

# Utjecaj fotoaktivnog sloja na reprodukciju kod tiskovne forme za propusni tisak

---

**Fabijanić, Tomislav**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2014**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:238103>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-27**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

Tomislav Fabijanić



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

Smjer:  
Dizajn grafičkih proizvoda

# ZAVRŠNI RAD

## UTJECAJ FOTOAKTIVNOG SLOJA NA REPRODUKCIJU KOD TISKOVNE FORME ZA PROPUSNI TISAK

Mentor:  
izv. prof. dr. sc. Sanja Mahović Poljaček

Student:  
Tomislav Fabijanić

Zagreb, 2014



## **SAŽETAK**

Propusni tisak je tehnika otiskivanja gdje je tiskovna forma izrađena od mrežice koja je razapeta na okvir. Tiskovne površine propuštaju tiskarsku boju, dok su slobodne nepropusne. U ovom radu je istražen utjecaj debljine nanosa fotoaktivnog sloja na mrežicu tiskovne forme za propusni tisak na reprodukciju. U tu svrhu pripremljene su četiri tiskovne forme kod kojih je nanesen fotoaktivni sloj različitih debljina. Na pripremljene mrežice kopiran je uzorak kontrolnog klina na kojem su bila polja različite RTV te je izvršeno ručno otiskivanje na papiru koristeći crnu boju. Na pripremljenim uzorcima provedeno je mjerenje gustoće zacrnenja, tonskih vrijednosti te mikroskopska analiza definiranih polja tesnog klina.

Rezultati istraživanja su pokazali da se korištenom metodom nanošenja fotoaktivnog sloja može postići različita debljina fotoaktivnog sloja na mrežici, no debljina fotoaktivnog sloja nije imala utjecaj na gustoću zacrnenja na otisku. Rezultati mjerenja RTV na oticima pokazali su da debljina nanosa fotoaktivnog sloja na mrežicu ima značajan utjecaj na reprodukciju tonova. Povećanjem debljine nanosa fotoaktivnog sloja smanjuje se raspon reprodukcije.

Ovo istraživanje je pokazalo da debljina nanosa fotoaktivnog sloja na mrežici tiskovne forme za propusni tisak ima značajan utjecaj na reprodukciju. Rezultati su pokazali da se deblji nanosi fotoaktivnog sloja ne bi smjeli koristiti kod originala koji sadrže elemente manjih dimenzija i svjetlih tonova.

## **KLJUČNE RIJEČI**

- propusni tisak
- fotoaktivni sloj
- rastertonska vrijednost
- jednotonski original

# SADRŽAJ

1. Uvod .....	1
2. Teorijski dio .....	3
2.1. Tiskovna forma za propusni tisak .....	3
2.1.1. Mrežice .....	4
2.1.1.1. Materijali za izradu mrežica za propusni tisak i njihove karakteristike .....	7
2.1.2. Okviri .....	8
2.1.2.1. Materijali za izradu okvira za propusni tisak i njihove karakteristike .....	9
2.1.3 Napinjanje mrežice na okvir .....	10
2.1.4. Izrada tiskovne forme .....	11
2.1.4.1. Izrada kopirnog predloška .....	11
2.1.4.2. Direktni postupak tiskovne forme .....	13
2.1.4.3. Indirektni postupak izrade tiskovne forme .....	14
2.2. Otiskivanje tehnikom propusnog tiska .....	15
2.2.1. Protiskivač tiskarske boje (raket) .....	16
2.2.2. Tiskarske boje korištene za propusni tisak .....	17
3. Eksperimentalni dio .....	19
3.1. Korišteni materijali .....	19
3.2. Korišteni uređaji .....	19
3.3. Priprema uzorka .....	21
4. Rezultati i rasprava .....	23
5. Zaključci .....	28
6. Literatura .....	29

# 1. UVOD

Propusni tisak je relativno jednostavna tiskarska tehnika kod koje otisak nastaje protiskivanjem tiskarske boje kroz slobodne otvore određenog materijala. Propusni tisak je nastao u Kini između 920. i 1279. godine, proširio se na Japan gdje je doživio modifikaciju uvođenjem svile kao materijala koji će poslužiti kao nosioc tiskovnih elemenata i slobodnih površina te je na poslijetku, u 18. stoljeću, došao u Europu gdje se usavršavao i pronašao svoju primjenu u umjetničkim i u industrijskim područjima [1].

Propusni tisak se zbog izgleda tiskovne forme često naziva sitotisak. Sito, odnosno tiskovna forma za sitotisak je u direktnom kontaktu s tiskovnom podlogom te ovu tehniku prema prijenosu tiskarske boje na tiskovnu podlogu svrstavamo među tehnike direktnog tiska. Tiskovna forma za propusni tisak izrađena je od mrežice napete na drveni ili metalni okvir. Mrežica može biti različite finoće i obično se oslojava fotoaktivnim slojem (u daljnjem tekstu FAS) te se potom izvršava kontaktno kopiranje kopirnog predloška pod elektromagnetskim zračenjem određenih valnih duljina. Nakon osvjetljavanja provodi se razvijanje, odnosno određenim se otapalom uklanja FAS s neosvjetljenih površina. Osvjetljeni FAS je iz vodotopivog stanja prešao u netopivo i mjesta s kojih smo uklonili neosvjetljeni FAS su propusna mjesta, odnosno tiskovni elementi. Tiskovni elementi i slobodne površine na tiskovnoj formi u istoj su ravnini i prema tome pojedini stručnjaci tehniku propusnog tiska svrstavaju u tehnike plošnog tiska. No uzmemo li u obzir činjenicu da je propusni tisak tehnika tiska kod koje se otisak ostvaruje protiskivanjem tiskarske boje kroz tiskovne elemente na mrežici, što nije slučaj kod tehnika plošnog tiska, mnogi će propusni tisak klasificirati kao zasebnu kategoriju tiska.

Zbog specifične tiskovne forme propusni tisak ima široku primjenu. Koristi se za dobivanje umjetničkih replika (ova se tehnika naziva serigrafijom) jer omogućava deblji i kontroliraniji nanos tiskarske boje na tiskovnu podlogu u odnosu na ostale tehnike tiska, za reprodukcije velikih formata budući da se otiskivanje može izvršavati i ručno pa dimenzija tiskovne forme ne mora biti uvjetovana dimenzijom tiskarskog stroja, za reprodukciju na različite tiskovne podloge obzirom da je jedini preduvjet da tiskarska boja, odnosno čestice pigmenata mogu

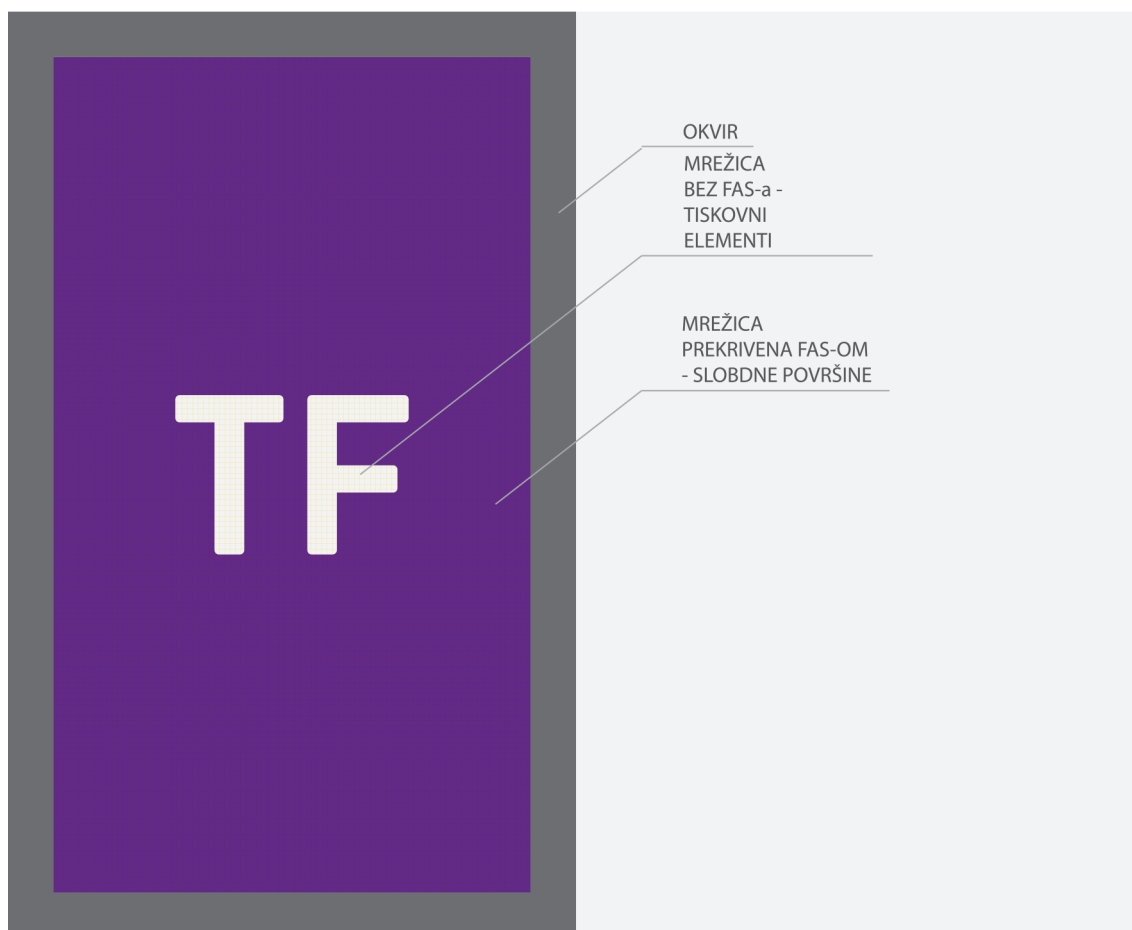
prodrijeti kroz očice, to jest otvore na mrežici. U propusnom tisku se koristi široka paleta tiskarskih boja, to jest tiskarske boje različitih sastojaka i karakteristika primjenjive na vrlo različitim tiskarskim podlogama. Ukratko, zbog svojih specifičnosti, tehnika sitotiska se koristi kao umjetnička tehnika, kao tehnika tiska u grafičkoj industriji, ali i kao dio linijske proizvodnje ostalih industrija.



## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Tiskovna forma za propusni tisak

Tiskovna forma za propusni tisak (*Slika 1.*), odnosno sito, izrađena je od mrežice razapete na drveni ili metalni okvir. Mrežica je nosioc FAS-a koji definira razliku između slobodnih površina i tiskovnih elemenata tiskovne forme koje formiramo u kasnijim fazama izrade. Mrežica može biti izrađena od različitih materijala različitih karakteristika. Zbog izgleda tiskovne forme propusni tisak često se naziva sitotisak. Kao što je već spomenuto, tiskovna forma za propusni tisak u direktnom je kontaktu s tiskovnom podlogom, a otiskivanje se vrši protiskivanjem tiskarske boje kroz tiskovne elemente, odnosno slobodne otvore mrežice.



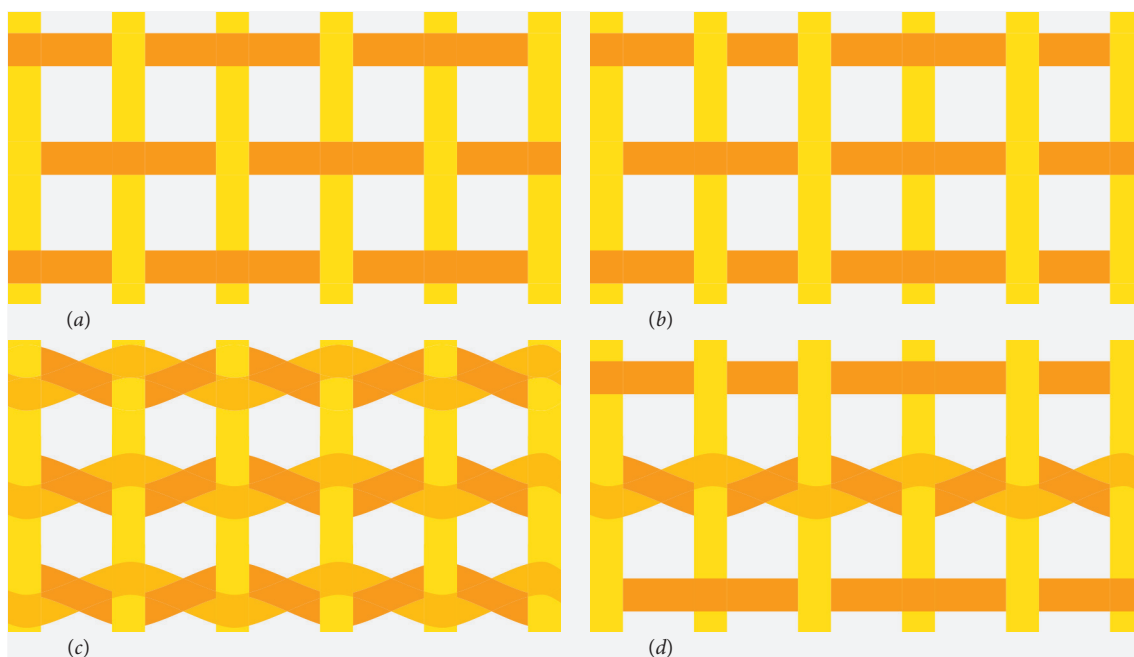
*Slika 1. - Tiskovna forma za propusni tisak*

Otiskivanje tehnikom propusnog tiska relativno je jednostavno, a osim strojevima različitog stupnja automatizacije može se izvoditi i ručno, stoga ne postoje izričita ograničenja u veličini tiskovne forme pa tako ni u veličini otiska.

### 2.1.1. Mrežice

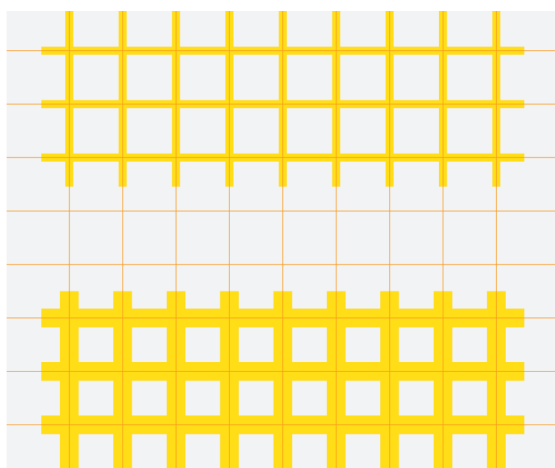
U prijašnjim fazama razvoja propusnog tiska koristile su se mrežice načinjene od prirodnih materijala, pretežito od svile. Obzirom da su očice takvog tkanja bile različite veličine, što je rezultiralo nejednolikom propusnošću tiskarske boje te da fizikalna i kemijska svojstva takve mrežice nisu imala visoku otpornost na habanje, svilene mrežice nisu bile pogodne za veće naklade, danas se obično koriste sintetske, odnosno poliamidne i poliesterske te metalne mrežice, ovisno o zahtjevima proizvodnog procesa.

Svaka sitotiskarska mrežica razlikuje dva smijera niti koji su okomiti jedan na drugoga – osnova i potka, koje se na određeni način isprepliću čineći mrežicu. U osnovi razlikujemo obično (PW) (*Slika 2.a*) i keper (TW) tkanje (*Slika 2.b*). Razlika je u načinu na koji niti osnove i potke prelaze jedne preko drugih. Kod običnog se tkanja niti isprepliću jedna za drugom, dok kod keper tkanja broj izostavljenih niti do slijedeće promjene stanja potke može varirati. Nadalje razlikujemo i tift tkanje (*Slika 2.c*) kod kojeg su niti potke dvostruko ispletene i mlinarsko tkanje (*Slika 2d.*) kod kojeg je svaka druga nit potke dvostruko pletena. Obično tkanje slabijih je mehaničkih svojstava, ali veće propusnosti tiskarske boje u odnosu na tift i mlinarsko tkanje [2].

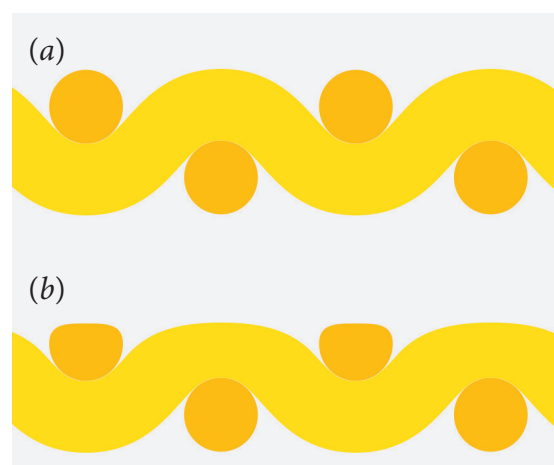


Slika 2. - Vrste tkanja mrežice: a - obično tkanje, b - keper tkanje 2:1, c - tift tkanje, d - mlinarsko tkanje

Nadalje, dodatne dvije važne karakteristike mrežice su linijatura mrežice te promjer niti. Te dvije karakteristike, zajedno s načinom tkanja direktno utječu na veličinu otvora očice sitotiskarske mrežice, a time i na kvalitetu reprodukcije. Linijatura mrežice jest broj niti po dužinskom centimetru. Što je linijatura mrežice veća, otvor mrežice jest manji što rezultira mogućnošću kvalitetnijeg reproduciranja detalja. Debljina niti (*Slika 3.*) također će utjecati na otvor mrežice – većom debljinom niti smanjuje se otvor mrežice, a povećava razmak između susjedna dva otvora što rezultira manjom rezolucijom otiska. No, ako se povećanjem debljine niti smanjuje kvaliteta otiska ponekad će biti poželjno nanijeti manju količinu tiskarske boje na tiskovnu podlogu, na primjer pri korištenju tiskarskih boja koje suše djelovanjem UV zračenja. Zbog toga se prema potrebi koriste kalandrirane sitotiskarske mrežice, odnosno prešane sitotiskarske mrežice. Sitotiskarska mrežica može biti prešana s gornje, odnosno rakelne strane, s donje strane ili s obje strane. Prešanjem se povećava debljina niti sitotiskarske mrežice, a samim time se smanjuje njena propusnost te, sukladno tome, debljina nanosa tiskarske boje na tiskovnoj podlozi. Jednostrano kalandrirane sitotiskarske mrežice (oznaka OSC) kalandrirane s gornje strane (*Slika 4.*) imaju propusnost 10-15% manju od nekalandranih, mrežice kalandrirane s donje strane 15-25%, a mrežice kalandrirane s obje strane (oznaka TSC) još i više.



Slika 3. - Mrežice s različitim debljinom niti



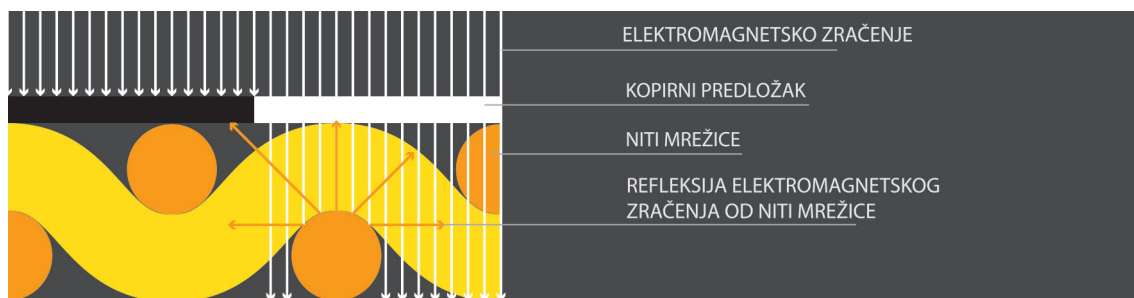
Slika 4. - Nekalandrirana mrežica (a) i mrežica kalandrirana s gornje strane (b)

Može se primijetiti kako su linijatura i debljina niti sitotiskarske mrežice važne karakteristike jer utječu na finoću tiskanog detalja, definiraju tiskarske boje koje se mogu koristiti s obzirom da je preporučena prosječna veličina čestica pigmenata u tiskarskoj boji korištenoj za

propusni tisak jednaka trećini veličine otvora mrežice, te na debljinu nanosa tiskarske boje. Iduća važna karakteristika svake sitotiskarske mrežice jest njena boja. Sitotiskarske mrežice najčešće dolaze u dvije boje – bijeloj i žutoj. Bijele mrežice pogodne su za jednobojne otiske, dok se žute mrežice preporučuju kod otiskivanja višebojnih reprodukcija i reprodukcija s detaljima poput teksta ispisanog malom tipografskom veličinom. Razlog tome je što se prilikom kontaktnog kopiranja kod izrade tiskovne forme direktnim postupkom (osvjetljavanje FAS-a na mrežici kroz kopirni predložak) koristi izvor svjetlosti prikladan za korištenje FAS, ali najčešće valnih duljina između 350-420 nm. Prilikom osvjetljavanja svjetlost prolazi transparentnim, nezacrnjanim područjima kopirnog predloška i u FAS-u izaziva kemijsku reakciju. S obzirom da svjetlost dolazi u interakciju s mrežicom, bijele će niti difuzno reflektirati svjetlost. Odbijena će se svjetlost tako širiti i ispod zacrnjenih površina kopirnog predloška pri čemu će FAS koji stupa u interakciju s tom svjetlošću neželjeno fotokemijski reagirati. Ta pojava uzrokuje nepravilan rub otiska i nemogućnost reproduciranja sitnih detalja (*Slika 5.*). Žuta je boja komplementarna svjetlosnom izvoru, odnosno apsorbira svu željenu svjetlost, osim žute koju reflektira, tako da ne dolazi do ranije opisanog, neželjenog učinka i upravo se iz tog razloga žute mrežice preporučuju kod višebojnog tiska i reproduciranja detalja (*Slika 6.*) [2].



*Slika 5. - Osvjetljavanje bijele sitotiskarske mrežice*



*Slika 6. - Osvjetljavanje žute sitotiskarske mrežice*

Svaka mrežica korištena za izradu tiskovne forme za proupsni tisak dolazi s odedenom standardiziranom oznakom kako bi odmah saznali sve informacije bitne za odбир mrežice ovisno o njenoj namjeni, odnosno zahtjevima tiska. Primjer oznake:

PET 1000 120-31W PW OSC

Prva slovna oznaka je oznaka materijala korištenog za izradu sitotiskarske mrežice (poliester). Slijedi je brojčana oznaka kvalitete istog materijala (1000). Idući broj označava broj niti po dužinskom centimetru, odnosno linijaturu mrežice (120), a slijedi broj koji označava debljinu niti od kojih je mrežica istkana (31). Slijedeće slovo označava boju sitotiskarske mrežice (W-bijela boja; Y-žuta boja), iduća oznaka način tkanja mrežice (PW-obično tkanje; TW-keper tkanje), dok završna, eventualna oznaka označava kalandriranost sitotiskarske mrežice (OSC-jednostrano kalandrirane mrežice; TSC-dvostrano kalandrirane mrežice) [2].

#### **2.1.1.1. Materijali za izradu mrežica za propusni tisak i njihove karakteristike**

Iako je sve započelo davno korištenjem ljudske kose, napredovalo uporabom drugih prirodnih materijala poput pamuka i svile, danas su u primjeni najraširenije sitotiskarske mrežice istkane od poliesterskih i poliamidnih, a za posebne zahtjeve i metalnih niti.

**Poliesterske** (skraćeno PET) se niti odlikuju visokom otpornošću na istezanje, dobrom mehaničkom otpornošću, dobrom otpornošću na abraziju, viskom otpornošću na svjetlost te neosjetljivošću na klimatske uvijete. Također, vrlo su otporne na kemikalije, pogotovo one anorganskog porijekla, ali izrazito osjetljive na lužine. Poliesterske su sitotiskarske mrežice zbog dobre mehaničke otpornosti pogodne za veće naklade i višekratno korištenje, omogućavaju postizanje preciznog registra (precizno preklapanje, odnosno podudaranje svih otisnutih boja), a obično se koriste za tisak na tekstilu [3].

**Poliamidne** (skraćeno PA), odnosno najlonske niti također su dobrih mehaničkih svojstava, visoko su otporne na abraziju, pokazuju dobre karakteristike površinske napetosti i izuzetno

su elastične. Za razliku od poliesterskih, ove su niti osjetljive na kiseline, dok pokazuju dobru otpornost prema lužinama. Poliamidne sitotiskarske mrežice prve su sintetske mrežice korištene u sitotisku, a zbog svojih se poželjnih svojstava koriste još i danas. S obzirom na visoku elastičnost pogodne su za tisak na materijale s nepravilnom i neravnom površinom [3].

Za izradu **metalnih sitotiskarskih mrežica** koriste se metali koji se mogu razvući u tanke niti, a najkorišteniji metal za izradu ovakvih sitotiskarskih mrežica jest nehrđajući čelik. Odlikuje se dobrom čvrstoćom i dimenzionalnom stabilnošću te otpornošću na klimatske uvijete što omogućava ostvarivanje preciznog registra. Također su pogodnije za tisak krutih materijala poput keramike, drva, metala i sličnog, ali i za tisak pri kojem su, što zbog tiskarske boje, što zbog tiskovne podloge, potrebne visoke temperature. Naime, mrežice od nehrđajućeg čelika mogu izdržati i do 600°C. Jedini nedostatak ovih mrežica jest što uslijed eventualnih deformacija one postaju trajne i tiskovna se forma ne može ponovno koristiti [4].

### **2.1.2. Okviri**

Okviri korišteni u sitotisku moraju biti čvrsti, dimenzionalno stabilni, otporni na kemikalije korištene u svim reprodukcijским procesima, od formiranja tiskovnih elemenata i slobodnih površina, preko kemikalija korištenih u tiskarskim bojama, do otapala tiskarskih boja i sredstava za čišćenje. Također, okviri moraju biti potpuno ravni kako bi se omogućilo postizanje što preciznijeg registra (precizno preklapanje svih nanosa tiskarskih boja korištenih tokom reprodukcije na istoj tiskovnoj podlozi), ne smiju imati oštre rubove kako ne bi oštetili sitotiskarsku mrežicu ili tiskovnu podlogu te moraju biti hrapave površine kako bi u slučaju ljepljena sitotiskarska mrežica što kvalitetnije prijanjala uz njihovu površinu [5].

Kod poluautomatskog i automatskog otiskivanja veličina tiskovne forme, odnosno okvira definirana je dimenzijom tiskarskog stroja. No prilikom ručnog otiskivanja veličina tiskovne forme može varirati. Naravno, kod izrade velikih formata bitna je domišljatost samog tiskara da osmisli način na koji će protisnuti tiskarsku boju kroz tiskovne elemente, a kojim će kvaliteta reprodukcije biti zadovoljavajuća.

Govorimo li o sitotiskarskim okvirima, bitno je napomenuti da svaki okvir sa svih strana mora biti nešto veći od same veličine otiska kako bi se stvorio prostor potreban za manipulaciju tiskarskom bojom, budući da se tiskarska boja nanosi na slobodne površine povrh tiskovnih elemenata te rakelom, odnosno protiskivačem usmjerava prema nasuprotnoj strani sita, prolazeći preko tiskovnih elemenata ne bi li prodrijela kroz njih i bila nanosena na tiskovnu podlogu [2].

### **2.1.2.1. Materijali za izradu okvira za propusni tisak i njihove karakteristike**

Materijali koji se koriste za izradu sitotiskarskih okvira najčešće su metalnog podrijetla, iako za manje naklade te tiskovne forme manjih dimenzija i jednotonske reprodukcije mogu poslužiti i drveni okviri.

**Drveni okviri** pogodni su upravo iz razloga što su lagani pa je samim time njima i lakše manipulirati, ali drvo ima dosta nedostataka zbog čega nije često korišteno kako u grafičkoj, tako i u nekim drugim industrijama. Kod izrade okvira za sitotisak problem predstavlja slaba dimenzionalna stabilnost drva; ono se prilično brzo skuplja i bubri pod promjenom klimatskih uvijeta, s vremenom se isteže i nije pogodno za postizanje preciznog registra. Za zaštitu i povećanje otpornosti na vodu i ostale kemikalije, drvene sitotiskarske okvire poželjno je lakirati [2].

**Metalni okviri** zastupljeniji su u grafičkoj i ostalim industrijama. Čvršći su i trajniji od drvenih okvira, a razlikujemo čelične i aluminijske metalne okvire.

**Čelilni sitotiskarski okviri** prilično su kruti i manjeg poprečnog presjeka, ali problem predstavlja njihova težina zbog koje je, uslijed većih dimenzija okvira, tiskovnom formom teže rukovati. Također, čelični okviri skloniji su hrđanju, stoga ih je potrebno zaštititi galvanizacijom ili lakiranjem [2].

**Aluminijski su okviri** lakši od čeličnih, prema tome i pogodniji za rukovanje. No baš zbog toga što su prilično lagani, potrebno im je povećati površinu poprečnog presjeka i

ojačati stijenke. Prednost aluminijskih sitotiskarskih okvira jest u tome što mogu poslužiti za napinjanje svih vrsta sitotiskarskih mrežica, dolaze u širokom izboru poprečnih presjeka, jeftini su, pokazuju dobru otpornost prema koroziji te se lako čiste [2].

### 2.1.3. Napinjanje mrežice na okvir

Važno svojstvo tiskovne forme za propusni tisak je napetost sitotiskarske mrežice. Napetost sitotiskarske mrežice mjeri se u njutnima po centimetru ( $Ncm^{-1}$ ), a pravilna napetost osigurava postizanje pravilnog registra. Jače napeta sitotiskarska mrežica pogodna je za tisak na ravne i krute tiskarske podloge i omogućava lakše odvajanje tiskovne forme od tiskarske boje nakon izvršene reprodukcije, dok su manje napete sitotiskarske mrežice pogodne za tisak na neravne tiskovne podloge i tiskovne podloge nepravilnih oblika. Napetost svake sitotiskarske mrežice ovisit će o materijalu od kojeg je mrežica načinjena, o debljini niti od kojih je mrežica istkana te, kao što je spomenuto, o zahtjevima proizvodnog procesa. Poliesterske su mrežice otpornije prema rastezanju u odnosu na mrežice načinjene od poliamida, a općenito se sitotiskarske mrežice debljih niti mogu napeti jače od mrežica tkanih tanjim nitima, usprkos tome što se manje rastežu [2].

Razlikujemo ručno, mehaničko i pneumatsko napinjanje sitotiskarskih mrežica na okvire.

**Ručno napinjanje** mrežica podrazumijeva drvene okvire i korištenje alata za šivanje žicom izravno u drvo te naknadno ljepljenje mrežice za okvir. Ručno napinjanje sitotiskarske mrežice ne proporuča se zbog nejednolike napetosti sitotiskarske mrežice te zbog toga što je šivaćom žicom moguće oštetiti samu mrežicu [2].

**Mehaničko napinjanje** omogućava napinjanje nekoliko okvira odjednom, naravno ovisno o dimenzijama uređaja te obzirom da je strojno izvođeno osigurava jednoliku napetost sitotiskarske mrežice. Također, važna prednost strojnog napinjanja sitotiskarske mrežice je mogućnost napinjanja mrežice pod željenim kutom. Ova je mogućnost važna zbog izrade tiskovnih formi za višebojne reprodukcije, budući da je poznato da je za svaku od procesnih boja poželjno imati rasterski element pod točno definiranim kutom kako bi se izbjegao efekt *Moire*a. Od strojeva za mehaničko napinjanje sitotiskarskih mrežica



razlikujemo samonapinjajuće sitotiskarske okvire, strojeve za napinjanje s osovinom, strojeve za napinjanje sa šipkama te strojeve za napinjanje s jednostrukim stezačima [2].

**Pneumatsko napinjanje** također omogućuje napinjanje sitotiskarskih mrežica pod različitim kutom i napinjanje mrežica na više sita odjednom, a razlikujemo stolne strojeve za pneumatsko napinjanje s različitim stezačima i različitim sustavima za dovođenje zraka [2].

U oba slučaja strojnog napinjanja sitotiskarske mrežice, mrežicu je potrebno i pričvrstiti za okvir. Iako se koriste različita ljepila (na primjer UV ljepila, kontaktna ljepila) za pričvršćivanje sitotiskarskih mrežica na okvire najčešće se koriste dvokomponentna ljepila. Bitno je da su okviri prije ljepljenja odmašćeni i nahrapavljeni kako bi se osiguralo što bolje prijanjanje sitotiskarske mrežice za okvir.

#### **2.1.4. Izrada tiskovne forme**

Promotrimo li tiskovnu formu za propusni tisak i uzmemo li u obzir da su tiskovni elementi propusne površine sitotiskarske mrežice, mogli bismo reći kako je već razapeta mrežica na okviru zapravo veliki tiskovni element. Procesom izrade tiskovne forme mora se stvoriti razlika između tiskovnih elemenata i slobodnih površina. Iako postoje različiti načini izrade tiskovne forme, najčešće se koriste fotomehanički postupci prijenosa slike, gdje se energijom fotona uzrokuje promjena topivosti FAS-a na željenim mjestima definiranim pomoću “maske“, to jest kopirnog predloška.

##### **2.1.4.1. Izrada kopirnog predloška**

Kopirni se predložak može izraditi različitim postupcima i od različitih materijala, no u konačnici elementi koje se žele otisnuti moraju biti zacrnjeni kako bi se spriječio prolazak elektromagnetskog zračenja. Motiv se može na paus papir ili transparentnu foliju ručno iscrtavati flomasterom ili ispisati pomoću *inkjet* ili laserskog pisača. Iako su ovo najjeftiniji načini izrade kopirnog predloška, zacrnjenje na mjestima vrlo često nije dovoljno da u potpunosti spriječi prolazak elektromanetskog zračenja. To zna rezultirati neoštrim, nejasnim i deformiranim rubovima motiva, ili ako se radi o većoj površini i zaostajanjem

FAS-a na mjestima željenih tiskovnih elemenata, a time i reprodukcijom niže kvalitete, koja je vrlo često neprihvatljiva.. Zbog toga se za izradu kopirnih predložaka najčešće koriste filmovi koji se izrađuju fotokemijskim procesom uslijed kojeg zacrnjenje tvore čestice srebra. Važno je napomenuti da se za tiskovnu formu za sitotisak koriste pozitivski kopirni predlošci. U slučaju višetonskog originala, kopirni predložak mora biti rastriran, obzirom da tehnika sitotiska ne omogućava višetonsku reprodukciju.

Oblik rasterskog elementa može varirati s obzirom na željeni učinak i s obzirom na korištenu tiskovnu podlogu, dok linijatura rastera kopirnog predloška mora biti manja od linijature korištene mrežice. Manja linijatura kopirnog predloška osigurava da se željeni motiv pravilno reproducira, odnosno njome osiguravamo postojanost FAS-a na sitotiskarskoj mrežici. Kada bi rasterski element bio manji od očice, odnosno otvora mrežice, to jest u slučaju da pokriva samo dio otvora mrežice, može se dogoditi da se prilikom razvijanja sita, pod jakim mlazom vode, odlomi ostatak osvijetljenog FAS-a. To bi rezultiralo nazubljenim otiskom, postojala bi mogućnost gubljenja detalja, odnosno reprodukcija bi bila loše kvalitete.

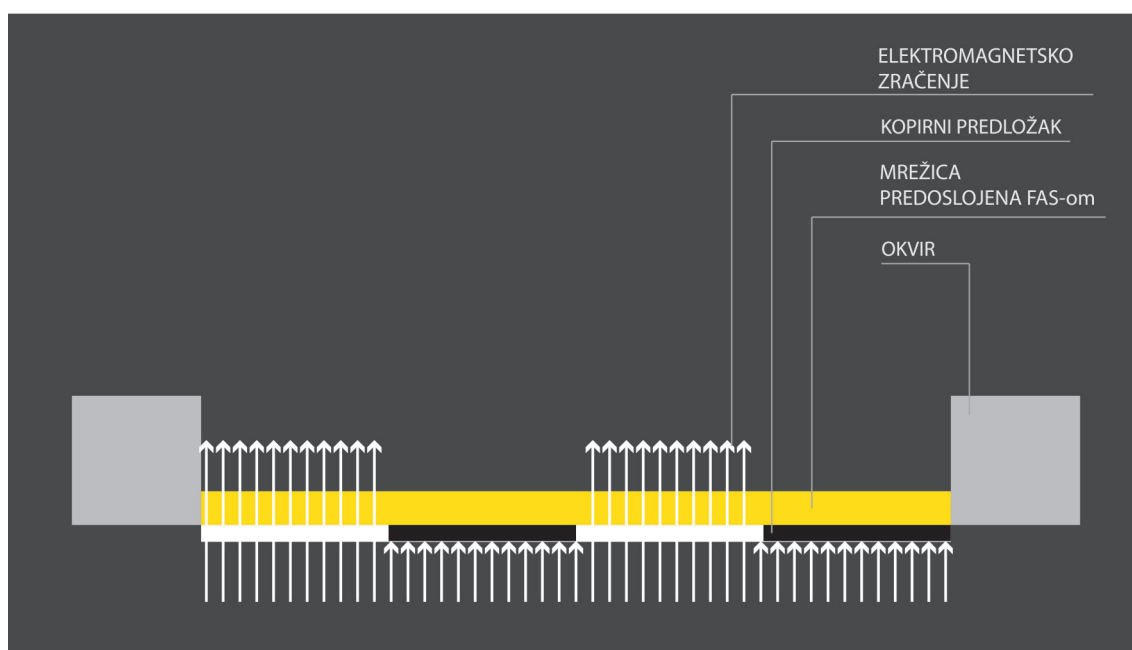
Osim konvencionalnog načina izrade tiskovne forme koji uključuje kopirni predložak, koristi se i *Computer to Plate* postupak (CtP). U doslovnom prijevodu „Računalom Do Ploče“ tehnologija je u potpunosti vođena računalom i kod koje se rastrirani motiv u digitalnom zapisu dovodi do uređaja koji direktno ispisa po tiskovnoj formi. U slučaju propusnog tiska radi se o metodi kojom se *inkjet* pisačem na mrežicu predoslojenu FAS-em ispisuju tiskovni elementi UV tiskarskom bojom ili voskom, odnosno tvari koja u potpunosti reflektira svjetlost na koju je emulzija osjetljiva, nakon čega slijedi osvjetljavanje i razvijanje tiskovne forme kao i kod konvencionalnog procesa izrade.

Važno je napomenuti kako je moguće uklanjanje u vodi netopivog FAS-a nakon otisnute naklade, što omogućava ponovnu uporabu mrežice, odnosno ponavljanje izrade tiskovne forme (neovisno o procesu izrade). Broj puta ponovnog korištenja istog sita ovisi o materijalu sitotiskarske mrežice, materijalu na koji se otiskuje, tiskarskoj boji, korištenim kemikalijama i drugom.

## 2.1.4.2. Direktni postupak izrade tiskovne forme

Ovisno o materijalu na kojem nastaje kopija u fotomehaničkom postupku izrade tiskovne forme razlikujemo direktan i indirektan postupak.

Kod direktnog postupka (*Slika 7.*) FAS se nanosi izravno na mrežicu za propusni tisak, koja je prije nanošenja FAS-a pravilno tretirana, odnosno očišćena od svih nečistoća poput prašine ili masnoća. FAS se nanosi ili ručno pomoću tzv. lađe za nanos FAS-a ili pomoću automatskog uređaja za nanos FAS-a. FAS se obično nanosi i s gornje, odnosno rakelne i s donje strane mrežice i može biti nanesen u nekoliko nanosa, ovisno o potrebi jer debljim nanosom FAS-a utječemo na količinu, odnosno debljinu nanosa tiskarske boje. Nakon oslojavanja mrežice FAS-em slijedi sušenje sita, a potom i kontaktno kopiranje s kopirnog predloška. Kontaktno kopiranje odvija se u kopirnoj rami, odnosno uređaju koji posjeduje potreban izvor svjetlosti te ne propušta nikakvu vanjsku svjetlost i u mogućnosti je vakuumom priljubiti mrežicu i kopirni predložak. Kontaktno kopiranje podrazumijeva da je tvar koja čini zacrnjenja na kopirnom predlošku u direktnom kontaktu s FAS-em. Ono je bitno kako bi se smanjilo potkopiravanje, odnosno deformacija tiskovnih elemenata uslijed ogiba svjetlosti o rubove zacrnjenih područja.

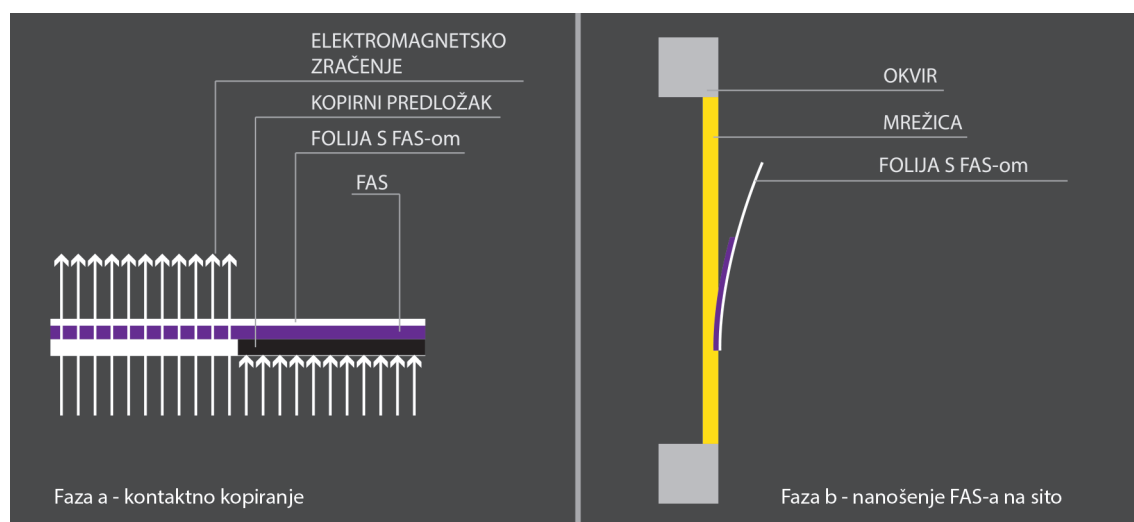


*Slika 7. - Direktni postupak izrade tiskovne forme za propusni tisak*

Kao što je već prije spomenuto, kopirni predložak korišten u sitotisku je pozitivski i kod direktnog postupka izrade slobodnih površina i tiskovnih elemenata stranično ispravan. Vrijeme kontaktnog kopiranja ovisi o korištenom FAS-u, o broju slojeva u kojem je nanesen na mrežicu, ali i o boji sitotiskarske mrežice. Deblji nanos FAS-a, kao i žuta mrežica uvjetovat će dulje vrijeme osvjetljavanja. Nakon kontaktnog kopiranja sito se razvija, odnosno ispire se neosvjetljeni dijelovi FAS-a s budućih tiskovnih elemenata. Najčešće su korišteni FAS-evi koji se ispiru mlazom obične vode. Prije otiskivanja potrebno je osušiti razvijeno sito. Prema potrebi provodi se i retuširanje, to jest zapunjivanje dijelova tiskovnih elemenata.

### 2.1.4.3. Indirektni postupak izrade tiskovne forme

Kod indirektnog postupka izrade tiskovne forme (*Slika 8.*) mrežica se također mora očistiti, no u ovom slučaju se ne oslojava FAS-em. FAS se nalazi na tankoj prozirnoj foliji i kontaktno se kopiranje odvija prije nego FAS stupi u kontakt sa sitotiskarskom mrežicom. To omogućava korištenje kopirne rame primjenjivane i za tiskovne forme plošnog tiska, budući da postoje ofsetne tiskovne forme sa FAS-em koji je osjetljiv na isto ili slično područje valnih duljina. Indirektan način izrade tiskovne forme za sitotisk pogodan je za sve grafičke obrte kojima propusni tisak nije primarna djelatnost. Kao što je već rečeno, i u ovom se slučaju odvija kontaktno kopiranje, a obzirom na to da se FAS u kasnijoj fazi pričvršćuje za donju stranu sita, kopirni predložak u ovom slučaju mora biti stranično neispravan. Nakon kontaktnog kopiranja slijedi razvijanje osvjetljenog FAS-a na foliji. Razvijanje se provodi vodom i također se uklanjaju neosvjetljeni dijelovi FAS-a



Slika 8. - Indirektan postupak izrade tiskovne forme za propusni tisak

s područja budućih tiskovnih elemenata. Prilikom razvijanja osvijetljeni FAS omekšava i bubri te se nanosi na sito. Nakon sušenja, odnosno stvrđavanja FAS-a na sitotiskarskoj mrežici uklanja se noseća folija te se eventualno provodi retuširanje kao i kod direktnog postupaka čime je tiskovna forma spremna za otiskivanje.

## **2.2. Otiskivanje tehnikom propusnog tiska**

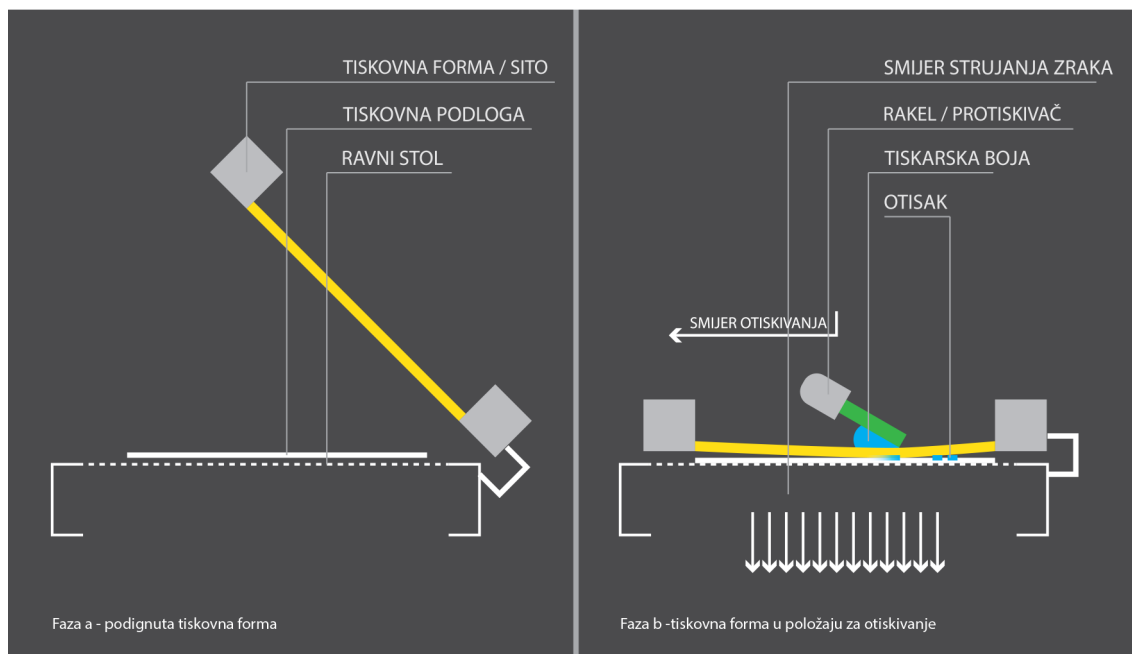
Otisak se u tehnici propusnog tiska ostvaruje protiskivanjem tiskarske boje rakelom (protiskivačem) kroz tiskovne elemente tiskovne forme na tiskovnu podlogu. Otiskivanje može biti ručno, poluautomatsko i automatsko. Kod ručnog otiskivanja čovjek je taj koji vrši ulaganje tiskovne podloge, otiskivanje i izlaganje otiska, kod poluautomatskih sustava čovjek obavlja samo ulaganje i izlaganje tiskovne podloge, odnosno otiska, dok se kod automatskih sustava strojno obavljaju sve navedene radne operacije. Automatski sustavi obično su sastavni dio proizvodnih linija pojedinih industrija [2].

Strojevi za propusni tisak dolaze u različitim izvedbama – od jednostavnih strojeva s ravnim stolom, odnosno *flat-bed* strojeva, specijalnih strojeva za industrijsko tiskanje na tekstilu, preko cilindričnih sitotiskarskih strojeva, strojeva namjenjenih za tisak na gotove predmete do sitotiskarskih rotacija za tisak iz role [6].

Obzirom da je otiskivanje u eksperimentalnom dijelu rada izvedeno ručno, na ravnome stolu, ovdje će biti objašnjen upravo taj proces (*Slika 9.*).

Ravni stol sastoji se od noseće konstrukcije koja ima ulogu podržati vakuumsku komoru sa šupljikavom radnom površinom i držač tiskovne forme. Prije otiskivanja tiskovna forma se postavi u držač. Tiskovna forma je u ovoj fazi još podignuta. Potom se tiskovna podloga namjesti na šupljikavu radnu površinu ispod tiskovne forme u točno definirani položaj. Kada se tiskovna forma spusti u radni položaj vakuumska se komora automatski uključi i isisava zrak kroz šupljikavu radnu površinu te na taj način fiksira tiskovnu podlogu što je bitno prilikom otiskivanja. Zatim se tiskarska boja nanese povrhu tiskovnih elemenata i rakelom se usmjerava prema nasuprotnoj strani tiskovne forme. Kako tiskarska boja prelazi

po tiskovnim elementim ujedno i prodire kroz njih na tiskovnu podlogu. Otiskivanje se vrši u jednom nanosu tiskarske boje. Nakon otiskivanja se tiskovna forma podigne, vakuumska se komora automatski isključi i tiskovna je podloga spremna za izlaganje. Optimalni kut kojeg rakel zatvara sa sitotiskarskom mrežicom prilikom otiskivanja iznosi 60 stupnjeva.



Slika 9. - Postupak ručnog otiskivanja na ravnom stolu

Prije otiskivanja potrebno je podesiti razmak sita od tiskovne podloge. Jednolik i pravilan razmak omogućava postizanje preciznog registra. Prilikom otiskivanja povremeno je potrebno vlažnom krpom brisati boju sa tiskovnih elemenata (u slučaju korištenja tiskarske boje na bazi vode), ovisno o brzini sušenja boje jer može doći do popunjavanja otvora sitotiskarske mrežice. Nakon otiskivanja naklade tiskovna forma se može sačuvati za kasniju uporabu ili se FAS koji čini slobodne površine tiskovne forme uklanja posebnim kemikalijama.

### 2.2.1. Protiskivač tiskarske boje (rakel)

Protiskivač tiskarske boje u tehnici sitotiska, odnosno rakel obično je načinjen od drvenog držača i prirodne ili sintetičke gume kojom usmjeravamo tiskarsku boju na tiskovnoj formi. Prirodne se gume obično brže troše od sintetičkih, no za razliku od njih manje su sklone prikupljanju elektrostatskog naboja. Dugom uporabom oba materijala s vremenom otvrdnu, a pri kroničnom izlaganju svim kemikalijama nabubre što oštricu čini valovitom

i nepogodnom za rad. Tvrdća gume izražena u shorima (*Shore A*) iznosi između 60 i 75 stupnjeva. Rakeli s tvrdim gumama pogodni su za tisak velikih formata i višetonski tisak, odnosno tiska s prividom više tonova (s obzirom da se u tehnici sitotisak privid tonova ostvaruje rastriranjem motiva). Mekše se gume koriste za tisak punih tonova te prilikom otiskivanja na neravne tiskovne podloge. Prevelika tvrdća gume od koje je načinjen rakel može izazvati deformacije na sitotiskarskoj mrežici i time prouzročiti odstupanja u registru. Premekana guma rakela može se svinuti u toku tiska te se time smanjuje kut kojeg zatvara s tiskovnom formom što rezultira podlijevanjem boje ispod slobodnih površina. Rakel može imati različito obrađen vrh ovisno o namjeni, odnosno o tiskovnoj podlozi koju koristimo i o željenom učinku. Primjerice, rakel oštrog ruba se koristi prilikom tiskanja detalja, a otupljeni, odnosno rakel s oblim rubom, za postizanje većeg nanosa tiskarske boje [2].

### **2.2.2. Tiskarske boje za propusni tisak**

Propusni tisak je tehnika koja koristi najširu paletu tiskarskih boja. Razlog tome jest što je jedini preduvjet da boja može prodrijeti kroz otvore sitotiskarske mrežice, odnosno preporučeno je da veličina čestica pigmenta tiskarskih boja za sitotisak bude jednaka trećini veličine otvora očice sitotiskarske mrežice [2]. U tehnici propusnog tiska ostvaruju se najdeblji nanosi tiskarskih boja na tiskovnu podlogu, a sama je tehnika pogodna za korištenje raznih specijalnih boja poput boja s metalnim pigmentima, termokromnih boja, fluorescentnih, fosforescentnih tiskarskih boja, boja specijalnih namjena – boja za keramiku, drvo, metal, tkaninu i tako dalje [7].

No, tiskarske boje za sitotisak najčešće se dijele u dvije osnovne grupe – boje koje suše oksipolimerizacijom izrađene na bazi ulja i veziva te boje koje suše isparavanjem bazirane na raznim otapalima. Boje za sitotisak pripremaju se neposredno prije otiskivanja [7].

Jednokomponentne tiskarske boje za sitotisak koriste se za tiska na upojne površine. Obično su guste i prije otiskivanja dodaje im se određeni razrijeđivač koji ujedno i regulira viskoznost tiskarske boje. Jednokomponentne tiskarske boje za sitotisak obično suše penetracijom, hlapljenjem i oksipolimerizacijom.

Dvokomponentne tiskarske boje za sitotisk koriste se prilikom otiskivanja na neupojne tiskovne podloge poput metala, stakla i keramike. Često su na bazi otapala i suše hlapljenjem otapala i polimerizacijom koja se odvija između baze tiskarske boje i dodanih katalizatora. Dodavanje topline ovakvim sustavima ubrzava se sušenje tiskarske boje [7].

Viskoznost je svojstvo sitotiskarskih boja koje utječe na brzinu otiskivanja, debljinu nanosa tiskarske boje na tiskovnoj podlozi, ali i na oštrinu rubova otiska. Viskoznija tiskarska boja sporije će prodirati kroz tiskovne elemente i time će proces otiskivanja proticati sporije, dok će se rijetka, odnosno manje viskozna tiskarska boja razlijevati ispod slobodnih površina tiskovne forme te time činiti neprecizne rubove samog otiska [7].

Osim za tisak široke palete tiskarskih boja, tehnika propusnog tiska se zbog debelog nanosa tiskarske boje na tiskovnu podlogu (u odnosu na ostale tehnike tiska) često koristi i za nanos raznih zaštitnih ili sjajnih lakova.



### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

Ranije je spomenuto da na kvalitetu reprodukcije u tehnici propusnog tiska utječu razni faktori, no cilj ovog rada jest utvrditi odnos debljine nanosa FAS-a i kvalitete reprodukcije, odnosno ustanoviti preporučene debljine FAS-a za pojedine originale.

#### **3.1. Korišteni materijali**

Za pripremu uzoraka korišteni su slijedeći materijali:

-FAS Azocol Z 133 sa pripadajućim senzibilizatorom Diazo No. 23. FAS se prema uputama prije upotrebe pomiješa sa senzibilizatorom u definiranom omjeru neposredno prije nanošenja na mrežicu. Prema uputama proizvođača, FAS je iskoristiv 20 dana nakon miješanja baze sa senzibilizatorom.

- Otiskivanje se vršilo korištenjem tiskarske boje proizvođača Marabu, Texaprint TXT Wasser, boje koja je topiva u vodi. Korištena je crna boja.

- Korištena mrežica je izrađena od polietilenskih niti, 63 linije po cm, debljine niti 61  $\mu\text{m}$  ( PET 1000 64 - 61 WPW).

- Kao tiskovna podloga koristio se papir za umjetnički tisak proizvođača *Sappi, Euroart plus gloss papir*, gramature 250  $\text{gm}^{-2}$ .

#### **3.2. Korišteni uređaji**

- *Dri-vault screen drying cabinet by Vastex international, inc.* - komora za sušenje mrežica, opremljena grijačem te ventilatorom kojim se osigurava ravnomjerna temperatura u cijelom volumenu komore. Odjednom se može sušiti najviše 10 okvira. Opremljena je regulatorom temperature sa 6 stupnjeva.

- *Expos-it screen exposure system high output - by Vastex international, inc* - kopirna rama opremljena sa UV cijevima koje najviše zrače u području osjetljivosti fotoaktivnih slojeva koji se koriste u propusnom tisku. Posjeduje regulator za duljinu ekspozicije te vakuumski uređaj pomoću kojeg se tijekom osvjetljavanja osigurava prislan kontakt između mrežice i kopirnog predloška.

- kada za ispiranje (s potrebnom rasvjetom i vodenim mlaznicama)

- *Sefar Humicheck* - uređaj za utvrđivanje stupnja vlažnosti sita (*Slika 10.*). Mjerenje se vrši tako da se uređaj poledinom prisloni na mrežicu tiskovne forme. Na poledini uređaja nalazi se senzor koji mjeri vlažnost, a s prednje strane uređaja mjerna skala pomoću koje očitavamo izmjerene vrijednosti.

- *emco PTM 5* - uređaj za mjerenje debljine nanosa FAS-a. Prije svega uređaj je potrebno kalibrirati tako da mu se mjerna glava prisloni uz željeznu podlogu. Nakon što je na zaslonu prikazana vrijednost 0 $\mu$ m (mikrometara) uređaj je spreman za mjerenje. Mjerenje se vrši tako da ispod uzorka postavimo istu željeznu podlogu koju smo koristili pri kalibriranju uređaja te da mjernom glavom pritisnemo uzorak na mjestu ispod željezne podloge te nakon toga pročitamo vrijednost sa zaslona uređaja.

- *Olympus BX51* - mikroskop s kamerom DP72 (*Slika 11.*) - ima mogućnost povećanja digitalne slike uzorka od 50 – 1000x, mogućnost mjerenja visinskih razlika te određivanja raznih dimenzija na uzorku [8].

- *eXact x-rite* - spektrofotometar korišten za mjerenje RTV-a i gustoće zacrnljenja. Jedini je uređaj na tržištu koji omogućava mjerenje optičkih osvjetljivača za boje i podloge.



Slika 10. - Sefar Humicheck

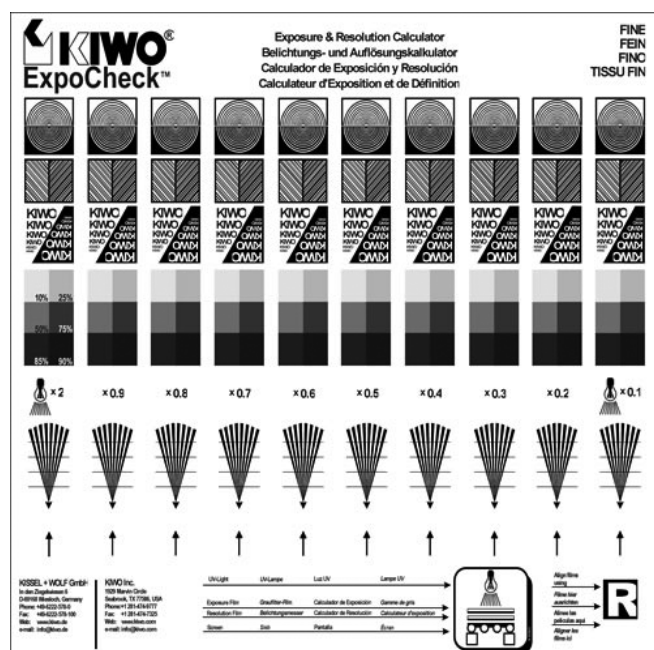


Slika 11. - Olympus DP72

Ima zaslon na doir kojeg je moguće personalizirati, odnosno rasporediti gumbes funkcija po vlastitom izboru. Moguće ga je koristiti kao denzitometar, standardni ili napredni spektrofotometar, za posebnu kontrolu boje kod plošnog tiska, a opremljen je i *Bluetooth* tehnologijom [9].

### 3.3. Priprema uzorka

Izrađene su četiri različite tiskovne forme kod kojih je izvršeno oslojavanje mrežice različitim brojem nanosa FAS-a. Prvi korak u izradi je oslojavanje mrežice s obje strane pomoću lađice. Nakon oslojavanja i sušenja uslijedilo je utvrđivanje vremena ekspozicije za svaku debljinu nanesenog FAS. U tu svrhu je korišten je *Kiwo ExpoCheck* film (Slika 12.). Navedena metoda provodi se kopiranjem navedenog predloška na mrežicu kroz dodatni višetonski film koji smanjuje količinu propuštenog svjeta. Nakon eksponiranja i razvijanja vizualno se određuje prihvatljivost izrade tiskovne forme i optimalno vrijeme eksponiranja (množenjem koeficijenta ispod prihvatljivog polja i korištenog vremena eksponiranja). Određeno je da je za prvi uzorak vrijeme eksponiranja 30s, drugi 60s, treći 120s te četvrti 180s. Po određivanju vremena eksponiranja direktnim su postupkom izrađene tiskovne forme.



Slika 12. - Kiwo Expo Check kontrolni film



Slika 13. - Otiskivanje uzoraka za ravnim stolom

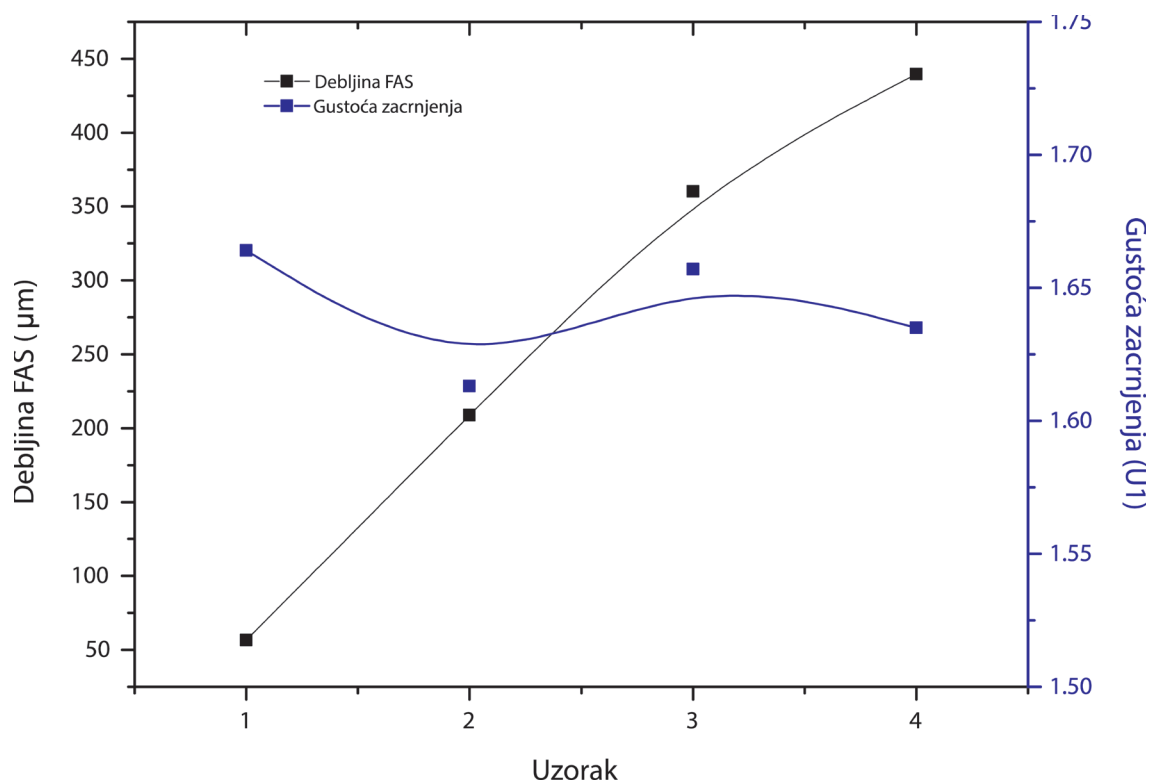
Obzirom da se u radu utvrđuje utjecaj debljine nanosa FAS-a na kvalitetu reprodukcije bilo je potrebno napraviti više različitih uzoraka pa tako i tiskovne forme s dvostrukim, trostrukim i četverostrukim nanosom FAS-a. Uzorci su označeni od U1 do U4, gdje je U1 tiskovna forma s jednostrukim, a U4 s četverostrukim nanosom FAS-a. FAS-evi su se nanosili uz kratka sušenja između svakog sloja kako svakim novim nanosom ne bi došlo do oštećivanja prethodno nanesenog sloja.

Otiskivanje (*Slika 13.*) je provedeno ručno na ravnom stolu za sitotisak i sa svakom je tiskovnom formom izrađeno po pet otisaka kontrolnog klina s trinaest polja različitog postotka pokrivenosti površine, to jest raster tonske vrijednosti (u daljnjem tekstu RTV). Po završetku otiskivanja, otisci su sušeni na sobnoj temperaturi.

## 4. REZULTATI MJERENJA I RASPRAVA

Na pripremljenim uzorcima izrađena je mikroskopska analiza, te izvršena mjerenja gustoće zacrnljenja i pokrivenosti površine (RTV).

Na grafičkom prikazu (*Slika 14.*) prikazane su vrijednosti debljine FAS na pripremljenim uzorcima tiskovne forme, te izmjerene gustoće zacrnljenja na otiscima izrađenim otiskivanjem pomoću pripremljenih tiskovnih formi. U1 je otisak izrađen korištenjem tiskovne forme s najmanjim brojem nanosa FAS-a (jednim), U2 tiskovnom formom s dva nanosa, U3 s tri nanosa te U4 s četiri nanosa.

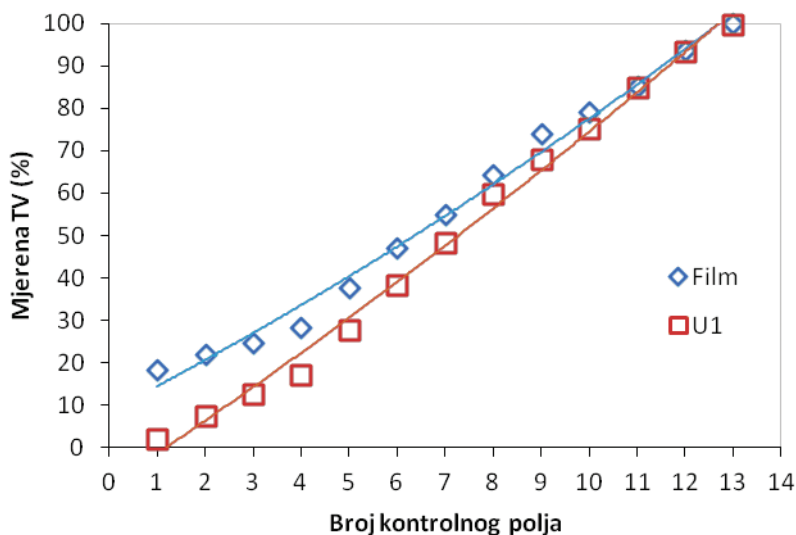


Slika 14. - Zavisnost debljine FAS na tiskovnoj formi i gustoće zacrnljenja na otisku o pripremi tiskovne forme

Vidljivo je da se povećanjem broja nanosa FAS gotovo linearno povećava debljina sloja na tiskovnoj formi. No, istovremeno gustoća zacrnljenja na otiscima je gotovo konstantna, tj. za sve uzorke nalazi se unutar 0,1. Iako se očekivalo da će se gustoća zacrnljenja povećavati s povećanjem debljine FAS na mrežici, izmjereni rezultati su pokazali da se već i kod najmanje debljine postiže vrlo visoka vrijednost gustoće zacrnljenja (1,66), te eventualni povećani nanos bojila nema značajan utjecaj na gustoću zacrnljenja.

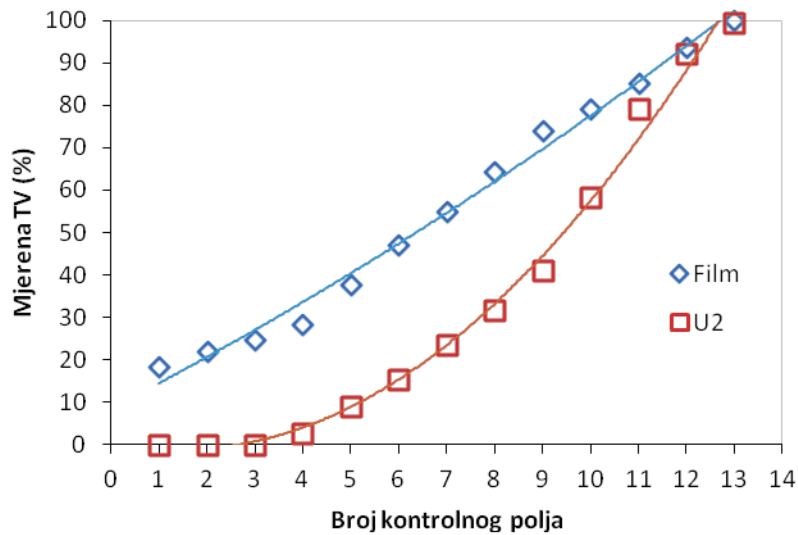
Na slikama (*Slika 15. - Slika 18.*) prikazane su rastertonske vrijednosti (RTV) izmjerene na otiscima izrađenim korištenjem pripremljenih tiskovnih tiskovnih formi (U1 – U4). Iz mjerenja je vidljivo da su na svim osticima postignute niže rastertonske vrijednosti u odnosu na testni klin, što je vjerojatno posljedica potkopiravanja tijekom izrade tiskovnih formi, te smanjenjem otvora na mrežici u odnosu na zarcnjena mjesta na filmu.

Na grafičkom prikazu (*Slika 15.*) može se primijetiti da se povećanjem rastertonske vrijednosti smanjuje razlika između rastertonske vrijednosti na filmu i otisku. Kod visokih vrijednosti izmjerene vrijednosti na otisku i filmu jednake su (kontrolna polja 11 – 13).

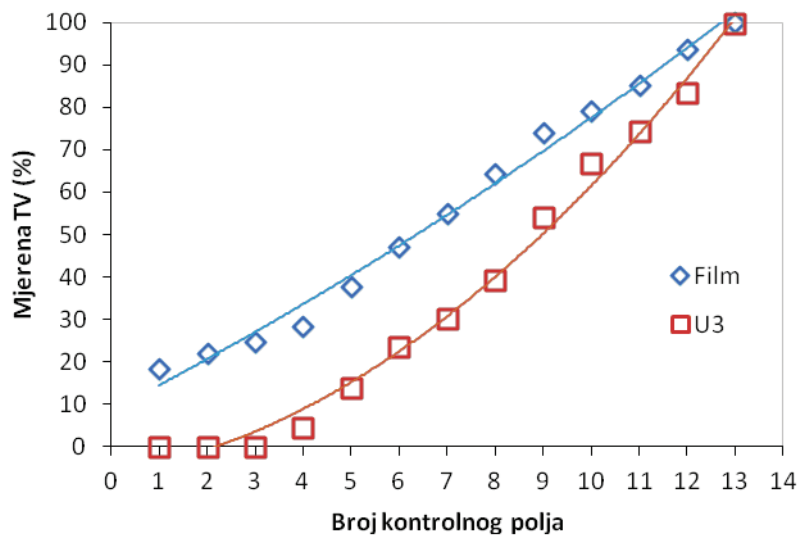


*Slika 15. - Zavisnost tonkih vrijednosti o kontrolnom polju na otisku U1*

Na idućem grafičkom prikazu (*Slika 16.*) vidljivo je da su razlike u rastertonskim vrijednostima otiska u odnosu na film znatno veće nego razlika između filma i otiska U1. Jednake vrijednosti su izmjerene u najtamnijim tonovima (kontrolna polja 12 - 13), razlike u srednjim rastertonskim vrijednostima iznose i do 30%, dok svijetle tonove niti nije moguće reproducirati (kontrolna polja 1 - 3).

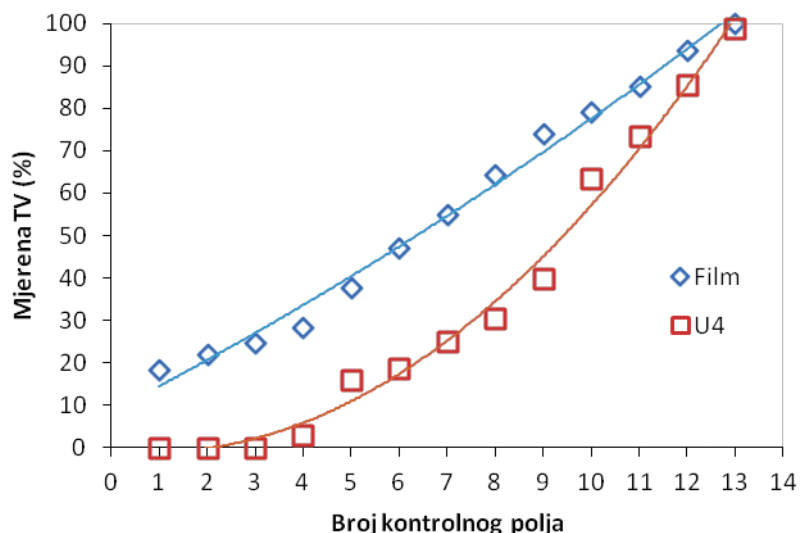


Slika 16. - Zavisnost tonskih vrijednosti o kontrolnom polju na otisku U2



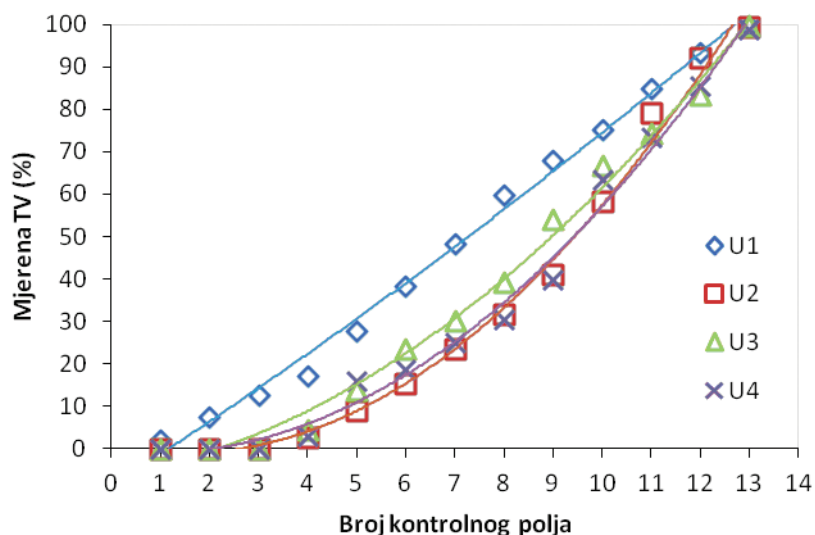
Slika 17. - Zavisnost tonskih vrijednosti o kontrolnom polju na otisku U3

Trend odstupanja rastetonskih vrijednosti otiska U3 od rastertonskih vrijednosti na filmu lako se uočava i sličan je trendu koji je vidljiv na prikazu rastartonskih vrijednosti na uzorku U2 (Slika 16. i Slika 17.). Poklapanja vrijednosti vidljiva su tek u najtamnijem tonu, također nije moguće otisnuti svijetle tonove (kontrolna polja 1-3).



Slika 18. - Zavisnost tonских vrijednosti o kontrolnom poljuna otisku U4

Na grafičkom prikazu (Slika 18.) izraženija su odstupanja rastertonskih vrijednosti otiska od rastertonskih vrijednosti filma što je naročito vidljivo kod srednjih tonских vrijednosti (kontrolna polja 5 - 10). Jednaka rastertonska vrijednost na filmu i otisku vidljiva je tek na najtamnijem tonu, a svijetle tonove niti u ovom slučaju nije moguće reproducirati (kontrolna polja 1 - 3).



Slika 19. - Zavisnost tonских vrijednosti o kontrolnom polju (od U1-U4)

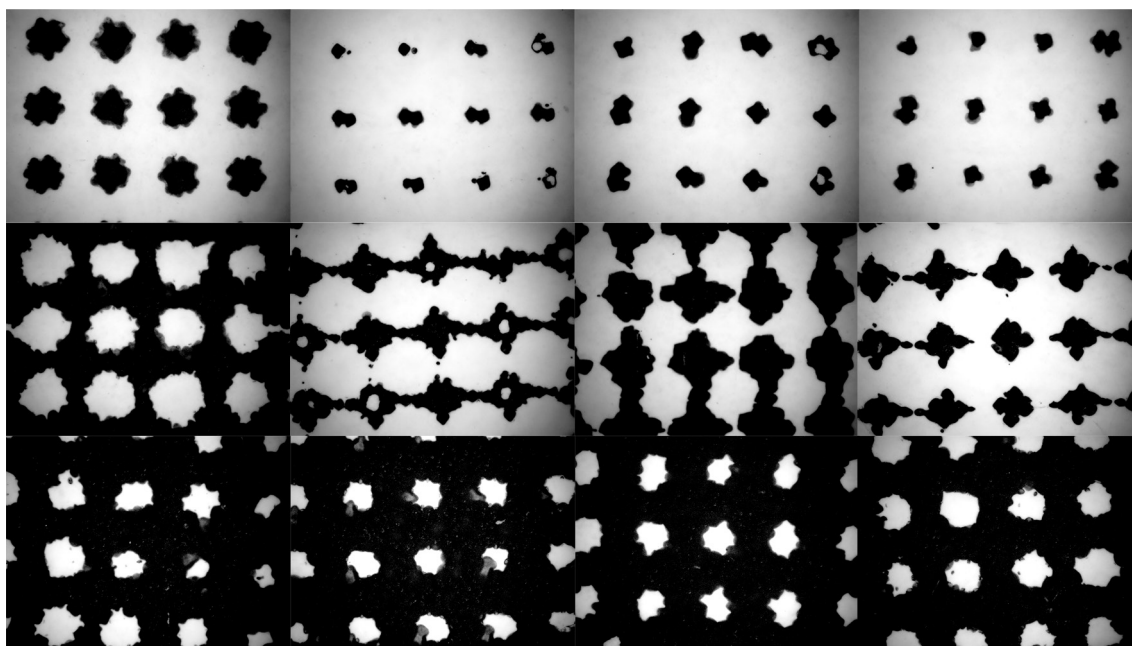
Na grafičkom prikazu (Slika 19.) prikazana je zavisnost rastertonskih vrijednosti na otiscima o kontrolnom polju za sve uzorke. Vidljivo je da su na otisku s najmanjom debljinom fotoaktivnog sloja na tiskovnoj formi (U1) postignute najviše vrijednosti na gotovo svim



kontrolnim poljima (na polju 13 su gotovo identične vrijednosti za sve uzorke), no razlika se smanjuje s povećanjem TV. Tonske vrijednosti na ostalim uzorcima ( U2 – U4) su vrlo slične (najveća razlika je na kontrolnom polju broj 9, gdje je na uzorku U3 postignuta značajno viša tonska vrijednost).

Izostanak prijenosa bojila u kontrolnim poljima 1 – 3 korištenjem tiskovnih formi U2 – U4 mogu biti posljedica povećanja potkopiranjavanja uzrokovanog povećanjem debljine fotoaktivnog sloja te sukladno tome produljenja vremena ekspozicije. Nadalje, na otiscima otisnutim s tiskovnom formom U2 su postignute niže vrijednosti od očekivanja, što može biti posljedica nestandardiziranog procesa otiskivanja.

Fotografija ispod (*Slika 20.*) prikazuje mikroskopske snimke otisaka polja u niskim, srednjim i visokim rastertonskim vrijednostima.



*Slika 20. - Mikroskopski prikaz petog, devetog i dvanaestog polja kontrolnog klina (od gore prema dolje) s otisaka od U1-U4 (s lijeva nadesno)*

Vizualnom analizom je potvrđeno da su najviše tonske vrijednosti postignute korištenjem tiskovne forme U1. Također, može se primjetiti da je oblik rasterskog elementa najpravilniji na uzorku U1 na svim snimljenim kontrolnim poljima, dok je kod ostalih (U2-U4) pravilan oblik vidljiv tek na dvanaestom polju (tamni tonovi).

## 5. ZAKLJUČCI

Ovo istraživanje je provedeno kako bi se definirao utjecaj debljine fotoaktivnog sloja na mrežici tiskovne forme za propusni tisak na reprodukciju. U tu svrhu pripremljene su četiri tiskovne forme kod kojih je nanosen različit broj nanosa fotoaktivnog sloja (jedan do četiri nanosa). Na pripremljene mrežice kopiran je uzorak testnog klina na kojem su bila polja različite pokrivenosti površine te je izvršeno otiskivanje na papir za umjetnički tisak koristeći crnu boju. Otiskivanje je provedeno ručno.

Pripremljeni otisci (U1 - U4, gdje je broj uzorka ekvivalentan broju nanosa fotoaktivnog sloja na mrežici) su evaluirani mjerenjem gustoće zacrnenja punog polja, mjerenjem tonske vrijednosti te mikroskopskom analizom.

Rezultati istraživanja su pokazali da se korištenom metodom nanošenja fotoaktivnog sloja može postići različita debljina fotoaktivnog sloja na mrežici, no debljina fotoaktivnog sloja nije imala utjecaj na gustoću zacrnenja na otisku. Rezultati mjerenja tonskih vrijednosti na otiscima pokazali su da debljina nanosa fotoaktivnog sloja na mrežicu ima značajan utjecaj na reprodukciju tonova. Povećanjem debljine nanosa fotoaktivnog sloja smanjuje se raspon reprodukcije (na uzorcima U2 - U4 nisu se reproducirala prva tri testna polja), a postignute rastertonske vrijednosti su na uzorcima U2 - U4 niže u odnosu na U1, s time da se razlika smanjuje povećanjem tonskih vrijednosti. Vizualna analiza mikroskopskih snimaka otisaka potvrdila je rezultate mjerenja tonskih vrijednosti te omogućila detekciju oblika rasterskih elemenata što može biti značajno u postizanju željenih efekata.

Ovo istraživanje je pokazalo da debljina nanosa fotoaktivnog sloja na mrežici tiskovne forme za propusni tisak ima značajan utjecaj na višetonsku reprodukciju, prvenstveno tonova te bi se kod reprodukcije višetonskih originala trebala provesti analiza te korekcija motiva kako bi se postigli željeni rezultati. Dodatno, rezultati su pokazali da se deblji nanosi fotoaktivnog sloja ne bi trebali koristiti kod originala koji sadrže elemente manjih dimenzija i svjetlih tonova. Ukoliko idejno rješenje zahtjeva pravilan oblik manjih elemenata, nije preporučeno korištenje debljih nanosa fotoaktivnog sloja.

## 6. LITERATURA

- [1] \*\*\*[http://www.google.hr/l?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&cad=rja&uact=8&ved=0CFcQFjAJ&url=http%3A%2F%2Fwww.janeturner.org%2Fexhibitions%2Fschedule\\_files%2Fsplash%2FHistory\\_of\\_screen\\_printing.doc&ei=37EJVISbJ4L3OtyrgJgC&usg=AFQjCNGPtIEEdrKDmvLmkK\\_N4PBAJMcPzg&sig2=sY6Le--NQiT4CCxcXWFEkA&bvm=bv.74649129,d.ZWU](http://www.google.hr/l?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&cad=rja&uact=8&ved=0CFcQFjAJ&url=http%3A%2F%2Fwww.janeturner.org%2Fexhibitions%2Fschedule_files%2Fsplash%2FHistory_of_screen_printing.doc&ei=37EJVISbJ4L3OtyrgJgC&usg=AFQjCNGPtIEEdrKDmvLmkK_N4PBAJMcPzg&sig2=sY6Le--NQiT4CCxcXWFEkA&bvm=bv.74649129,d.ZWU) - History of screen printing, 30.06.2014.
- [2] Sefar AG (1999.) *Priručnik za sitotiskare*, Hrvatska Udruga Sitotiskara, Zagreb
- [3] \*\*\*<http://www.kuroda-electric.eu/screen-mesh> - Screen printing mesh, 02.07.2014.
- [4] \*\*\*<http://www.haverinc.com/stainlesssteel.html> - Stainless steel mesh screen printing screens, 02.07.2014.
- [5] \*\*\*<http://www.kuroda-electric.eu/screen-printing-frames> - Screen printing frames, 02.07.2014.
- [6] Kipphann, H. (2001.) *Handbook of print media: technologies and production methods*, Heidelberger Druckmaschinen AG, Heidelberg
- [7] \*\*\*<http://materijali.grf.unizg.hr/media/duboki%20sito%20%5BCompatibility%20Mode%5D.pdf> - Sitotisak, 04.07.2014.
- [8] \*\*\* <http://www.olympusmicro.com/brochures/pdfs/bx51.pdf> - The new standard in research microscopy, 25.08.2014.
- [9] \*\*\* <http://www.xrite.com/exact> - X-Rite eXact™, 25.08.2014.