.** Izravno lasersko graviranje CtP tiskovne forme
- Slika 29.** CtP uređaj s plošnom geometrijom ispisa
- Slika 30.** CtP uređaj za ispis s geometrijom vanjskog bubnja za ispis
- Slika 31.** Rukavac sa rubom i rukavac bez ruba
- Slika 32.** Poboljšanje rezolucije ispisa preklapanjem laserskih zraka
- Slika 33.** Veličina laserske zrake određuje rezoluciju uređaja za ispis
- Slika 34.** Primjena auto-fokusa radi kompenzacije gubitaka u dubini fokusa
- Slika 35.** Modulatorska membrana - upotrebljava se za poboljšanje kvalitete ispisa
- Slika 36.** Prikaz izgleda laserske zrake kod konvencionalnog i *SquareSpot* ispisa
- Slika 37.** Kontrolni klin tvrtke BASF Drucksysteme GmbH
- Slika 38.** Prikaz neispravno (lijevo) i ispravno (desno) formiranog tiskovnog elementa na jednoslojnoj (a) i višeslojnoj (b) tiskovnoj formi
- Slika 39.** Prikaz oblika tiskovnog elementa u ovisnosti o trajanju glavne ekspozicije (gore) i nakon razvijanja tiskovne forme (dolje)
- Slika 40.** Prikaz bočnog dijela tiskovnog elementa i srednje dubine reljefa u ovisnosti o trajanju glavne ekspozicije
- Slika 41.** Djelovanje različitog vremena glavne ekspozicije na izgled linija
- Slika 42.** Prikaz mehaničkog i kemijskog procesa ispiranja/razvijanja (*G*-debljina tiskovne forme, *R*-dubina reljefa, *RS*- osnova reljefa)
- Slika 43.** Objektivna A i relativna B, C, D reprodukcija tonova
- Slika 44.** Krivulje reprodukcije tonova a) konvencionalne tiskovne forme i b) CtP tiskovne forme
- Slika 45.** Deformacije i kompresije tiskovne forme u toku reprodukcije
- Slika 46.** Prikaz promjene u debljini tiskovne forme u ovisnosti o pokrivenosti površine; a) tiskovna forma bez korekcijske krivulje, b) tiskovna forma s korekcijom
- Slika 47.** Presjek tiskovne forme na 1, 3 i 5% pokrivenosti površine
- Slika 48.** Mogućnosti prilagodbe rastertonskih vrijednosti
- Slika 49.** Rezultat prilagodbe rastertonskih vrijednosti
- Slika 50.** Deformacija zapisa na tiskovnoj formi (*X*-duljina noseće folije fotopolimera; *Y*-duljina koja opisuje tiskovne elemente)
- Slika 51.** Mjerljive veličine na fotopolimernoj tiskovnoj formi
- Slika 52.** Prikaz rada digitalnog toka
- Slika 53.** Sučelje *PackEdge* programa
- Slika 54.** *PlatePrep* može kontrolirati ispis na nekoliko CDI uređaja
- Slika 55.** *PlatePatcher* - programski paket za obradu dokumenta
- Slika 56.** *PlatePatcher* radni tok sa CDI uređajem za ispis i analognim uređajem za postavljanje fleksografskih tiskovnih formi
- Slika 57.** *PlatePatcher* radni tok sa CDI uređajem za ispis, XL nožem za rezanje i uređajem za postavljanje fleksografskih tiskovnih formi

Slika 58. Elementi testne tiskovne forme (1 – kontinuirani tonski prijelazi; 2 – polja s različitim rastertonskim vrijednostima; 3 – tekst u pozitivu i negativu; 4 – linije u pozitivu i negativu)

Slika 59. EskoArtwork CDI Spark 5080

Slika 60. Prikaz rezultata mjerenja površine tiskovne forme *vipFLEX* uređajem

Slika 61. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s provedenom kalibracijom sustava (bez *bump-up*) i sa *bump-up* krivuljom kod linijature od 76 lincm⁻¹ a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Slika 62. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s provedenom kalibracijom sustava (bez *bump-up*) i sa *bump-up* krivuljom kod linijature od 99 lincm⁻¹ a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Slika 63. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s provedenom kalibracijom sustava (bez *bump-up*) i sa *bump-up* krivuljom kod linijature od 121 lincm⁻¹ a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Slika 64. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 1 (Uzorak 1) kod linijature 76 lincm⁻¹ a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Slika 65. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 1 (Uzorak 1) kod linijature 99 lincm⁻¹ a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Slika 66. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 1 (Uzorak 1) kod linijature 121 lincm⁻¹ a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Slika 67. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 2 (Uzorak 2) kod linijature 76 lincm⁻¹ a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Slika 68. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 2 (Uzorak 2) kod linijature 99 lincm⁻¹ a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Slika 69. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 2 (Uzorak 2) kod linijature 121 lincm⁻¹ a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Slika 70. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 3 (Uzorak 3) kod linijature 76 lincm⁻¹ a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Slika 71. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 3 (Uzorak 3) kod linijature 99 lincm⁻¹ a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Slika 72. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 3 (Uzorak 3) kod linijature 121 lin cm^{-1} a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Slika 73. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 4 (Uzorak 4) kod linijature 76 lin cm^{-1} a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Slika 74. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 4 (Uzorak 4) kod linijature 99 lin cm^{-1} a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Slika 75. Pokrivenost površine nominalnih i izmjerenih vrijednosti za uzorke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom i krivuljom prilagođenom za proizvod 4 (Uzorak 4) kod linijature 121 lin cm^{-1} a) od 0 do 100%; b) od 0 do 10% pokrivenosti površine

Slika 76. Pokrivenost površine na tiskovnoj formi sa primjenjenom krivuljom prilagodbe a) uzorak 1; b) uzorak 2; c) uzorak 3; d) uzorak 4

Slika 77. Pokrivenost površine na tiskovnoj formi sa primjenjenom krivuljom prilagodbe na različitim linijaturama: a) 67 lin cm^{-1} ; b) 99 lin cm^{-1} ; c) 121 lin cm^{-1}

Slika 78. Snimke tiskovnih formi s provedenom kalibracijom sustava na 1% pokrivenosti površine a) uzorak K76; b) uzorak K121 pri povećanju 100x, 200x, 500x

Slika 79. Snimke tiskovnih formi s provedenom kalibracijom sustava na 3% pokrivenosti površine a) uzorak K76; b) uzorak K121 pri povećanju 100x, 200x, 500x

Slika 80. Snimke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom na 1% pokrivenosti površine a) uzorak B76; b) uzorak B121 pri povećanju 100x, 200x, 500x

Slika 80. Snimke tiskovnih formi s *bump-up* krivuljom na 3% pokrivenosti površine a) uzorak B76; b) uzorak B121 pri povećanju 100x, 200x, 500x

Slika 82. Snimke tiskovnih formi s primjenom krivulje prilagodbe na 1% (a), 3% (b); 5% (c); 10% (d); 50% (e) pokrivenosti površine za uzorak 4 linijature 76 lin cm^{-1} pri povećanju 100x, 200x, 500x

Slika 83. Snimke tiskovnih formi s primjenom krivulje prilagođavanja na 1% (a), 3% (b); 5% (c); 50% (d); pokrivenosti površine za uzorak 4 linijature 121 lin cm^{-1} pri povećanju 100x, 200x, 500x

Slika 84. Snimke tiskovnih formi na 10% pokrivenosti površine pri povećanju od 100x (a) i 500x (b) (slijeva): bez *bump-up*-a, sa *bump-up*-om i sa primjenom krivulje prilagođavanja

Popis tablica

Tablica 1. Otpad i polutanti prilikom izrade predloška za fleksotisak

Tablica 2. Otpad i polutanti prilikom izrade tiskovne forme za fleksotisak

Tablica 3. Otpad i polutanti prilikom procesa reprodukcije

Popis jednadžbi

- (1) Izračun veličine laserske zrake
- (2) Izračun žarišne duljine
- (3) Raspon optičkih gustoća na originalu
- (4) Izračun faktora distorzije
- (5) Izračun promjera cilindra
- (6) Izračun promjera cilindra
- (7) Izračun faktora distorzije
- (8) Izračun faktora distorzije

Popis kratica

CtP - Computer to Plate

CtS - Computer to Screen

CtF - Computer to Flex

LAMS - Laser-Ablated-Mask

TIL-film - Thermal Imaging Layer

Životopis

Olivera Brajnović rođena je 06. lipnja 1977. godine u Novoj Gradišci, Republika Hrvatska. Završila je Osnovnu školu "Većeslava Holjevca" u Zagrebu. Kemijsku i geološku tehničku školu u Zagrebu završava 1997. godine, iste godine upisuje Grafički fakultet, smjer grafičke tehnologije koji uspješno završava 10. ožujka 2002. godine. Godinu dana kasnije upisuje poslije diplomski studij na Grafičkom fakultetu.

Od 2002. go 2008. godine zaposlena u Tiskari Vjesnik kao referent grafičke prodaje

Od 2008. do 2009. godine zaposlena u Istragrafici Rovinj kao tehnolog, sada trenutno na burzi rada.

Aktivno govori engleski jezik.