



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

MAURO MILJKOVIĆ

# KONTROLA KVALITETE U SITOTISKU

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2014.



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

MAURO MILJKOVIĆ

# KONTROLA KVALITETE U SITOTISKU

DIPLOMSKI RAD

Mentor:  
prof.dr.sc. Diana Milčić

Student:  
Mauro Miljković

Zagreb, 2014.

Rješenje o odobrenju teme diplomskog rada

## SAŽETAK

Pravilnim izborom elementa kontrole kvalitete, može se utjecati na sam proces otiskivanja, predviđati njegova uspješnost i utvrditi uzrok grešaka. Sitotisak ima mogućnosti za poboljšanje otiska ili olakšavanje procesa ispravnim korištenjem elementa kontrole. Paser je jedan od takvih elemenata (tisak u dvije boje, gdje boje idu jedna do druge).

U istraživanju su korišteni paseri, doziranje razmaka između sita i podloge, načini kako se kontroliraju potrebne temperature prilikom otiskivanja, pravilno sušenje otiska s obzirom na korištene materijale te očuvanje i briga o opremi na kojoj i s kojom se izvodi proces. Cilj je bio ispitati sve postojeće elemente i tako locirati prostor za eventualna poboljšanja. Metoda analiziranja temelji se na brzini i kvaliteti procesa te postotku neupotrebljivih otisaka. Prezentirati će se prednosti i mane novog sustava u odnosu na postojeći.

Istraživanje je provedeno kroz 6 procesa otiskivanja, od kojih su 3 rađena uobičajenim paserima, a 3 procesa novim paserom. Svih 6 otisaka sadržavali su samo tekst i „outline“ te su bili u dvije boje. Rezultati istraživanja pokazali su značajno smanjenje potrebnog vremena za pripremu otiska (kod pasiranja), uklonjena je mogućnost grešaka prilikom otiskivanja (mokro na mokro) i ubrzan je sam proces otiskivanja zbog skraćenog vremena sušenja (za 2 sekunde po boji, ovisno o tiskovnoj površini).

**Ključne riječi:** elementi kontrole, sitotisak, paser, otiskivanje

## SUMMARY

By proper selection of elements of quality control, can affect the process of printing, predict its performance and identify the cause of errors. Screen printing has options for improving fingerprint or facilitating the process in the correct use of the element of control. paser is one of such elements (printing in two colors where the colors go to each other) .

The investigation used paser, dosage spacing between screens and surfaces, ways and means to control the required temperature during printing, drying prints correctly with respect to the materials used and the preservation and care of the equipment that is running that process. The aim was to examine all the existing elements and so locate the space for possible improvements. The method of analysis is based on the speed and quality of the process and the percentage of unusable prints. It will be presented the advantages and disadvantages of the new system compared to the existing one.

The survey was conducted through six printing processes, of which 3 are made by conventional paser, and 3 new process paser. All six prints contained only text and “outline” and were in two colors. The results showed a significant reduction in the time required for preparation of prints (with straining), removed the possibility of errors when printing wet on wet) and accelerated the process of printing due to the shorter drying time (2 seconds per color, depending on the printing surface).

**Keywords:**control elements, screen printing, paser, stamping

# SADRŽAJ

SAŽETAK .....	4
SUMMARY .....	5
1. UVOD .....	1
2. PROPUSNI TISAK ILI SITOTISAK .....	2
2.1. Karakteristike sitotiska .....	2
1.1. Tiskovna forma za propusni tisak - sitotisak .....	5
2.2. Metode sitotiska .....	10
2.3. Prednosti i problemi u tisku .....	10
3. KONTROLA KVALITETE U FAZAMA IZRADE PROIZVODA .....	12
3.1. Pojam i teoretske odrednice kvalitete .....	12
3.2. Proces i vrste kontrole kvalitete .....	15
3.2.1. Kontrola kvalitete .....	15
3.2.2. Proces kontrole kvalitete .....	17
3.3. Elementi kontrole kvalitete u sitotisku .....	24
4. EKSPERIMENTALNI DIO .....	31
4.1. Metodologija rada .....	31
4.2. Rezultati istraživanja .....	35
5. ZAKLJUČAK .....	39
6. LITERATURA .....	40

## 1. UVOD

Diplomski rad se sastoji od tri glavne cjeline, kroz koje je opisano i provedeno istraživanje, analizirane dobivene informacije i razrada plana pomoću elemenata kontrole kvalitete u tehnikama sitotiska. U prvom dijelu se opisuju postojeći elementi, njihova funkcija, primjena, prednosti i nedostaci. U drugom dijelu rada je fokus na pogreškama u tisku, njihovom ispravljanju te preventivnom djelovanju na njih prije početka tiska. U trećem dijelu se pokušava sastaviti novi element kontrole kvalitete u obliku pasera i kontrole temperature. Zaključci koji proizlaze iz diplomskog rada su sve potrebne informacije za postizanje kvalitetnog otiska. Proces se može kontrolirati od prvog do zadnjeg procesa u otisku elementima kontrole kvalitete. Utvrđenim elementima kontrole kvalitete možemo kontrolirati proces, predviđati njegova uspješnost i determinirati uzrok grešaka. Sitotisku kao tehnici povećava se opseg mogućnosti tiska na razne materijale. S obzirom da su se uključili novi i postojeći elementi kontrole kvalitete, vidljiv je pomak tehnike u vidu kvalitete, brzine i sigurnosti u kvalitetan otisak prvi i zadnji put u procesu tiska. Na kraju rada prezentira se najzahvalnija kombinacija elemenata i bavljenja kontrolom kvalitete u ovoj tehnici kojom se izrađuju proizvodi po kojima je sitotisk prepoznatljiv.

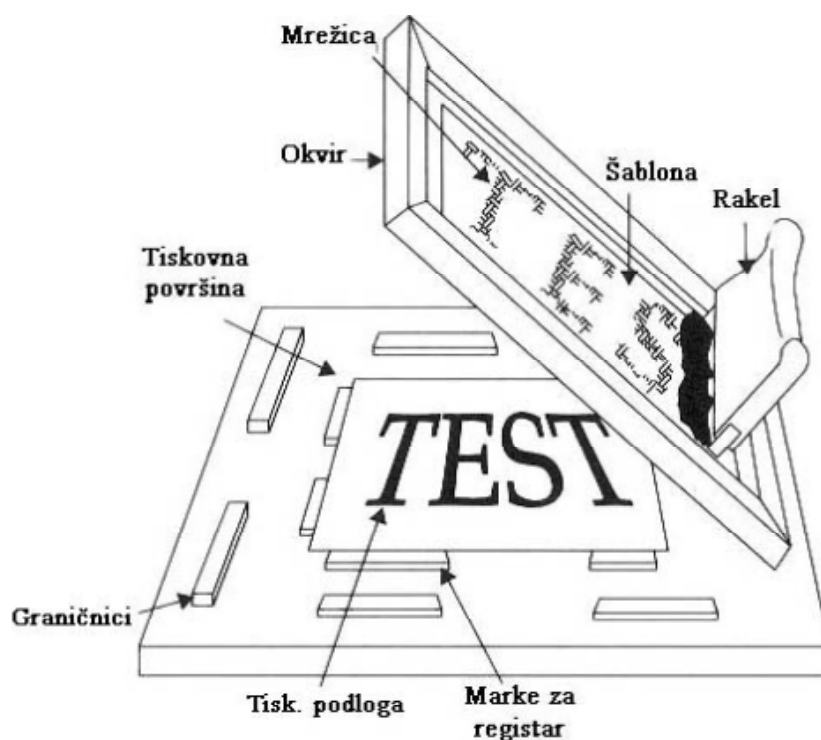
Pretpostavka je da postoji provjereni proces koji funkcionira na zadovoljavajući način u većini procesa koji koriste tehniku sitotiska. Cilj ovog istraživanja je utvrditi koji od tih elemenata funkcioniraju na besprijekoran način i koje definitivno treba zadržati te istražiti postoje li neki u kojima ima mjesta za poboljšanja ili eventualne izmjene koje bi u procesu tiska pridonijele većoj kvaliteti otiska, brzini procesa ili uštedama u financijskom smislu (sušenje, električna energija, boja, razne otopine). Cilj je utvrditi prednosti sitotiska u odnosu na druge tehnike te istaknuti mogućnosti koje nudi isključivo ova tehnika.

## 2. PROPUSNI TISAK ILI SITOTISAK

### 2.1. Karakteristike sitotiska

Sitotisak (njem.: siebdruck; engl.: silk-screen printing; franc.: serigraphie) razvija se u zadnjih 150 godina. To je tehnika propusnog tiska, gdje se bojilo protiskuje kroz tiskovnu formu (šablonu) na tiskovnu podlogu. Tiskovna forma je građena tako da mrežica sita koja je pričvršćena na okvir ima zatvorene očiće gdje su slobodne površine, a otvorene gdje su tiskovni elementi. Zatim se pomoću rakel bojilo protiskuje kroz otvorene očiće na tiskovnu podlogu [13].

Sitotisak je sporiya tehnika tiska. Ima mogućnosti otiskivanja na sve materijale od stakla, papira do tkanina, plastike itd. Otiskuje se na ravne, cilindrične ili drugačije tiskovne podloge. Sitotiskom se često služe umjetnici koji osim reprodukcija svojih slika, ponekad slikajući direktno na situ stvaraju tiskovnu formu [12].



Slika 1. Proces tiska u sitotisku s ravnom tiskovnom formom

Izvor: Bolanča, S., Golubović, K.: Tehnologija tiska od Gutenberga do danas, Senj. zbornik 35, 125-146 (2008.)



Tisak se ostvaruje na način da se bojilo (na slici 2. iznad označeno slovom **A**) strugačem (*rakelom*) (**B**) potiskuje kroz tiskarsku formu (**C**) koja je izrađena od svile (**D**) koja je zategnuta na drveni ili aluminijski okvir (**E**). Svila može biti različite gustoće, zavisno od materijala na koji se otiskuje i od bojila kojim se otiskuje. Gustoća može biti 35, 43, 55, 77, 90, 120, 145, 160 niti po centimetru. Ovisno o gustini niti svila propušta više (uz manje kvalitetan otisak) ili manje bojila (uz kvalitetniji otisak). Sila pritiska strugača, brzina tiska te vrsta podloge na koju se otiskuje također utječu na debljinu nanosa bojila koja iznosi od 20 - 60  $\mu\text{m}$ . Osim ručnog, postoje i strojevi za poluautomatski i automatski sitotisak. Tisak se može raditi na ravnim oblicima, a zbog fleksibilnosti tiskovne forme i na zakrivljenim oblicimate raznim materijalima, tako da sitotisak ima široku primjenu, posebno kod gotovih proizvoda.

U tekstilnoj industriji je praktično nezamjenjiva tehnika tiska na tekstilne predmete, kako direktno na tekstil tako indirektno na transfer papir s kojega se poslije otisak termo prešama prenosi na tekstil pod utjecajem visoke temperature. Ovisno o vrsti materijala na koji se tiska, koriste se bojila pogodna za taj materijal. Tako postoje bojila za umjetne materijale, metal, staklo, tekstil (tzv. plastisoli i vodena bojila), gumu, itd.

Bojila za sitotisak pripremaju se neposredno prije tiska. Za tiskovne podloge koje posjeduju veću površinsku apsorpciju primjenjuju se jednokomponentna sitotiskarska bojila. U takvo originalno gusto bojilo dodaje se razrjeđivač koji ujedno i regulira viskoznost. Jednokomponentno bojilo se primjenjuje za tisak na upojne tiskarske podloge koje se suše penetracijom, hlapljenjem i oksipolimerizacijom. Za tisak na neupojne tiskovne podloge koriste se specijalna dvokomponentna brzosušeća bojila. Takvim bojilima se dodaje katalizator, kojim započinje proces sušenja. Hlapljenje i isparavanje površinskog sloja bojila na tiskovnoj podlozi rezultira osušenim otiskom. Boje za sitotisak se suše isparavanjem. Brzina isparavanja ovisi o:

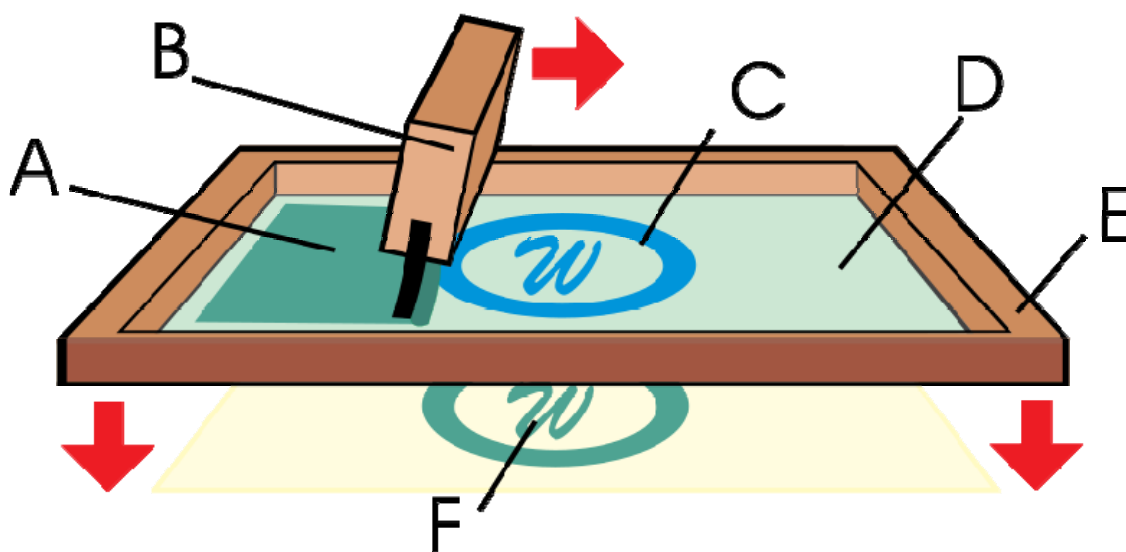
- brzini isparavanja otapala, smjese otapala ili mineralnog ulja (temp.),
- brzini kojom smola otpušta otapalo,
- brzini migracije otapala kroz sloj (film) otiska

Boje za sitotisak sadrže otapala kojima vrijeme tiska isparavaju, a na tiskovnoj podlozi ostaje kruta boja. Vezivo ovih boja sastavljeno je uglavnom od smola i otapala, bez ulja. Ove vrste boja nesmiju se sušiti na valjcima ili tiskovnoj formi. Put boje od bojanika do tiskovne podloge je kratak.

Po strukturi različite tiskovne podloge zahtijevaju i različite boje i one se prema tim zahtjevima posebno formuliraju. Od kriterija koji se zahtijevaju za sitotiskarsku boju najvažniji su određena viskoznost i pokrivenost. Viskoznost je reološko svojstvo boje. To je pojava koja se javlja uslijed trenja među česticama boje koja teče, odnosno unutarnje trenje ili frikcija. Viskoznost ovisi o temperaturi, zapravo porastom temperature viskoznost se smanjuje i boja postaje tečnija, no to ovisi i o strukturi tvari odnosno o sastavu tiskarske boje. Viskoznost boje se određuje mjerenjem otpora prolaza metalne pločice određene težine kroz boju u jedinici vremena ili otporom rotacije metalnog valjka u boji, za guste boje.

Za rijetke boje priručno se koristi Fordova čašica, odnosno mjeri se protok određenog volumena boje kroz rupicu definiranog promjera u jedinici vremena ili elektroničkim viskozimetrom uronjenim u bojanik.

Viskoznost utječe na prolaz boje kroz tiskovne elemente na mrežici, što ujedno znači i na brzinu tiska te na debljinu nanosa na podlogu i oštrinu rubova. Uz sitotiskarske boje često se koriste i lakovi koji zaštićuju otisak ili mu daju sjaj.



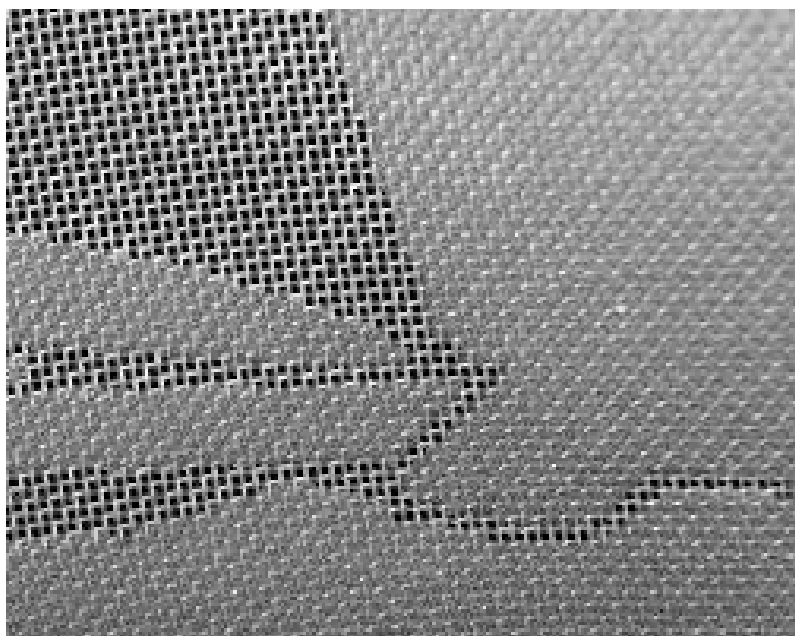
Slika 2. Tehnika sitotiska

Izvor: Bolanča, S., Golubović, K.: Tehnologija tiska od Gutenberga do danas, Senj. zbornik 35, 125-146 (2008.)

## 1.1. Tiskovna forma za propusni tisak - sitotisak

Forma za tisak se priprema na način da se na svilu nanosi fotoosjetljiv sloj emulzije. Nakon sušenja emulzije, fotoosjetljivi sloj se osvjetljava preko matrice na filmu. Ispiranjem sloja emulzije koji nije osvjetljen stvara se tiskovna forma na svili (u negativu), kroz koju kasnije (u procesu tiska) prolazi bojilo. Osvjetljeni dio emulzije čini svilu nepropusnom za bojilo i na tom dijelu svile bojilo ne prolazi na podlogu. Uz pravilan način rada forma za tisak može biti dugotrajna.

Slobodne i tiskovne površine nalaze se u potpuno istoj ravnini. Tiskovnu formu predstavlja sito – mrežica napeta na okvir (slika 3).



Slika 3. Sito

Izvor: <http://www.enciklopedija.hr>

Slobodne površine ne propuštaju boju (zatvorene očiće mrežice). Tiskovne površine propuštaju boju (otvorene očiće mrežice).

Tehnika formiranja slobodnih i tiskovnih površina vrlo je jednostavna. Ako na neki način zatvorimo pojedine otvore na mrežici sita, ta mjesta predstavljat će slobodne površine i kroz njih neće prodirati bojilo i obrnuto - kroz nezatvorene otvore mrežice protiskivat će se boja i ostavljati trag na tiskovnoj podlozi.

Krozotvore mrežice na tiskovnu podlogu može se protisnuti tanak sloj bojila čija debljina iznosi oko 60 mikrona. Od svih klasičnih tiskarskih tehnika sitotisa ima najdeblji sloj otisnute boje, oko 60 mikrona. Otisci dobiveni tehnikom sitotiska donekle se razlikuju od otisaka dobivenih drugim tiskarskim tehnikama. Teoretski gledano, na mjestima gdje su niti mrežice, poslije otiskivanja trebale bi ostati tanke bijele crte, no to se ne događa jer je boja relativno tečna pa se razlije i popuni praznine. Rubovi otisnute reprodukcije su neravni (nazubljeni). Posebna karakteristika sitotiska je fleksibilna, gipka tiskovna forma što omogućava tisak na neravne tiskovne podloge. Kod korištenja filmskih separacija za izradu tiskovne forme treba izraditi rasterske pozitive sa fotoosjetljivim slojem okrenutim prema gore što znači da sa strane sloja reprodukcija mora biti čitljiva.

### **Sito za sitotisak**

Sito se sastoji od okvira različitih formata na koji je napeta mrežica od prikladnog materijala. Da bi se izradilo sito za sitotisak, potrebno je najprije odgovarajuću mrežicu rasprostrti i rastegnuti na ravnu površinu, a onda ju pričvrstiti na okvir. Mrežica se može pričvrstiti čavlicima ili ljepilom. Sita od sintetskog materijala moraju biti za 3 do 6% više rastegnuta na okviru nego što su bila u rasprostrtom stanju. Jedanput izrađeno sito može se višestruko upotrijebiti. Materijali za izradu mrežice:

- metali (čelik, nikal, krom),
- tkanine od prirodnih vlakna (svila),
- tkanine od sintetskih vlakna (poliester, najlon i perlon).

Od metala dolaze u obzir samo metali koji se dadu izvući u tanke, čvrste, na sobnoj temperaturi dimenzionalno stabilne žičice, a otporni su na koroziju. U upotrebi su žice, niti od fosforne bronce i antikorozivnog čelika.

Sita napravljena od metalnih niti upotrebljavaju se za tisak na krute i tvrde podloge gdje je potrebna veća čvrstoća, na primjer kod tiska na keramiku, drvo, metal i slično. Nedostatak metalnih sita je što nakon slučajne deformacije ostaju trajna oštećenja, a time postaju neupotrebljiva. Od prirodnih vlakana, dugo je u upotrebi bila svila, no pojavom sintetskih vlakana ona se uglavnom ne upotrebljava jer je znatno skuplja.

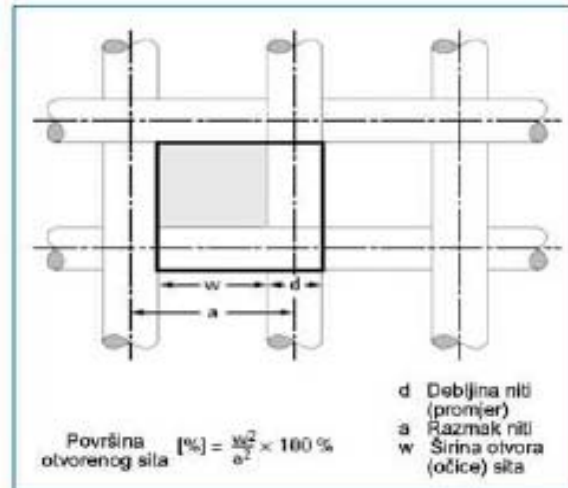
Mrežice od sintetskih vlakna (poliester, najlon i perlon) danas su najviše u upotrebi. One su elastične, dugo zadržavaju potrebnu dimenzionalnu stabilnost i ne deformiraju se uslijed udarca. Otporne su prema mnogim kemikalijama koje se upotrebljavaju u procesu tiska. Vrlo su čvrste. U upotrebi su i mrežice s kombinacijom metalnih i sintetskih niti, zatim mrežice pletene s nitima različitih debljina pa im se stoga razlikuju vrijednosti otvora očice. O širini očice mrežice ovisi protiskivanje boje kroz mrežicu na tiskovnu podlogu.

Odabir materijala za izradu mrežice ovisi o konačnom grafičkom proizvodu koji se otiskuje. Za različite tipove tiskovne podloge koriste se i različite formulacije bojila, stoga je važno da bojila i sredstva za čišćenje ne uništavaju mrežicu. Osim kemijske otpornosti, mrežice moraju biti otporne i na mehanička naprezanja koja nastaju pri povlačenju rakela za protiskivanje bojila.

Mrežica mora biti jako dobro povezana s emulzijskim slojem kako ne bi došlo do smanjenja kvalitete otiska. Isto kao i okvir, mrežice moraju biti dimenzionalno stabilne. Finoća mrežice se izražava u linijama po centimetru, odnosno broju očica po dužnom centimetru. Što je mrežica gušća, rezolucija otiska je veća. Finoća mrežice mora biti do četiri puta veća od rezolucije otiska kojeg želimo ostvariti kako bi se kvalitetno postigao rastertonski interval od 5% do 95%. Dodatna karakteristika mrežice o kojoj također ovisi kvaliteta otiska jest debljina vlakna, odnosno emulzijskog sloja na samoj mrežici. Upravo ta debljina definira buduću debljinu nanosa bojila na otisku. Napetost mrežice na okviru također je važna karakteristika, posebno pri višebojnom otiskivanju gdje je u pitanju točnost pasera. Samo napinjanje mrežice je ovisno o materijalu od kojeg je ona načinjena.

Danas se na tržištu mogu naći mrežice od 15 niti/cm do 250 niti/cm. Metalne mrežice imaju uglavnom manji broj niti. Mrežice mogu biti pletene jednostruko (monofilne) ili višestruko (multifilne). Metalne su uvijek monofilne dok se sintetske pojavljuju u obje kombinacije. Mrežicu definira (slika 4):

- broj niti po cm dužinom,
- širina otvora očice,
- relativna površina očice i
- debljina tkanja očice.



Slika 4. Geometrija mrežice

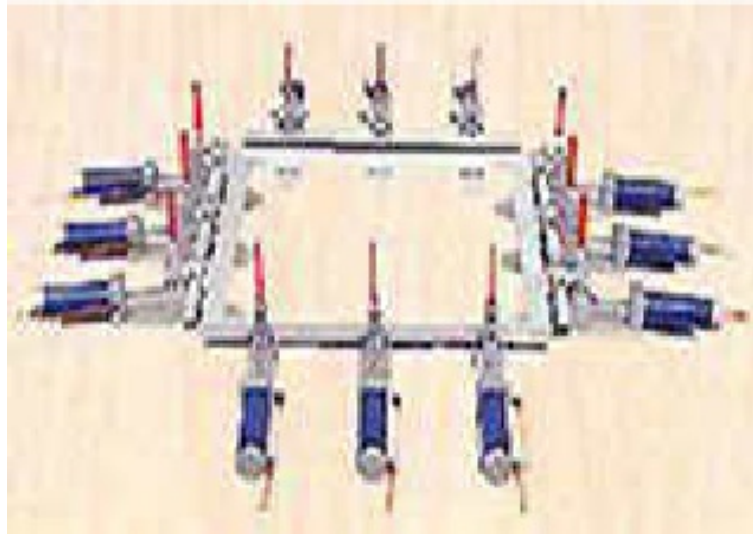
### Okviri za sito

Okviri za sita pravokutnog su oblika, no formati su različiti i nisu definirani. Izrađuju se iz drveta, metala ili plastike. Uloga okvira je držanje čvrsto napete mrežice (moraju biti otporni na mehaničke deformacije). Okviri se izrađuju od:

- metala (aluminij, čelik) – veći formati i naklade, kvalitetniji paser; mrežica se lijepi na okvir i
- drva – manji formati i naklade; sklon deformaciji; mrežica se pričvršćuje čavlicima.

Napinjanje mrežice na okvir izvodi se na 3 načina (slika 5):

- ručno – manja preciznost, nejednolika napetost mrežice,
- mehaničko – veća preciznost, istovremeno napinjanje više okvira i
- pneumatsko – stezače pokreće komprimirani zrak; najpreciznije napinjanje.



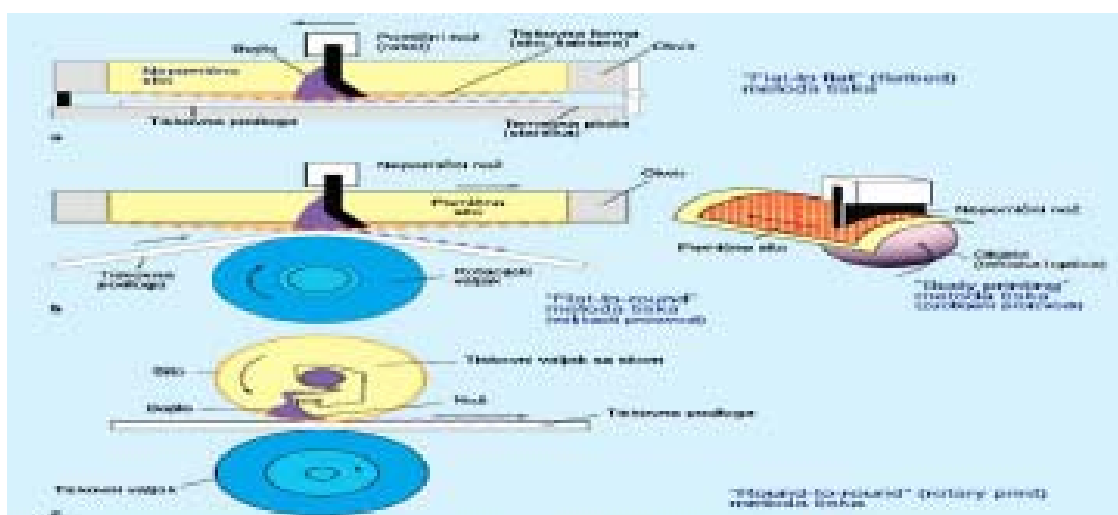
Slika 5. Napinjanje mrežice

### **Emulzijski sloj**

Dio tiskovne forme za sitotisak je emulzija koja definira stvarne informacije koje se reproduciraju. Drugim riječima, one definiraju tiskovne elemente i slobodne površine. Emulzije se sastoje od materijala koji je topiv u vodi ili topiv u nekom organskom otapalu samo prije izlaganja elektromagnetskom zračenju. Nanositi se na mrežicu može ručno ili nekom od novih premaznih tehnologija koje su razvijene specijalno u te svrhe. Fotoosjetljiva emulzija ne nanosi se na cijelu površinu mrežice, nego samo na sredinu s određenom udaljenošću od krajeva mrežice. Slijedi zaštita područja emulzije koja se ne koriste pri otiskivanju (slobodne površine), što se još naziva maskiranje. Nanesena maska ima ulogu filma i sprječava utjecaj elektromagnetskog zračenja. Postupkom osvjetljavanja izloženi dijelovi emulzije prelaze u netopivo stanje i ti dijelovi također predstavljaju slobodne površine. Nakon osvjetljavanja, topivi (neosvijetljeni) dio se ispire čime se na tiskovnoj formi formiraju tiskovni elementi. Tiskovni elementi su oni dijelovi na tiskovnoj formi kroz koje se protiskuje bojilo na tiskovnu podlogu.

## 2.2. Metode sitotiska

Prilikom formiranja otiska mogu se primijeniti i različite konstrukcije sitotiskarskih strojeva, a to su: plošni i rotacijski.



Izvor: <http://www.scribd.com/doc/175399793/tiskarske-tehnike#download>

Slika 6. Metode sitotiska

Kod plošne konstrukcije tiskovne forme za sitotisak, tiskovne podloge su ravne. Tiskovna podloga se pri otiskivanju nalazi polegnuta na stolu pri čemu se fiksira za stol na odgovarajući način. Najčešći način fiksiranja takvih tiskovnih podloga je putem vakuuma. To je vrlo važno kod višebojnog tiska kako bi se očuvao paser. Uglavnom se na ovakvim konstrukcijama tiskaju proizvodi koji su plošnih i ravnih oblika iako je moguće i tiskanje blago zakrivljenih podloga. Kod rotacijske konstrukcije tiskovne forme za sitotisak, tiskovne podloge su zakrivljene.

## 2.3. Prednosti i problemi u tisku

Prednosti sitotiska su elastičnost, tj. moguće je otiskivati na različite oblike tiskovnih podloga (neravne, hrapave i oble površine), mogućnost tiska na različitim vrstama tiskovnih podloga (drvo, tekstil, staklo, keramika, guma, plastika, koža, juta, karton, papir) te relativna jednostavnost upotrebe.



Sitotisk je jedinatiskarska tehnika koja nema određene formate tiska. Teoretski, sitom se mogu otisnuti bilo koji formati već prema potrebi koje zahtijeva grafički proizvod.

Jedan od glavnih nedostataka tehnike sitotiska je velikapotrošnja boje zbog velikih nanosa bojila. U usporedbi s ostalim tehnikama tiska, točnost otiska (paser) i reprodukcije u sitotisku je nešto manja nego u ostalim tiskarskim tehnikama. Rubovi otiska su neravni. Prisutnost mrežice izaziva ponekad moare efekt. On nastaje ako kut mrežice nije u odgovarajućem odnosu sa kutom rastera. Kut rastera mora biti različit od 0 stupnjeva. Za tisak višebojnih reprodukcija sa šest ili više boja neophodno je potrebno umiješati prave tonske vrijednosti za svaku boju prema danom uzorku odnosno „pantonu“.

Također, boje za sitotisk se suše isparavanjem, a sobzirom na debele nanose boje na tiskovnu podlogu, otisci se suše polako, što je poseban problem sitotiska.

### **3. KONTROLA KVALITETE U FAZAMA IZRADE PROIZVODA**

#### **3.1. Pojam i teoretske odrednice kvalitete**

Prije samog definiranja pojma kvalitete potrebno je naznačiti da postoji gotovo neograničen broj definicija, a razlog je u tom što se radi o teško mjerljivom pojmu koji često podliježe subjektivnom dojmu krajnjih potrošača. Pojam kvalitete se kroz povijest tumačio različito. Kvaliteta se prije definirala kao usklađenost karakteristika proizvoda sa specifikacijama proizvoda koji su bili definirani u ugovoru ili tehničkoj dokumentaciji. Tako su se i aktivnosti koje su se odnosile na postizanje kvalitete povezivale s kontrolom kvalitete tijekom proizvodnje. Ipak, danas se pojmu kvalitete pristupa na sveobuhvatniji način [11].

Kvaliteta, ako je definirana sa aspekta kupaca je relativan pojam i znači najbolje za određene uvjete kupca. Definiirajući kvalitetu sa aspekta proizvođača, kvaliteta se povezuje uz razvoj i proizvodnju proizvoda. Dakle, osnovni je zadatak proizvođača stvoriti takav proizvod koji će stvoriti zahtjeve kupaca. Pogrešne pretpostavke o značenju riječi kvaliteta dovode do pogrešnih interpretacija značenja. "Prva pogrešna pretpostavka jest da kvaliteta znači dobrotu, luksuz, sjajnost ili težinu, odnosno važnost. Riječ kvaliteta upotrebljava se da bi označila relativnu vrijednost stvari u frazama, kao što su dobra kvaliteta i loša kvaliteta. Kvaliteta života je klišej zato što svaki slušatelj pretpostavlja da govornik misli točno ono što on ili ona, slušatelj, smatraju pod tom frazom. To je situacija u kojoj pojedinci sanjarski razgovaraju o nečem, uopće se ne potrudivši da to definiraju. Upravo zbog toga potrebno je definirati kvalitetu kao udovoljavanje zahtjevima ako se putem nje namjerava upravljati i ovladati"[6]. Ukupno je 14 elemenata (tablica 1) koji sadrže sve ono što čini kvalitetu proizvoda i usluga potpunom. Niti jedan element ne smije nedostajati u sustavu Potpunog upravljanja kvalitetom [2].

Tablica 1. Četrnaest elemenata kvalitete

DIMENZIJA	DEFINICIJA
Dostupnost	Proizvod ili usluga lako je dostupna
Jamstvo	Osoblje je pristojno, brižno i obrazovano
Komunikacija	Klijenti su informirani na jeziku koji mogu razumjeti, o svim proizvodima ili uslugama te svim promjenama
Stručnost	Osoblje posjeduje nužno znanje i vještine za pružanje usluga
Standard	Proizvod/usluga odgovaraju standardu
Ponašanje	Pristojnost, uljudnost i briga osoblja prema klijentima
Manjkavost	Svaka kvaliteta koja nije definirana utječe na zadovoljstvo klijenta
Trajanje	Izvođenje, rezultat usluge ili proizvoda imaju duže trajanje
Angažiranost	Osoblje pokazuje razumijevanje, pruža pažnju svakom gostu
Humanost	Proizvod ili usluga pružena tako da očuva samopoštovanjeklijenta
Efekti	Proizvod ili usluga pruža efekt koji se očekuje
Pouzdanost	Sposobnost pružanja usluge ili proizvoda na diskretan način
Odgovornost	Trajanje pružanja usluga i proizvoda je određeno
Sigurnost	Proizvod ili usluga se pruža na najsigurniji mogući način

Izvor: Avelini Holjevac (2002.,str.12)

Različita su tumačenja i definicije kvalitete, a pristupi su se mijenjali tijekom vremena. Već se u Bibliji spominje kvaliteta pod nazivom „dobro.“ Ona je vezana uz sam početak ljudske gospodarske aktivnosti i postoji od primitivne zajednice i dalje kroz povijest do današnjih dana. Prvi se proizvod tada razlikovao po tome što je bio ili dobar ili loš. Za Aristotela kvaliteta je bila ono na osnovu čega se kaže da je nešto stvoreno onakvim kakvo jest. Standard kao propisanu kvalitetu poznavali su stari Kinezi, Feničani i Egipćani - po njima su građeni objekti poput piramida, hramova i dr.

Feničani su imali vrlo dobro i efikasno korektivno sredstvo za trajno eliminiranje pogrešaka, odnosno odstupanja od tražene kvalitete proizvoda i usluga. Ukoliko bi netko napravio loš proizvod, inspektor bi dao nalog da mu se odsječe ruka, što pokazuje kako se kvaliteti posvećivala velika pozornost. Današnje definicije kvalitete razlikuju se s filozofskog, proizvodnog, ekološkog, korisničkog i ostalih stajališta.

Kvaliteta je razina zadovoljenja potreba i zahtjeva potrošača, odnosno usklađenost s njihovim sve većim zahtjevima i očekivanjima [2]. Za Crosbyja je kvaliteta prilagodljivost, odnosno udovoljavanje zahtjevima. On tvrdi da „...moramo definirati kvalitetu kao udovoljavanje zahtjevima ako njome namjeravamo upravljati.“ Opća definicija kvalitete pojmovno određuje kvalitetu kao: Kvaliteta je količina i oblik upotrebne vrijednosti nekog proizvoda ili usluge. Time je ona i mjera koja pokazuje do koje razine taj proizvod ili usluga zadovoljavaju potrebu korisnika[9]. „Tek kada je kvaliteta proizvoda zadovoljavajuća, a vrijednost prihvatljiva, kupac (budući korisnik) spreman je ući u proces razmjene. Zaključak koji se nameće iz ovog razmatranja nedvosmislen: kvaliteta proizvoda apsolutna je pretpostavka njegova društvenog priznavanja i transformacije u robu i time istodobno osnovni uvjet za život i rad bilo kojeg proizvođača i njegova pojavljivanja na tržištu [7].

Službena definicija kvalitete prema normi HRN EN ISO 8402 glasi: Kvaliteta je ukupnost svojstava stanovitog entiteta koja ga čini sposobnim da zadovolji izražene ili pretpostavljene potrebe. Nova službena definicija kvalitete dana je u normi ISO 9000:2000 i glasi: Kvaliteta je stupanj do kojeg skup svojstvenih karakteristika ispunjava zahtjeve[10].

Definicija kvalitete prema Američkom udruženju za kvalitetu (engl. American Society for Quality - ASQ) glasi: Upravljanje kvalitetom je primjena formaliziranih sustava s ciljem postizanja maksimalnog zadovoljstva kupaca uz minimalne ukupne troškove i postizanje konstantnog napretka. Formaliziran sustav upravljanja kvalitetom zahtijeva dokumentiranu strukturu poduzeća, odgovornosti djelatnika i procedure potrebne za postizanje učinkovitog napretka u pogledu kvalitete (American Society for Quality, 2012). Definicije kvalitete prema ASQ:

- Kvaliteta je ono što kupac misli o vrijednosti rada dobavljača.
- Kvaliteta su sve aktivnosti koje vode ka realizaciji očekivanja kupca, pretvaranje tihočekivanja u zahtjeve te nadzor za vrijeme i nakon realizacije zahtjeva.
- Proizvod ili usluga koji su pouzdani i izvršavaju namjenu su kvalitetni.
- Kvaliteta je stupanj do kojeg su ispunjena očekivanja kupca.
- Kvaliteta je kad nam se vraća kupac, a ne proizvod.

Ono što je zajedničko svim definicijama kvalitete jest da se u središtu uvijek nalazi kupac i zadovoljenje njegovih potreba na što potpuniji način. Kvaliteta u turizmu je ispunjavanje potreba, zahtjeva i očekivanja gosta gdje je mjerilo razine istog njegovo zadovoljstvo.

Područje od vitalnog značaja za društva u uslužnoj djelatnosti kao što je turizam, područje je usmjereno na korisnika. Može se reći da je kvaliteta u turizmu ispunjavanje potreba, zahtjeva i očekivanja gosta, a prisutnost se može mjeriti njegovim zadovoljstvom. Kvaliteta je složen pojam, sastavljen od više elemenata ili kriterija, čiji elementi ili kriteriji kvalitete proizlaze iz biti kvalitete različitih vrsta proizvoda, usluga, aktivnosti, ovisno o njihovoj upotrebi, korisnosti, važnosti za kupca, odnosno potrošača (Hrvatske stranice o kvaliteti, 2012).

## **3.2. Proces i vrste kontrole kvalitete**

### **3.2.1. Kontrola kvalitete**

Kontrola kvalitete se kroz prošlost obavljala na mnogobrojne načine. U prošlosti, vlasnik je kontrolirao kvalitetu proizvoda u svim fazama njegovog nastanka. Zatim su se u poduzećima javili najprije zaposlenici, a zatim i cijeli timovi čija je temeljna zadaća bila nadzor kvalitete proizvoda. Nakon toga, nadzor se počinje širiti horizontalno unutar poduzeća i počinje obuhvaćati aktivnosti koje nisu samo izravna proizvodnja (ulazna, međufazna, završna kontrola, mjerenje, statistička obrada podataka, servis itd.) [10].

U povijesti kontrole kvalitete ključni događaj bila je 1987. godina u kojoj je prvi put objavljen niz normi ISO 9000, zahvaljujući kojem unutarnja kontrola kvalitete prerasta u integralni sustav za osiguranje i upravljanje kvalitetom. Voditelj službe kvalitete prerasta u menadžera kvalitete i ujedno postaje savjetnikom (pomoćnik) generalnog direktora o svim pitanjima relevantnim za sustav kvalitete.

Kontrola kvalitete prema normi ISO:2000, dio je sustava upravljanja kvalitetom fokusiran na ispunjavanje osnovnih zahtjeva vezanih za kvalitetu[19]. Vrlo često poduzeća u početnim fazama razvoja sustava za upravljanje kvalitetom u spomenute specifikacije ne ugrađuju zahtjeve kupaca u dovoljnoj mjeri te iako, s aspekta kontrole kvalitete, oni ispunjavaju sve zahtjeve, ipak ne zadovoljavaju kupce na pravi način.

Proces kontrole kvalitete ocjenjuje stvarne performanse, uspoređuje stvarne performanse s ciljnim i djeluje ukoliko postoji razlika. Kontrola kvalitete jedan je od tri osnovna procesa kojima se ostvaruje upravljanje kvalitetom dok su druga dva: planiranje i poboljšanje kvalitete.

Obuhvat pojma kontrola kvalitete također se mijenjao kroz vrijeme. U svojim počecima (20-te godine prošlog stoljeća) odnosio se na „naknadnu/ završnu inspekciju“ dok se danas odnosi na „prevenciju defekata“. Isto tako, početno široko poimanje ovog pojma koje je obuhvaćalo i planiranje kvalitete vremenom se suzilo čemu je posebno doprinijela pojava statističke kontrole procesa. U SAD-u se pod pojmom kontrola kvalitete podrazumijeva ova uža varijanta dok se kao sveobuhvatni pojam koristi izraz TQM. U Europi se također podrazumijeva uže značenje tako da je i nekada „Europska organizacija za kontrolu kvalitete“ promijenila nazivu u Europsku organizacija za kvalitetu. U Japanu je pak pojam kontrole kvalitete zadržao šire značenje te se pod „totalnom kontrolom kvalitete“ ustvari podrazumijeva zapadnjački TQM[8].

Pojmovi kontrole kvalitete i osiguranja kvalitete, iako jako slični prema svom krajnjem cilju te načinu provođenja, ipak se moraju razlikovati. Kontrola kvalitete bliže je proizvodnoj traci, odnosno brine se isključivo za nadzor nad proizvodnim procesom tijekom njegova odvijanja tako da se i rezultati ovog procesa ustvari koriste na proizvodnoj razini. Rezultati procesa osiguranja kvalitete s druge strane nastaju nakon operativne faze proizvodnje i namijenjeni su mnogo širem spektru osoba kao što su primjerice: vrhovni menadžeri, regulatorna tijela, kupci i javnost općenito [10].

Proces kontrole kvalitete ne predstavlja jednostavan zadatak jer čak i kompanije srednje veličine imaju milijune varijabli koje bi trebalo kontrolirati. Potrebno je razviti detaljni plan kontrole pri čemu je barem kvantitativni naglasak na automatiziranoj kontroli. Hijerarhija provođenja kontrole kvalitete prikazana je na slici 7.

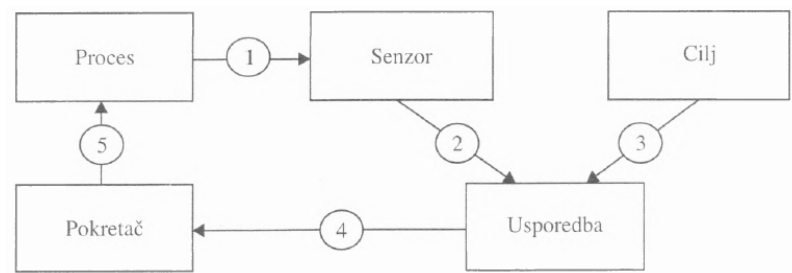


Slika 7. Hijerarhija provođenja kontrole kvalitete

Izvor: Juran et.al. (1999, str. 2)

### 3.2.2. Proces kontrole kvalitete

Temeljni alat procesa kontrole kvalitete predstavljaju kontrolne karte. Proces kontrole je nalik povratnoj vezi. (slika 8.)



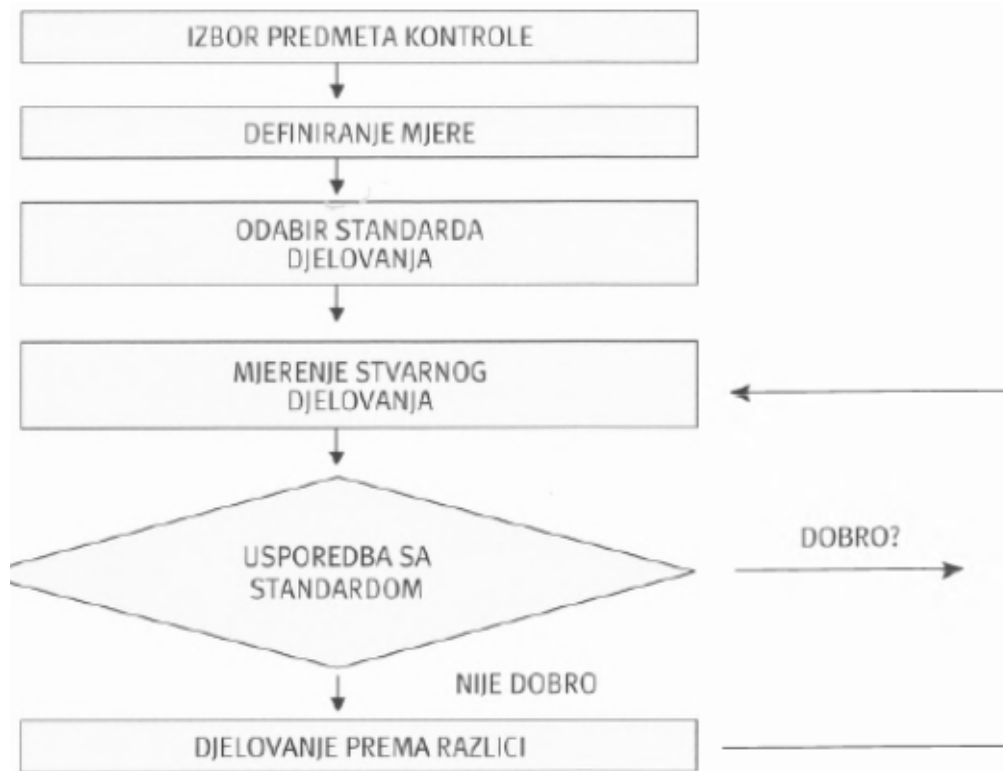
Slika 8. Povratna veza

Izvor: Juran et al. (1999, str. 99)

Proces kontrole kvalitete sastoji se od nekoliko koraka [8]:

- 1) izbora predmeta kontrole,
- 2) definiranja mjera,
- 3) odabira standarda djelovanja,
- 4) mjerenja stvarnog djelovanja,
- 5) usporedbe sa standardom i
- 6) djelovanja prema razlici.

Proces kontrole kvalitete prikazan je na slici 9.



Slika 9. Proces kontrole kvalitete

Izvor: Juran et al.(1999, str. 2)

## 1) Predmet kontrole za kvalitetu

Mnogobrojni su predmeti kontrole kvalitete. Na tehnološkoj razini, svaki dio proizvoda - sastavni dijelovi, jedinice, podsustavi i sustavi- ima značajke kvalitete. Procesni uvjeti (npr. vremensko razdoblje, temperatura i procesna oprema) također imaju značajke kvalitete. Također, ulazni materijali i usluge imaju značajke kvalitete. Još više predmeta kontrole kvalitete nameću vanjske sile: klijenti, zakonski propisi i tijela za normizaciju. Osim tehnoloških predmeta kontrole kvalitete postoje i upravljački predmeti kontrole kvalitete. To su uglavnom ciljevi ispunjavanja funkcije za organizacijske jedinice i voditelje vezane uz to. Upravljački se ciljevi protežu na netehnološka pitanja kao što su odnosi s kupcima, financijski trendovi, odnosi sa zaposlenima te društveni odnosi.



Da bi se identificirali i odabrali predmeti kontrole kvalitete, primjenjuje se nekoliko načela [8]:

1. Predmeti kontrole kvalitete trebaju biti usmjereni na kupca. Jednako su važni vanjski kupci koji utječu na prihod od prodaje i unutarnji kupci koji utječu na unutarnje troškove. Tablica 2. prikazuje primjere predmeta kontrole kvalitete iz raznih poduzeća.
2. Predmeti kontrole kvalitete trebaju biti dovoljno uključivi da bi vrednovali postojeće organizacijsko ispunjavanje funkcije i trebaju omogućiti rano upozorenje na potencijalne probleme.
3. Predmeti kontrole kvalitete trebaju zadovoljiti obje komponente definicije kvalitete, tj. oslobođenost od nepotpunosti i svojstva proizvoda.
4. Potencijalni predmeti kontrole kvalitete mogu se uspostaviti pribavljanjem mišljenja od kupaca i zaposlenih.
5. Kada se pretvore u brojke, predmeti kontrole kvalitete će biti mjereni kao punovaljani, prikladni i lakorazumljivi.

Tablica 2. Kategorije predmeta kontrole

<b>Proizvođač elektronike</b>	<b>Banka</b>
Kvaliteta dokumenata	Poslovanje
Kvaliteta računalnoga programa	Bankovno poslovanje na malo
Kvaliteta sklopova	Komercijalno bankovno poslovanje
Kvaliteta procesa	Kreditna kartica i kartica za bankomat
Kvaliteta sustava	Financije i ulaganje
	Ljudski resursi
	Informacijske usluge
	Administracija

Izvor: Juran i Gryna(1999, str. 102)

## 2) Jedinice mjere

U svrhu kvantificiranja potrebno je stvoriti sustav mjerenja koji se sastoji od [8]:

- 1) Jedinice mjere: određena veličina nekog svojstva kvalitete koja omogućuje vrednovanje tog svojstva u brojkama.
- 2) Senzora: metoda ili instrument koji može provesti vrednovanje i izraziti nalaze u brojkama pomoću jedinice mjere.

Jedinice mjere za ispunjavanje funkcije proizvoda i procesa obično se izražavaju pomoću tehnoloških izraza; npr. iskorištenje goriva mjeri se pomoću prijeđene razdaljine po volumenu goriva; pravodobnost usluge se izražava u minutama (satima, danima itd.) potrebnim da se usluga pruži. Jedinice mjere za nepotpunosti proizvoda obično imaju oblik razlomka:

$$\frac{\textit{broj pojava}}{\textit{prilika za pojavu}} \quad (1)$$

Brojnik se može izraziti kao nedostaci na milijun, broj propusta u praksi ili trošak odgovornosti u jamstvenom roku. Nazivnik se može izraziti kao broj proizvedenih jedinica, valutni iznos prodaje, broj jedinica u usluzi ili duljina vremena u usluzi.

## 3) Postavljanje cilja za predmet kontrole

Svaki predmet kontrole mora imati cilj kvalitete, tj. treba biti usmjeren k cilju kvalitete. Tablica 3. prikazuje primjere predmeta kontrole i njima pripadajućih ciljeva kontrole koji se kreću od onih za proizvode, procese i odjele do cijelogpoduzeća.

Tablica 3 . Subjekti kontrole i ciljevi

Subjekti kontrole	Ciljevi
Pouzdanost proizvoda	Minimalno 500 sati srednjeg vremena između manjkavosti
Temperatura lema kod procesa valnog lemljenja	500 °F
Broj pogrešaka u odjelu	Maksimalno 2 na 1000 dokumenata
Položaj kvalitete na tržištu	Po kvaliteti jednak s konkurentima A i B

Izvor: Juran i Gryna (1999, str. 102)

Ciljevi trebaju biti [8]:

- pravno valjani - da imaju službeni status,
- mjerljivi - brojke pomažu jasnoći,
- dostiživi - uz umjeren napor,
- nepristrani - za sve pojedince na istoj razini.

#### 4) Senzor

Većina je senzora projektirana da omogući informacije pomoću jedinica mjere. Za poslovne predmete kontrole senzori su obično tehnološki instrumenti ili ljudi koji služe kao instrumenti (npr. kontrolori i nezavisni kontrolori); za upravljačke predmete senzori su sustavi podataka. Postoji stalan trend da se sensorima daju dodatne funkcije povratne veze: bilježenje podataka, obrada podataka, uspoređivanje ispunjavanja funkcije s normama te pokretanje popravnog djelovanja u procesu. Usprkos brojnosti predmeta kontrole, potrebno je relativno malo ljudi da provode proces kontrole. Senzori moraju biti ekonomični i jednostavni za korištenje. Budući da senzori daju podatke koji jedan za drugim mogu dovesti do kritičnih odluka o proizvodima i procesima, oni moraju biti točni i precizni [8].

## 5) Mjerenje stvarnog ispunjavanja funkcije

U organiziranju kontrole korisno je ustanoviti ograničeni broj postaja za kontrolu radi mjerenja. Svako takvoj postaji kontrole daje se odgovornost za provođenje koraka povratne veze za odabrani popis subjekata kontrole. Kritički pregled brojnih postaja kontrole otkriva da su one obično smještene na jednoj od nekoliko glavnih dodirnih točaka [10]:

- kod promjene vlasništva, npr. gdje se proizvod šalje između tvrtki ili između velikih odjela;
- prije kretanja na nepovratni put, npr. odobrenje za kretanje prije proizvodnje;
- nakon stvaranja kritične kvalitete;
- kod dominantnih procesnih varijabli, npr. „nekoliko vitalnih" i
- kod prirodnih „prozora" za kontrolu ekonomičnosti.

Izboru postaja kontrole pomaže izrada dijagrama tijeka koji daje pregled procesa kako je proizvod proizveden. Za svaku točku kontrole potrebno je definirati postupke koje treba provesti: koje predmete kontrole treba mjeriti, ciljeve i norme kojima treba udovoljiti, postupke, instrumente koje treba koristiti, podatke koje treba bilježiti te odluke koje treba donijeti, uključujući kriterij i odgovornost za donošenje svake odluke. „Zastavičasti dijagram" jedan je novouvedeni prikaz kako se mjerenje može kombinirati s predmetima kontrole radi praćenja poboljšanja. Taj dijagram primjenjuje podatke mjerenja u kombinaciji s Pareto koncepcijom [1] i dijagramom uzroka i posljedica[8].

## 6) Tumačenje razlike između stvarnog ispunjavanja funkcije i cilja

Ovaj korak kontrole procesa sastoji se od uspoređivanja mjerenja s ciljem i odlučivanja o tome je li svaka razlika dovoljno značajna da opravda djelovanje. Utvrđena razlika između stvarnih performansi i cilja može biti rezultat zbog nekog uzroka ili slučajne varijacije. Također, razlika se između mjerenja i cilja ne treba promatrati odvojeno. Poznavanje modela razlike kroz vrijeme bitno je za donošenje ispravnih zaključaka [8].

## 7) Djelovanje prema razlici

U završnom koraku povratne veze djeluje se zbog vraćanja procesa u stanje ispunjavanja cilja. Djelovanje može biti potrebno za tri različite vrste uvjeta [10]:

1. uklanjanje trajnih izvora nepotpunosti. Povratna veza nije prikladan način bavljenja takvim trajnim problemima. Umjesto toga treba primijeniti proces poboljšanja kvalitete,
2. uklanjanje povremenih izvora nepotpunosti. Povratna petlja dobro je projektirana za tu svrhu. U takvim povremenim slučajevima glavno je pitanje koje su promjene uzrokovale pojavu povremenogodstupanja. Otkriće tih promjena i djelovanje za ponovno uspostavljanje kontrole obično se može izvesti lokalnim nadzorom rada uz korištenje postupaka za otkrivanje smetnji i
3. neprekidno reguliranje procesa radi smanjenja varijacija. Otkrivanje smetnji je dijagnoza i popravno djelovanje koje se primjenjuje na povremene (ne trajne) smetnje. Nedjelovanjeu otkrivanju smetnji može rezultirati propustom da se zadrži stečeno. Potrebna su ista dva "puta" (dijagnostički i popravni), ali svaki je mnogo jednostavniji od trajnijih smetnji. Povremena smetnja je rezultat neke neželjene promjene pa je tako dijagnostički put onaj koji otkriva kakva je bila ta neželjena promjena. Popravni put uklanja otkrivenu neželjenu promjenu tako da vraća postojeće stanje (*status quo*).

Konstruktivni postupak za otkrivanje smetnji opisuje pristup za pronalaženje uzroka odstupanja između očekivanog i stvarnog ispunjavanja funkcije. Taj pristup prvo opisuje odstupanje i postupke utvrđivanja mogućih uzroka, a onda određuje stvarni uzrok. To se radi u sedam koraka:

1. utvrditi odstupanje,
2. specificirati odstupanje,
3. ustanoviti jedinstvene značajke odstupanja,
4. tragati za promjenama,
5. otkriti moguće uzroke,
6. ispitati moguće uzroke u odnosu na specifikaciju i
7. potvrditi uzrok.

Radno se osoblje može podučiti kako koristiti ove vrste pristupa kako bi sami otkrili smetnje [8].

## **8) Neprekidno reguliranje procesa**

Radno osoblje (tj. ljudi koji vode proces) želi djelotvoran način neprekidnog reguliranja procesa kako bi smanjilo odstupanja od cilja. Da bi se osigurali djelatni mehanizmi reguliranja, pomoći će sljedeća načela:

- Svaka značajka proizvoda (subjekt kontrole kvalitete) treba se povezati s jednom ili nekoliko procesnih varijabli.
- Trebaju se omogućiti sredstva za prikladno prilagođavanje procesnih varijabli.
- Mora postojati predvidljiv, jasan odnos između veličine promjene u postavljanju procesne varijable i rezultirajuće veličine posljedice na značajku proizvoda.

U praksi, na žalost, spoznaja o stvarnim odnosima između procesnih varijabli i značajki često je slaba. Elementi povratne veze raspravljani u ovom poglavlju univerzalni su. Ne samo što se koncepcije mogu primijeniti na proizvode i uslužne djelatnosti, već se one primjenjuju na izvršne i operacijske aktivnosti unutar svih industrija[8].

### **3.3. Elementi kontrole kvalitete u sitotisku**

Postojemni elementi koji utječu na kvalitetu procesa otiskivanja. Elementi procesa sitotiskauključuju:pisač na kojem se izrađuje film potreban za snimanje sita, postotak njegovog zacrnjenja, sito, napetost mrežice na njemu ikvalitetu emulzije.Ocjenu kvalitete otiskivanja u sitotisku također određuje debljina samog otiska, rezolucija otiska te broj praznina na otisku.

Također kvalitetu određuje broj rupica na situ po inču kvadratnom. Postotak otvorenih površina tj. tiskovnih površina također je bitna varijabla koja utječe na kvalitetu otiska. Što je veća tiskovna površina, veća je mogućnost bolje rezolucije otiska.

Napetost mrežice na situ i niti koje čine mrežicu također su jako važni elementi za kontrolu kvalitete. Napetost mrežice koja se mjeri u Newton-ima po centimetru određuje zatvorenost rupica na samom situ. Ispravna napetost te mrežice na okvir omogućava prolazak boje kroz nju i time pravilnim utjecanjem na napetost mrežice možemo postizati veću kvalitetu samog otiska. Ukoliko je napetost mrežice prevelika, biti će otežani uvjeti za postizanje pravilne udaljenosti za otiskivanje. Osim toga, mogu se dogoditi i privremene greške ukoliko točkice ili praznine premaše maksimalnu širinu potrebnu za otiskivanje. Ukoliko je napetost premala, postoji velika mogućnost guljenja emulzije sa mrežice. Kut postavljene mrežice na situ utječe na poravnavanje kuta između mrežice i slike (naloga koji otiskujemo). Nagib sita od 30 stupnjeva preporučan je za procese koji traže fine linije za postizanje rezultata jer se upravo s njima dobivaju najvjerniji otisci. Kao materijale za mrežicu u ovakvim procesima preporuča se nehrđajući čelik (tip 304), najlonske niti, poliesterske niti ili metalizirani poliester.

Iz iskustva struke možemo vidjeti da je u povijesti rađeno više eksperimenata i da je razvijan jako velik broj načina otiskivanja od sredine 1960-tih godina.

L.F. Miller [14] 1969. godine proučavao je odnose između debljine nanosa boje na otisku s obzirom na broj očica na korištenom situ u pojedinom procesu, viskoznost boje i debljinu linija.

B.M. Augustin [3] također 1969. godine proučavao je efekte debljine otiska s obzirom na kut i položaj tiskarskog noža – raklea, njegovih karakteristika i karakteristikapodloge na koju se tiska.

D.E. Riemer [18] 1988. godine iznio je teoriju o nanošenju boje u sitotisku. U njegovoj teoriji boja se kotrlja ispred tiskarskog noža koji je gura pri čemu funkcionira kao pumpa koja generira visoki hidrostatski tlak u blizini ruba noža te ubrizgava boju u slobodne utore na mrežici tj. tiskovne površine.

J.A. Owczarek i F.L. Howland [15] 1990. godine opisali su fizikalni model sitotiskarskog procesa. U svojim proučavanjima došli su do zaključka da se može regulirati nanos boje s obzirom na kut tiskarskog noža te su za sredinu odredili kut od 45 stupnjeva te su utvrdili da se sa nagibom od 20 stupnjeva dobivaju veći nanosi boje dok nagib od 30-40 stupnjeva daje manje nanose.

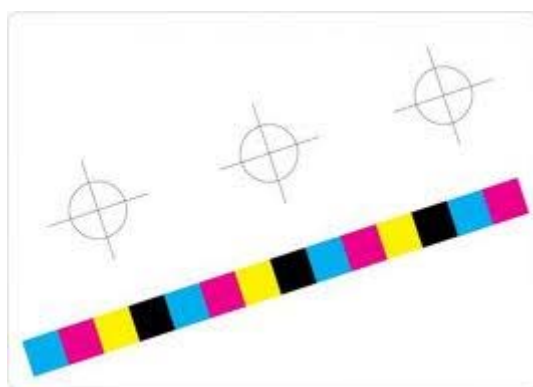
M.R. Parikh, W.F. Quilty Jr. i K.M. Gardiner [17] utvrdili su jako bitne činjenice koje su omogućile veću pouzdanost u procese. Visoko kvalitetni otisci raznovrsnih tipova, te

raznovrsnih debljina nanosa boje postali su vodeća tehnologija za otiskivanje manjih, olakših, te proizvoda veće gustoće.

Kvaliteta otiska i dalje zahtijeva strogu kontrolu više elemenata usko vezanih uz proces tiska da bi dobili zadovoljavajući otisak. Ti elementi su nategnutost mrežice na okvir, kvaliteta emulzije koju nanosimo na mrežicu, viskoznost boje kojom tiskamo te parametri tiskovnog procesa.

Potreba za paseromu sitotisku javila se iz osobnog iskustava i iz iskustva kolega iz struke koji se bave maloserijskim sitotiskom. Veći dio naloga u manualnom sitotisku, bilo da je to na papir, tekstil, drvo ili slično, odnosi se na tisak teksta koji, pogotovo kod većih formata, sadržavaju okvire u drugoj boji, „outline”. Kako ti nalozi vrlo često dolaze u malim brojevima otisaka, javila se potreba za paserom koji će olakšati „pasiranje” linija u što kraćem vremenskom roku.

Paseri kao elementi kontrole kvalitete u sitotisku (kao i ostalim tehnikama tiska poput offseta, dubokog tiska, visokog tiska itd.) koriste se u raznim oblicima, poput kružnica sa linijama koje se križaju u centru kružnica i sl.(slika 10). Takvi paseri daju odlične rezultate za potrebe pasiranja 4 boje (CMYK), ali jednako dobre rezultate daju i kod manje zahtjevnih otisaka. Paseri se koriste za kontrolu namještanja „outline“ linija u tehnici manualnog sitotiska.



Slika 10. Paseri u obliku kružnica

Problem koji može stvarati takva vrsta pasera jesu njegove tanke linije koje idu preko kružnice te može doći do nepravilnog pasiranja outline linije koje se trebaju što točnije



preklapati s tekstem. Greške koje se znaju javljati su preklapanje dvije boje te razmazivanje kao posljedica nepravilnog međusušenja, što naročito stvara problem kod skupljih tiskovnih podloga koje se potom bacaju (drvo, šalice, majice...)

Pravilna temperatura sušenja u sitotisku odnosi se na sušenje otiska do granice da je dovoljno suh da se može tiskati boja na boju ili boja do boje da se prethodni sloj ne razmazuje, a da se pri tome ne troši puno energije i ne gubi puno vremena na međusušenje. Formula za dobivanje takvih rezultata bila bi sušenje grijačima na temperaturi od 130<sup>0</sup>C u vremenu od 8 – 13 sekundi, ovisno o površini otiska. Nakon procesa, ukoliko su se koristile boje proizvedene na bazi plastisola, potrebno ih je sušiti u tunelu na temperaturi od 180<sup>0</sup>C u vremenu od 60 – 90 sekundi, da se boja fiksira.

U tom slučaju veću točnost pružiti će četvrtasti oblik pasera jer ima više točaka kontrole za taj specifičan slučaj.

Četvrtasti oblik pasera izabran je po uzoru na postojeće iz struke čak i iz drugih tehnika tiska, a specifičan je po raznim debljinama linija koje olakšavaju upasiranje “outline” linija precizno uz drugu boju ispune slova. Predstavljeni paser nema široku upotrebu, ali u uskom području za koje je predviđen ima maksimalnu točnost i dovoljno točaka kontrole. Cilj predstavljenog pasera nije njegova široka upotreba jer u većini drugih slučajeva ostali paseri koji su u svakodnevnoj upotrebi daju bolje rezultate što je potvrđeno iskustvom iz struke.

Prednosti koje se dobivaju primjenom ovog pasera su brzina namještanja sitate lakša kontrola tiska. Doziranje razmaka između sita i podloge određuje se prema podlozi na koju se otiskuje tj. što je podloga upojnija, potreban je veći razmak i obrnuto, iako se radi o jako malim razmacima (1 mm – 3 mm) te se u većini slučajeva ona određuje po iskustvu ili na temelju probnog otiska.

Tisak s dvije boje koji je najčešći u sitotisku, koristi četvrtasti oblik pasera, a može se vrlo lako prilagoditi na tisak 3, 4 ili više boja.

Također kao elemente kontrole kvalitete važno je spomenuti uređaje koje koristimo u postizanju što boljih rezultata, te su u svakodnevnoj upotrebi.

Uređaj za mjerenje debljine emulzijskog sloja (Stencil thickness gauge) je uređaj koji dolazi u više izvedbi, ali uglavnom se sastoji od metalne pločice koja se postavlja na donju stranu emulzijskog sloja te mjernog uređaja koji postavljamo s gornje strane te mjerimo debljinu nanosa emulzijskog sloja između ta dva dijela. Uređaj je iznimno jednostavan za korištenje

aod jako velike pomoći u procesima koji zahtjevaju preciznost, gdje nam je podjednak nanos emulzije itekako bitan faktor.



Slika 11. Uređaj za mjerenje debljine nanosa emulzijskog sloja



Slika 12. Različite izvedbe uređaja za debljinu nanosa emulzijskog sloja

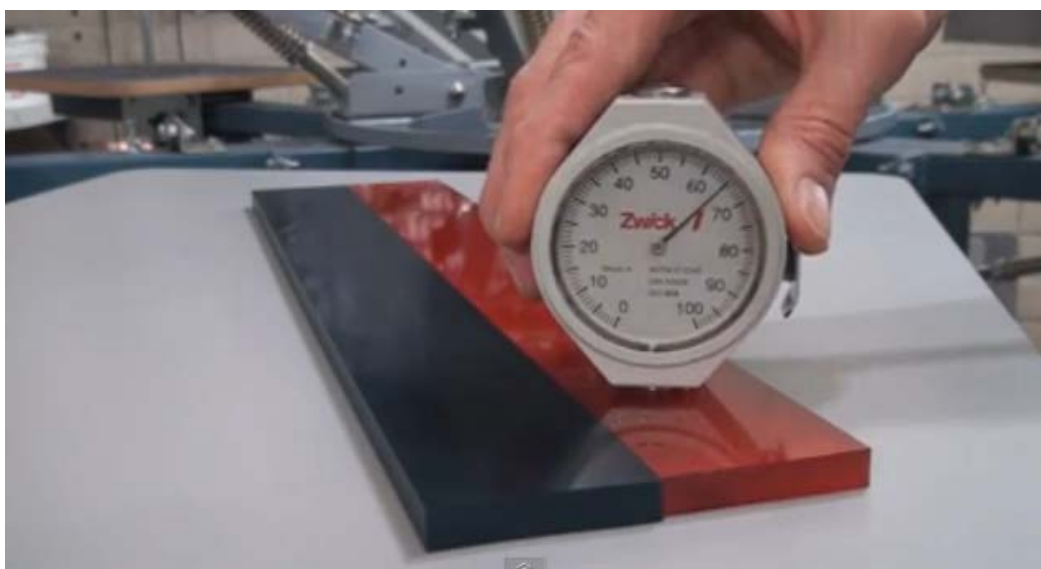
Uređaj za mjerenje suhoće emulzijskog sloja (Aqua check) je jako koristan uređaj kojim određujemo suhoću emulzijskog sloja i time utvrđujemo jeli sito spremno za izlaganje svjetlosti tj. za proces snimanja. Iako se u struci preporuča ostavljanje emulzije na sušenje preko noći, ovim uređajem možemo ubrzati taj proces i povećati mu kvalitetu.



Slika 12. Uređaj za ispitivanje suhoće emulzijskog sloja na situ

Uređajem prelazimo preko emulzijskog sloja nakon čega nam kazaljka očitava njegovu suhoću. Ukoliko se zadržava u zelenom dijelu, emulzija je dovoljno suha i spremna za snimanje. Ako se kazaljka zadržava bilogdje dalje od zelenog dijela, potrebno je još sušenja.

Durometar je uređaj koji mjeri tvrdoću tiskarskog noža, rakela. Uređaj je vrlo koristan kod specifičnih otisaka koji zahtjevaju određenu kvalitetu i tvrdoću noža.



Slika 13. Uređaj za određivanje čvrstoće tiskarskog noža

Uređaj na dnu sadrži igru koju uz pritisak prislonimo na gumu noža te očitamo njegovu tvrdoću.

Grafičko povećalo (Measure scope) služi nam za detaljan pregled i kontrolu snimljenih sita. Izgleda kao klasičan mikroskop kad pregledavamo sa njime. Unutar sebe sadrži mjerni sustav kojim možemo raditi provjere na situ.



Slika 14. Uređaj za detaljan pregled snimljenog sita

Gore navedeni uređaji olakšavaju nam i omogućuju kvalitetniju tehničku pripremu za proces tiska. Ukoliko su svi elementi u pripremnom procesu izvedeni ispravno, u kontroliranim uvjetima bitno je smanjena vjerovatnost za manju kvalitetu samog procesa, a time i otiska. Za ispravnu pripremu procesa tiska jako je važno obratiti pažnju na detalje te postupno ići kroz proces tiska jer izostavljanjem i najmanjeg detalja možemo ugroziti kvalitetu finalnog proizvoda tj. otiska.

## **4. EKSPERIMENTALNI DIO**

### **4.1. Metodologija rada**

Metodologija i plan istraživanja temelji se na analizi postojećih elemenata kontrole kvalitete, njihovog korištenja, prednosti i mana te eventualnih promjena koje bi rezultirale pozitivnim pomacima. Plan je ispitati sve postojeće elemente i tako locirati prostor za eventualna poboljšanja. Metoda analiziranja temelji se na brzini i kvaliteti procesa te postotku neupotrebljivih otisaka. Kvaliteta otiska ocjenjuje se na temelju usporedbe sa dobivenim nalogom za tisak (većinom traženi otisak kompjuterski otisnut na papiru, može biti stari proizvod ukoliko se radi o tekstu, drvu ili aluminiju). Ukoliko kontrolor tiska usporedbom odobri otisak, on se smatra zadovoljavajućim.

Proučavali su se paseri koji se koriste prilikom ove vrste tiska, doziranje razmaka između sita i podloge, načini kako se kontroliraju potrebne temperature u tisku, pravilno sušenje otiska s obzirom na korištene materijale te očuvanje i briga o opremi na kojoj i s kojom se izvodi proces.

Film ili stranica na kojoj se nalazi boja s "outline" linijama sadržava kvadrat s 3 deblje i 2 tanje linije i dvije praznine u koje dolazi ispuna (slika 15). Mogućnost koju pružaju dvije različite debljine linija je dvostruka kontrola polaganja linije vanjskih okvira, točno na unutarnju ispunu.



Slika 15. Paser u obliku kvadrata kvadrat s 3 deblje i 2 tanje linije i dvije praznine za ispunu

***GRF***



Slika 16. Paser i prikaz teksta za manualni sitotisak

Drugi film ili stranica koja sadržava ispunu ima također kvadrat koji sadržava vanjsku liniju (koja služi kao još jedna kontrola linija) te dva najmanja kvadrata koja služe kao ranije spominjane ispune.

Na slikama će biti prikazi teksta “GRF” kako bi se koristio i pri pasiranju za manualni sitotisak (slika 17). Za potrebe ovog rada, izabran je font nepravilnih linija u svrhu boljeg prikaza točnosti.



Slika 17. Prikaz teksta GRF i pasiranje za manualni sitotisak

Sustav tiska može se ubrzati faktorima pasiranja ukoliko postoji specifičan paser za određenu tehniku i područje tiska. Ukoliko se odredi optimalno vrijeme sušenja za određenu vrstu otiska, proces se može ubrzati.

Istraživanje je provedeno kroz 6 procesa otiskivanja, od kojih su 3 rađena uobičajenim paserima, a 3 procesa novim paserom. Svih 6 otisaka sadržavali su samo tekst i „outline“ te su bili u dvije boje.

Također kroz istraživanja vodila se briga o opremi koja je korištena pa je važno spomenuti neke od elemenata na koje treba skrenuti pažnju te kako ispravno koristiti svu opremu vezanu uz procese sitotiska.

- Fotoosjetljivu emulziju uvijek čuvati na hladnom i mračnom mjestu
- Boje za tisak čuvati na suhom mjestu, zatvorene
- Sita na koja je napeta mrežica ne izlagati jakom suncu ili svjetlu dok se ne koriste
- Radne površine prije i poslije svakog procesa očistiti od prašine i sl.
- Elementima koji sadrže grijaće omogućiti dovoljno vremena za hlađenje nakon procesa prije nego se ugase
- Oštećena sita popraviti ili zamjeniti, neispravne ne koristiti

Proces je kvalitetan koliko i oprema na kojoj se izvodi a njena kvaliteta može seočuvati jedino uz pravilno održavanje, uvijek i bez iznimke.



## 4.2. Rezultati istraživanja

Kod pasera proučavalo se koliko je potrebno provesti pasiranja da bi se dobio zadovoljavajući otisak te po kojem se može krenuti u tisak. Ispitivanje se provodilo na uzorku od 6 procesa od čega 3 sa standardnim paserima a 3 sa gore predstavljenim u radu. Dobiveni rezultati prikazani su u tablici 4 uzimajući u obzir da svako pasiranje traje cca. 6-8 minuta.

Tablica 4. Utvrđena vremena pasiranja i udjeli nezadovoljavajućih otisaka

	Veličina uzorka n = 50	Vrijeme pasiranja [min]	Udio nezadovoljavajućih otisaka [%]
Standardni paser	Proces 1	14 min	4%
	Proces 2	14 min	4%
	Proces 3	28 min	8%
Predstavljani paser	Proces 4	6 min	2%
	Proces 5	14 min	4%
	Proces 6	5 min	2%

### 1) Pasiranje sa standardnim paserima:

- a) Uzorak br. 1 (tisak teksta „K.K. Pristan“ u dvije boje (tamnoplava i svjetlo plava). Dobiven zadovoljavajući otisak iz 2 pokušaja pasiranja – utrošeno vrijeme cca. 14 minuta.
- b) Uzorak br. 2 (tisak teksta „Callegro caffe“ u dvije boje (svjetloplava i siva). Dobiven zadovoljavajući otisak iz 2 pokušaja pasiranja – utrošeno vrijeme cca. 14 minuta.
- c) Uzorak br. 3 (tisak teksta „Il Capo restaurant“ u tri boje (svjetlo siva, tamno siva i bijela). Dobiven uzorak iz 4 pokušaja pasiranja – utrošeno vrijeme cca. 28 minuta.

2) Pasiranje sa predstavljenim paserom:

- a) Uzorak br. 4 (tisak teksta „Air rent-a-car“ u dvije boje (crna i crvena). Dobiven zadovoljavajući otisak iz 1 pokušaja pasiranja – utrošeno vrijeme cca. 6 minuta.
- b) Uzorak br. 5 (tisak teksta „Poliklinika Mešter“ u tri boje (plava, zelena i bijela). Dobiven zadovoljavajući otisak iz 2 pokušaja pasiranja – utrošeno vrijeme cca. 14 minuta.
- c) Uzorak br. 6 (tisak teksta „Glavan d.o.o.“ u dvije boje (plava i bijela). Dobiven zadovoljavajući otisak iz 1 pokušaja – utrošeno vrijeme cca. 5 minuta.

Prvu boju potrebno je osušiti do mjere da se boja u slučaju preklapanja se ne razmazuje. Idealni uvjeti za postizanje tog rezultata su sušenje na temperaturi od 130<sup>0</sup>C u trajanju od 12 sekundi. Radeći po ovim uvjetima, dobiva se podloga za dalje olakšanu manipulaciju utisku. Ovaj element se ne mijenja s obzirom na korištenje različitih pasera. Alat koji se koristi u ovom slučaju je međusušać marke „Kolarich“ za 4 grijače jedinice.

Istraživanje za dobivanje formule sušenja prve boje na otisku rađeno je zasebno na prijašnjim otiscima. Istraživanje je započeto sa krugom promjera 5 centimetara u bijeloj boji te još jednekružnice oko nje u debljini od 1 centimetar (outline linija).

Da bismo dobili idealne uvjete sušenja boje nakon njenog otiskivanja, započeli smo sa seušenjem u trajanju od 6 sekundi na temperturi od 100<sup>0</sup>C. Pojedinačno su mjenjana oba elemeta koja utječu na sušenje; temperaturu sušenja i trajanje sušenja.

Tablica 5. Utvrđena vremena potrebna za sušenje otiska s obzirom na temperaturu

	Temperatura	Vrijeme sušenja	Zadovoljava/Nezadovoljava
Proces 1	100 <sup>0</sup> C	6 sekundi	Ne
Proces 2	100 <sup>0</sup> C	12 sekundi	Ne
Proces 3	100 <sup>0</sup> C	19 sekundi	Da
Proces 4	120 <sup>0</sup> C	6 sekundi	Ne
Proces 5	120 <sup>0</sup> C	12 sekundi	Ne
Proces 6	120 <sup>0</sup> C	16 sekundi	Da
Proces 7	130 <sup>0</sup> C	6 sekundi	Ne
Proces 8	130 <sup>0</sup> C	9 sekundi	Ne
Proces 9	130 <sup>0</sup> C	12 sekundi	Da

Iz tablice 5 možemo isčitati da je istraživanje započelo sušenjem uvijek istog otiska sa temperaturom od 100<sup>0</sup>C gdje smo zadovoljavajuću suhoću otiska dobili tek pri vremenu sušenja od 19 sekundi. Nakon toga temperatura je podignuta na 120<sup>0</sup>C gdje se otisak sušio nakon 16 sekundi, nakon čega je temperatura podignuta na 130<sup>0</sup>C gdje dobivamo zadovoljavajuću suhoću nakon 12 sekundi što proglašavamo uspješnom kombinacijom i idealnom za daljnje korištenje.

Također je provedeno utvrđivanje optimalnog razmaka sita od tiskovne podloge tj. utvrđen je idealan razmak između sita i podloge mjeren paralelno u gore navedenom istraživanju temperature i vremena sušenja. Razlog ispravnog namještanja razmaka sita i podloge prvenstveno je da izbjegnemo greške u tisku koje uzrokuje lijepljenje viška boje za donju stranu sita te na sljedećim uzorcima sjenčanje na otiscima. Istraživanje je započeto bez razmaka između sita i podloge što rezultira s 3 od 10 nezadovoljavajuća otiska tj. 30% što je u tisku neprihvatljivo.

Tablica 6. Utjecaj razmaka između sita i podloge na udio nezadovoljavajućih otisaka

Razmak sita i podloge	Veličina uzorka n = 10	Udio nezadovoljavajućih otisaka [%]
0 milimetara	Proces 1	30%
1 milimetar	Proces 2	20%
4 milimetra	Proces 3	0%
6 milimetara	Proces 4	0%
10 milimetara	Proces 5	20%

Nakon neuspješnog pokušaja bez razmaka povećan je na 1 milimetar što je i dalje davalo nezadovoljavajuće rezultate. Nakon podizanja razmaka na 4 milimetra dobili smo pozitivne rezultate tj. u procesu sa 10 otisaka nismo dobili niti jedan nezadovoljavajući otisak. Nakon 4 milimetra razmak je podignut na 6 milimetara što je dalo jednake rezultate tj stopu od 0% nezadovoljavajućih otisaka. Zadnji proces rađen je sa razmakom od 10 milimetara što je dalo 20% nezadovoljavajućih otisaka. Iz ovih rezultata donosimo zaključak da se idealan razmak sita i podloge kod ovakvih procesa može pronaći u rasponu 4-6 milimetara.

Na temelju mjerenja vremena potrebnog za pripremu u prethodno spomenutih 6 uzoraka, dobivena informacija je (uzimajući u obzir da su svi uzorci slični i potrebno je jednako vremena za pripremu svakog) da korištenjem predstavljenog pasera, vremenska

ušteda je prosječno 60%. Također mjerenjem trajanja samog procesa utvrđeno je da su procesi ubrzani prosječno za 8-10% zbog eliminirane potrebe za dodatnim podešavanjima. Utvrđeno je na uzorku od 50 otisaka kod svakog procesa, gdje je na 50 otisaka korištenjem starih pasera potrebno 2-3 dodatna pasiranja tijekom tiska, zbog nepreciznosti pasera koje svako traje 1-4 minute ovisno o pomaku. Postotak neupotrebljivih otisaka je za 4-6% veći korištenjem pasera iz prakse što se može zaključiti iz mjerenja potrebnih dodatnih pasiranja kod tih pasera. Utvrđeno je da su potrebna 2-3 dodatna pasiranja na temelju čega se utvrđuje da svako dodatno pasiranje daje 1 neupotrebljiv otisak. Prezentirati će se prednosti i mane novog sustava u odnosu na postojeći.

## 5. ZAKLJUČAK

U sitotisku se može regulirati brzina procesa s obzirom na vrstu otiska, veličinu, broj boja te pravilni izbor elemenata kontrole kvalitete. Pravilnim izborom elementa kontrole kvalitete može se utjecati na sam proces te uložiti potrebni minimum i time dobiti jednako kvalitetne rezultate pritom ostvarujući uštedu vremena i financijskih sredstava.

U radu je prikazan dio problematike u tehnici sitotisak i koliko se može utjecati na njegovu kvalitetu korištenjem elemenata kontrole kvalitete. Za razliku od drugih tehnika tiska, sitotisak kao najmanje zastupljen ima mogućnosti za poboljšanje otiska ili olakšavanje procesa ako se ispravno koriste elementi kontrole koje struka predlaže i prilagođavaju provjereni faktori iz drugih tehnika. Uzimajući u obzir specifičnost podloga, boje i uvjeta, procesi se mogu grupirati u više skupina. Skupine se može promatrati odvojeno i dodjeljivati najpotrebnije elemente koji bi se koristili za idealne uvjete u otiskivanju.

Prethodno prikazani paser bio bi jedan od takvih elemenata (tisak u dvije boje gdje boje idu jedna do druge). Jedan element bez detaljnih testiranja ne može biti savršen, međutim dobiveni rezultati iz malog uzorka procesa otiskivanja pokazali su jako dobre rezultate što se može smatrati vrlo uspješnim. Ukoliko se nastavi baviti ovom problematikom na ovoj razini, trebalo bi doći do još boljih i kvalitetnijih rezultata.

Svaki proces sadrži niz varijabli na koje se može utjecati i na taj način mijenjati tok procesa i kvalitetu otiska. U radu je prikazano i ispitivano nekoliko takvih varijabli: utjecaj razmaka između sita i podloge, vremena sušenja prve boje te izbor pasera. Iz rezultata je vidljivo da su značajno utjecali na brzinu i kvalitetu procesa. Najuspješnijim rezultatom istraživanja istakunulo bi se smanjenje udjela nezadovoljavajućih jedinica što rezultira znatnim financijskim uštedama te još bitnije, korisno je za zadobivanje povjerenja naručitelja kojem se isporučuju pošiljke ujednačene kvalitete, bez jedinica na granici prihvatljivosti, od prvog do n-tog otiska.

Utjecanje na kvalitetu procesa dugoročno je ulaganje u proizvod. Ukoliko metode kontrole primjenjujemo pravilno i bez iznimke, garancija su kvalitetnog otiska, stvaranja povjerenja u proizvode koje nudimo i pravilan način za postizanje isplativosti i uspjeha.

## 6. LITERATURA

1. Arellano M. (2010). *Continuous Improvement Efforts in J. Carroll's Screen Printing Process*. California State University. San Luis Obispo
2. Avelini H. I. (2000). *Upravljanje potpunom kvalitetom (Total Quality Management)*. Zbornik «Integralni sustavi upravljanja potpunom kvalitetom». Opatija: Fakultet za turistički i hotelski menadžment, str. 1- 50.
3. Austin, B. M. *Thick-Film Screen Printing*, Solid State Technology, June 1969, str. 53 - 58.
4. Bacher, R. J. *High Resolution Thick Film Printing*, Proceedings of the International 6 Symposium on Microelectronics, 1986, str. 576 -581.
5. Bolanča S., Golubović K.: Tehnologija tiska od Gutenberga do danas, Senj. zbornik 35, 125-146 (2008.)
6. Crosby P. B. (1981). *Kvaliteta je besplatna*. Privredni Vjesnik. Zagreb
7. Injac N. (1998). *Mala enciklopedija kvalitete*. Oskar. Zagreb
8. Juran J. M., Gryna, F. M. (1999). *Planiranje i analiza kvalitete*. Mate. Zagreb
9. Krakar Z. (1993). Upravljanje kvalitetom. *Infotrend*, br. 7/93., str. 34.
10. Lazibat T. (2005). *Poznavanje robe i upravljanje kvalitetom*. Sinergija. Zagreb.
11. Maglić L. (2008). *Istraživanje efektivnosti sustava upravljanja kvalitetom*. Doktorski rad. Fakultet strojarstva i brodogradnje.
12. Heming R. (2006). *Water – Based Screenprinting Today*. Watson – Gruptill Publications. New York
13. Ingram S. (1999). *Screen Printing Primer*. GATF Press. Pittsburgh.
14. Miller, L. F. (1969). *Paste Transfer in the Screening Process*. *Solid State Technology*, str. 46-52.
15. Owczarek J. A., Howland, F. L. *A Study of the Off-Contact Screen Printing Process - Part I: Model of the Printing Process and Some Results Derived From Experiments*, IEEE Transactions on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, Vol. 13, No. 2, str. 358 - 367, June 1990.
16. Pan, J, Tonkay G. L., Quintero A. (1999). *Screen Printing Process Design of Experiments for Fine Line Printing of Thick Film Ceramic Substrates*. Lehigh University

17. Parikh, M. R., Quilty, W. F.Jr., and Gardiner, K. M. *SPC and setup analysis for screen printed thick films*, IEEE Transactions on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, Vol 14, No. 3, str. 493 - 498, Sep. 1991.
18. Riemer, D. E. *Analytical Engineering Model of the Screen Printing Process: Part I, Solid State Technology*, August 1988, str. 85 -111.
19. Vardaman, J. *What Does a CSP Cost*, Guide to Emerging Technologies, special supplement to *Advanced Packaging*, July/August 1997, str. 3-4.
20. Wadsworth H. M., Stephens, K. S., Godfrey, A. B. (2002). *Modern Methods for Quality Control and Improvement*. John Wiley & Sons. New York