

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB

ZAVRŠNI RAD

Monika Kovač



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB

Smjer: Dizajn grafičkih proizvoda

ZAVRŠNI RAD

Određivanje brzine apsorpcije (penetracije) ofsetnih
tiskarskih boja

Mentor:
doc.dr.sc. Sonja Jamnicki

Student:
Monika Kovač

Zagreb, 2016.

ZAHVALE

Velike zahvale mentorici doc.dr.sc. Sonji Jamnicki na uloženom trudu, vremenu te stručnoj pomoći prilikom izrade završnog rada.

Monika Kovač

S A Ž E T A K

U završnom radu ispitivana je brzina apsorpcije offsetne tiskarske boje u tiskovnu podlogu nakon otiskivanja. Brzina sušenja tiskarske boje vrlo je bitan čimbenik u tiskarskom procesu. Brzina apsorpcije predstavlja brzinu kojom tiskarska boja penetrira u tiskovnu podlogu nakon otiskivanja. Ona ovisi o upojnosti odabrane tiskovne podloge, tečljivosti tiskarske boje, brzini tiska te o doziranju boje na stroju. Ukoliko boja ne suši dovoljno brzo tada dolazi do sljepljivanja otisaka i stvaranja kontraotisaka.

U okviru rada ispitana je brzina apsorpcije jedne roto (cold-set) offsetne boje otisnute na dvije različite tiskovne podloge: novinskom papiru i magazinskom (LWC) papiru. Ispitivanje brzine apsorpcije provelo se u laboratorijskim uvjetima korištenjem standardiziranih IGT metoda i uređaja. Boja se tom prilikom tiskala na traku papira te se u određenim vremenskim intervalima otisnuti papir prekrivio čistim sjajno premazanim papirom na kojem se izradio kontraotisak. Brzina apsorpcije odredila se iz vrijednosti optičke gustoće dobivenih kontraotisaka denzitometrijskim mjerenjem. Kako bi se rezultati brzine apsorpcije tiskarske boje mogli bolje interpretirati, prije samog otiskivanja, na svakoj tiskovnoj podlozi, osim osnovnih svojstava (gramature, debljine i specifičnog volumena) odredila se i glatkost korištenih papira. Također se, prema IGT standardu W72 odredio prijenos tiskarske boje (g/m^2) s tiskovne forme na svaku od korištenih tiskovnih podloga gravimetrijskom metodom. Na taj način se moglo utvrditi kolika je prijemčivost pojedinog papira za odabranu roto boju što u konačnici utječe i na brzinu apsorpcije navedene boje u pojedini papir.

Svi rezultati eksperimentalnog dijela prikazani su u tablicama, a na samom kraju doveden je zaključak o provedenom istraživanju.

Ključne riječi: tiskarska boja, apsorpcija, kontraotisak, prijenos boje

ABSTRACT

In this final thesis the absorption rate of offset printing ink was tested. Absorption is the speed with which ink penetrates into paper after printing. For the offset process this property is very important. It depends on the absorption ability of the selected printing substrate, ink flow and viscosity, the speed of the press and the dosage of the ink on the press. An absorption, which is, for example, too slow, may result in unwanted ink transfer in the form of set-off, smearing, or rub-off.

For the experiment conducted within this work two different printing substrates were used: standard newsprint paper and LWC (light weight coated) paper. Each paper was printed with same offset cold-set ink using an IGT A2 printability tester in standard laboratory conditions. After certain times the printed paper strip was brought into contact with a blank strip of a standard set off paper. Consequently, the part of the ink, which was still present at the surface of the printed strip, was transferred (smeared) on the set off strip. The absorption speed of the ink was evaluated from the density of the smeared ink on set off paper.

For better interpretation of obtained results, prior to printing, basis weight, thickness, and Bekk smoothness values were determined for both printing substrates. In addition, ink transfer expressed in g/m^2 was calculated from the difference in weight of the printing form before and after printing and the size of the prints, as described in IGT Information leaflet W72.

All obtained results were presented in tables and graphs, and a conclusion of conducted experiment was given at the end of this thesis.

Keywords: printing ink, absorption, set-off, ink transfer

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Cilj rada	1
2. TEORIJSKI DIO.....	2
2.1. Tiskarske boje.....	2
2.2. Sastav tiskarskih boja.....	2
2.2.1. Pigmenti.....	3
2.2.2. Bojila.....	4
2.2.3. Punila.....	4
2.2.4. Veziva.....	4
2.2.5. Sušila.....	6
2.2.6. Dodatci tiskarskih boja.....	7
2.3. Reološka svojstva tiskarskih boja.....	7
2.4. Sušenja tiskarskih boja.....	8
2.4.1. Mehanizam sušenja penetracijom (prodiranjem).....	10
2.4.2. Mehanizam sušenja oksipolimerizacijom.....	10
2.4.3. Mehanizam brzog sušenja (engl. quicksetting).....	11
2.4.4. Mehanizam sušenja isparavanjem (hlapljenjem).....	12
2.4.5. Mehanizam sušenja taloženjem.....	12
2.4.6. Mehanizam kemijskog sušenja.....	12
2.4.7. Mehanizam IR sušenja.....	13
2.5. Offsetni tisak.....	13
2.5.1. Karakteristike tiskarskih boja u offset	14
2.5.2. Karakteristike tiskarskih boja u offset.....	15
3. EKSPERIMENTALNI DIO	16
3.1. Plan rada i metodologija istraživanja	16
3.2. Korišteni materijali i uređaji	17
3.2.1. Korišteni papiri i boja.....	17
3.2.2. Korišteni uređaji i metode	17
3.3. Rezultati istraživanja.....	25
4. DISKUSIJA REZULTATA	27
5. ZAKLJUČAK.....	29
6. LITERATURA	30
7. POPIS SLIKA, TABLICA, JEDNADŽBI.....	32
7.1. Popis slika	32

7.2. Popis Tablica	32
7.3. Popis jednadžbi	33

1. UVOD

Grafički proizvodi u današnje vrijeme zahtijevaju otpornost na različite vanjske utjecaje. Pri samom otiskivanju, tiskarska boja se prenosi s tiskovne forme na tiskovnu podlogu, a proces sušenja tiskarske boje vrlo je bitan za kvalitetu danog proizvoda. Dobar otisak je onaj otisak kod kojeg je postignuta dobra povezanost između tiskovne podloge i tiskarske boje, isto tako dobar otisak mora biti otporan na otiranje, brisanje i pritisak. Međutim tiskarska boja nikako se ne smije sušiti na tiskarskom stroju, niti za vrijeme tiska niti u stanju mirovanja stroja, već samo na gotovom otisnutom proizvodu. Adekvatno sušenje boje jedan je od glavnih pokazatelja dobrog grafičkog proizvoda. Sam proces sušenja uključuje sve procese koji se odvijaju nakon otiskivanja omogućavajući čvrstu vezu otiska s tiskovnom podlogom, a dijelimo ga na početno sušenje i završno otvrdnjavanje. U ovom završnom radu promatrali smo sušenje crne roto (cold-set) boje koja suši apsorpcijom odnosno prodiranjem u samu tiskovnu podlogu. Apsorpcija je jedan od najjednostavnijih načina sušenja tiskarske boje koji ne uključuje nikakvu kemijsku promjenu veziva. Međutim otisak osušen na ovakav način zaštićen je samo strukturom vlaknaca, pa je otpornost na otiranje ovakvog otiska vrlo mala. Sušenje ovakvih boja je vrlo brzo ukoliko se otiskuje na odgovarajuću tiskovnu podlogu, a stabilnost na tiskarskim strojevima je izvrsna. Na neupojnim podlogama nije moguće otiskivat takvom vrstom boje.

1.1. Cilj rada

S obzirom na opisanu problematiku, cilj ovog završnog rada je odrediti brzinu sušenja roto boje na novinskom i LWC papiru. Brzinu sušenja boje najlakše je odrediti izradom kontraotiska što znači da se na otisnuti papir prislanja čisti sjajno premazani papir na kojem se formira kontraotisak najčešće u nekoliko različitih vremenskih intervala nakon otiskivanja. Na kontraotiscima je zatim potrebno izvršiti mjerenje gustoće obojenja punog tona kontraotiska kako bi dobili potrebne podatke. Kako bi se dobiveni rezultati što bolje interpretirali izvršeno je mjerenje prijenosa boje (g/m^2) na svaki papir, kao što je i prije samog otiskivanja određena glatkost korištenih tiskovnih podloga.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Tiskarske boje

Sama riječ boja ima dva značenja. Prvenstveno to je subjektivni doživljaj koji se javlja na mrežnici oka pri djelovanju svjetlosti određene valne duljine, dok je drugo značenje boje materijalne naravi te ono označava samu tvar kao nositelja boje.

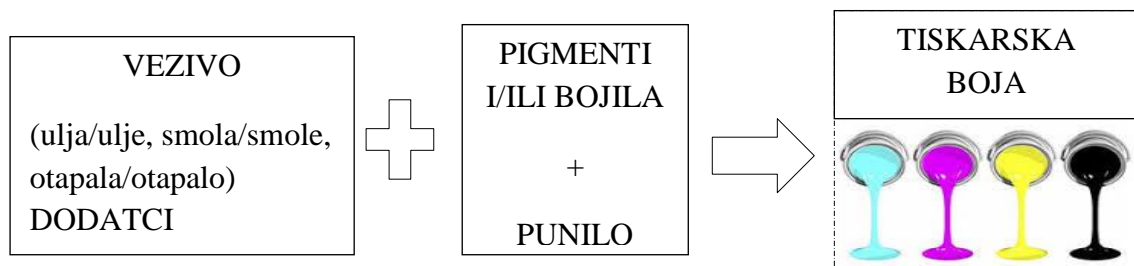
Tiskarska boja je supstanca koja posjeduje određeno obojenje i ima sposobnost da se u toku tiska, pomoću tiskarskih strojeva, prenosi na podlogu te se veže za podlogu na koju se otiskuje. Tiskarske boje su složeni koloidni i/ili molekularni disperzni sustavi, odnosno fina smjesa pigmenata i/ili bojila, veziva (ulja, smola), punila, otapala i pomoćnih sredstava kao što su sušila, voskovi i druga sredstva ovisno o potrebi.

Tiskarske boje moraju sadržavati određene kriterije kao što su: zadovoljavajuće sušenje u određenom vremenskom toku, boja mora dati željeni izgled gotovom proizvodu te nesmije oštetiti podlogu na koju se tiska niti smanjiti previđeni rok trajanja gotovog proizvoda

Tiskarske boje dijelimo prema konzistenciji na pastozne i na tekuće, odnosno guste ili rijetke, te prema vrsti tiska na boje za: visoki tisak, boje za plošni tisak, boje za duboki tisak, boje za sitotisak, boje za digitalne tehnike tiska te na specijalne boje. [1]

2.2. Sastav tiskarske boje

Tiskarske boje sastoje se od: pigmenata i/ili bojila, veziva (ulja, smole, otapala), sušila, punila te različitih dodataka. [2]



Slika 2.1.: Shematski prikaz sastava tiskarske boje

2.2.1. Pigmenti

Koloranti tiskarskih boja su pigmenti i bojila. Pigmenti su krute, kemijski čiste tvari koje pomiješane s vezivom daju obojenje tiskarskoj boji. Pigmenti su tvari koje nisu topive u vezivu ili vodi već se pigmenti u njima dispergiraju (raspršuju) te zajedno s vezivom čine koloidne disperzije. Moćenjem se prekidaju kohezione sile između pigmentnih čestica čime vezivo bolje moći pigmente. Što je moćenje bolje to je veća mogućnost obavijanja svake čestice pigmenta zasebno. Pigmenti moraju biti usitnjeni sve do nanometarskih čestica kako bi se što bolje moćili u vezivu. Prilikom proizvodnje tiskarske boje pigmenti moraju posjedovati određena svojstva kao što su: jasan i čisti ton, sposobnost dispergiranja, pokritnost i izdašnost, otpornost na kiseline, lužine, vodu i na temperature te otpornost na lakiranje. Pigmente dijelimo prema podrijetlu na prirodne i umjetne, prema kemijskom sastavu na organske i anorganske, prema boji na akromatske i kromatske, prema strukturi na amorfne i kristalne te prema namjeni na optičke i specijalne, dok su osnovna svojstva pigmenta veličina čestica, pokritnost, izdašnost, svjetlostalnost, tekstura i dr. Veličina čestica je vrlo bitno svojstvo pigmenta. Veličine čestica kreću se od 0.01-10 μ m, što su one manje to je disperzitet veći i obrnuto. Nepoželjne su velike i grube čestice jer djeluju abrazivno na tiskovnu formu, međutim nepoželjne su i male i vrlo fine čestice jer daju mali doprinos opacitetu. Pokritnost pigmenta je sposobnost pigmenta da pokriju tiskovnu podlogu nakon što se jednoliko s vezivom nanese na podlogu. Prema pokritnosti pigmente dijelimo na pokritne, transparentne i pokritno-transparentne. Na pokritnost također utječe veličina i vrsta čestica pigmenta. Optimalne veličine čestica daju veću pokritnost dok se s povećanjem ili smanjenjem čestica ta pokritnost smanjuje. Svjetlostalnost je svojstvo neke tvari da pod djelovanjem sunčevih zraka ne mijenja svoj oblik, boju i površinu. Međutim pigmenti su tvari koje pod utjecajem svjetlosnih zraka mijenjaju ton boje, odnosno većina ih izblijedi a samo neki potamne. Tekstura pigmenta obuhvaća niz svojstava kao što su: relativna tvrdoća ili mekoća suhog pigmenta, lakoća kojom se pigment obavija oko veziva prilikom miješanja, veličina čestica, njihov oblik itd. Ukoliko je tekstura pigmenta mekana karakterizirat će ga fini prah koji se mrviti među prstima, ukoliko je njegova tekstura tvrda tada će se mrviti u tvrdi prah. Sva ostala svojstva pigmenta ovise o konačnoj upotrebi boje. [2,6]

2.2.2. Bojila

Bojila su organske krute tvari koje zajedno s vezivom daju obojenje tiskarskoj boji. Bojila se uglavnom otapaju u vezivu te zajedno s njim čine molekularne disperzije zbog čega su bojila vrlo sjajna, izdašna i transparenta. Dijelimo ih prema podrijetlu na prirodna i umjetna bojila. Glavni nedostatak im je što imaju vrlo malu molekularnu masu. Isto tako zbog transparentnosti imaju malu pokritnu moć, a zbog male gustoće bojila potrebno je otiskivati deblje slojeve kako bi se dobila zadovoljavajuća debljina obojenja otiska. Za razliku od pigmenata bojila imaju ograničenu svjetlostalnost, pokritnost te su puno skuplja od pigmenata. Prednost bojila su ta što su potpuno otopljena u vezivu te ne postoji mogućnost taloženja. [2]

2.2.3. Punila

Punila su krute, fino zrnate, praškaste, bijele anorganske tvari koje djelomično zamjenjuju pigmente pa time i smanjuju cijenu tiskarskoj boji te mijenjaju reološka svojstva tiskarske boje. Netopivi su u vezivu te tiskarskoj boji ne mijenjaju ton, ali joj mogu promijeniti intenzitet. Zajedno s vezivom čine transparentu disperziju. Punila dijelimo na prirodna punila koja dobivamo iz ruda i minerala te umjetna punila koja su fino zrnati bijeli prah dobiven taloženjem teško topivih soli. Umjetna punila imaju manju tvrdoću i veći disperzitet te je s toga njihova upotreba velika. Punila koja su dispergirana u vodi daju neprozirne disperzije, dok punila dispergirana u ulju daju više ili manje prozirne disperzije. Sama prozirnost u uljnoj disperziji ovisi o indeksu loma punila i indeksu loma ulja ili veziva. Indeks loma punila i močenje punila vezivom ovisi o kemijskom sastavu, čistoći i veličini čestica punila gdje srednja veličina čestica iznosi od $0.01\mu\text{m}$ do $1.0\mu\text{m}$. Punila moraju biti otporna na vezivo u kojem se nalaze, odnosno nakon određenog vremenskog perioda ne smiju kemijski reagirati s vezivom jer će na taj način doći do stvaranja sapuna, a time i mijenjanja reoloških svojstava tiskarske boje.[3]

2.2.4. Veziva

Vezivo je uz pigmente i bojila jedna od najvažnijih sastavnica tiskarske boje. Vezivo je tekuća komponenta tiskarskih boja koja služi da čestice pigmenata veže u odgovarajuću masu i osigura boji odgovarajuća kemijsko fizikalna svojstva. Zadatak veziva je da

izolira čestice pigmenata jedne od drugih kako bi pigmenti bili jednolično dispergirani sve do trenutka nanosa boje na tiskovnu podlogu. Veziva moraju imati točno definiranu ljepljivost kako bi se osiguralo vezanje boje za podlogu, isto tako veziva moraju biti bistra i potpuno kemijski inertna. U sebi ne smiju imati lako hlapljiva organska otapala štetna za ljudski organizam te mogu imati definiranu brzinu sušenja kako se ne bi sušila prije dolaska na tiskovnu podlogu odnosno trebaju sušiti tek kada boja dođe na tiskovnu podlogu. Vezivima smatramo ulja, otapala i smole. Prema sastavu mogu biti viskozne tekuće tvari, otopine dobivene otapanjem krute smole u ulju, otopine dobivene otapanjem krute smole u organskom otapalu te vodene emulzije.

Ulja su viskozne tekuće tvari koje ovisno o podrijetlu mogu biti prirodna (biljna, životinjska, mineralna) ulja i umjetna (sintetička) ulja. Ovisno o sušivosti dijelimo ih na sušiva, polusušiva i nesusšiva ulja. Sušivost ulja ovisi o broju dvostrukih kovalentnih veza u molekuli, odnosno o nezasićenosti. Ukoliko ulje ima veći broj dvostrukih veza njegova sušivost će biti veća, povećavanjem dvostrukih veza povećava se i sušivost ulja. Sušiva ulje se osuše već nakon par dana, dok polusušiva ulja suše sporije. Sušiva i polusušiva ulja suše oksipolimerizacijom, dok se nesusšiva ulja ne suše uopće, već se upijaju u tiskovnu podlogu. Biljna ulja karakterizira što su to ulja bez mirisa, ne miješaju se s vodom, a otapaju se u organskim otapalima. To su esteri više masnih kiselina i trihidroksi alkohola-glicerola te se dobivaju ekstrakcijom iz sjemenki, plodova ili lišća različitih biljaka. Za izradu tiskarskih boja najčešće se koriste: laneno ulje, sojino ulje, tungovo ulje i ricinusovo ulje. Od životinjskih ulja najviše se koristi riblje ulje jer je ono otpornije na toplinu za razliku od lanenog ulja pa se najčešće upotrebljava u bojama za limotisak. Mineralna ulja se sastoje uglavnom od ugljikovodika te se dobivaju iz nafte, ugljena, drveta itd. Mineralna ulja spadaju u nesusšiva ulja te su otporna na lužine i kiseline, međutim takva ulja probijaju kroz papir te im stoga moramo dodati manje količine sušivih ulja ili odgovarajuće smole.

Smole su organski spojevi koji mogu biti i viskozne tekućine ili amorfne krute tvari vrlo velike molekularne mase. Smole su tvari koje su ne topive u vodi, ali su topive u nekim organskim otapalima. Korištenjem smole, tiskarskoj boji ubrzavamo sušenje, postizemo kvalitetnije otiske, boje postaju čvršće i povećavamo joj adheziju, fleksibilnost, dajemo joj ljepši sjaj te postojanost prema višim temperaturama. Smole dijelimo na prirodne,

umjetne i modificirane. Prirodne smole kao i ulja dijelimo na biljne smole (kolofonij, kopal, jantar), životinjske smole (šelak) i mineralne smole (jantar) te se od prirodnih smola najviše koriste kolofonij i šelak. Umjetne smole se u današnjoj industriji tiskarskih boja najviše koriste jer su vrlo kvalitetne i dobro reagiraju na zahtjev viših temperatura, kiselina, lužina i dr. Od umjetnih smola koriste se: kolofonij fenolne smole, alkidne smole, urea i melanin i dr.

Otapala su tekuće organske tvari koje otapaju smolu/e tiskarskih boja i stvaraju film na površini otiska. Uloga otapala je da zadržava smole tiskarske boje u stabilnoj otopini tijekom proizvodnje, skladištenja, tiska pa sve do trenutka sušenja otiska nakon čega bi u što kraćem vremenskom periodu otapalo trebalo ispariti. Najvažnija svojstva otapala su jakost otapala i brzina isparavanja koja, je vrlo bitna za boje za duboki tisak, fleksografske boje te za lakove, a s obzirom na vrelišta otapala dijelimo na: otapala niskog vrelišta (Tv do 100°C), otapala srednjih vrelišta (Tv od 100°C do 150°C) te na otapala viših vrelišta (Tv od 225°C). Ovisno o brzini isparavanja otapala, dijelimo ih na otapala koja brzo, srednje i sporo isparavaju. Prema kemijskom sastavu otapala dijelimo i na: ketone, estere, alkohole i ugljikovodike. Sva otapala su zapaljiva a poneka su i eksplozivna u određenim uvjetima.[4,5]

2.2.5. Sušila

Sušila ili sikativi su organski spojevi koji se dodaju tiskarskoj boji kako bi se poboljšala njena sušivost. Poznati sikativi su soli kobalta, mangana ili olova koje su dobivene reakcijom s organskim kiselinama. Koriste se kod boja koje suše oksipolimerizacijom, a efikasna su samo kada se koriste kod boja koje u sebi sadrže ulja ili veziva koja oksidiraju i na taj način na površini otiska tvore tvrdi film. Međusobno ih razlikujemo po brzini i načinu sušenja. Brzina sušenja tiskarske boje ovisi o vrsti i količini sušila, temperaturi te udjelu vlage. Ukoliko dodamo previše sušila u boju ono će usporavati sušenje otiska, stoga dodajemo optimalnu količinu sušila kako bi ubrzali sušenje boje. Sušila se dijele na pastozna i tekuća. Iako nema bitne razlike između te dvije vrste sušila, pastozna sušila koristimo kod boja lake konzistencije i u višebojnom otisku u prvoj boji kako bi se stvorio mekani film koji dobro prihvaća iduću boju. Postoje kobaltna sušila koja najviše ubrzavaju sušenje te se koriste samo kod jednobojnih otisaka. Takva sušila brzo površinski suše i stvaraju tvrdi koru koja ne propušta kisik

u dubinu pa ostatak boje ispod korice vrlo sporo suši. Manganova sušila ubrzavaju oksidaciju i polimerizaciju, a nedostatak im je što pri reakciji s kisikom stvaraju smeđi sloj i na taj način mijenjaju ton tiskarske boje. Olovna sušila suše najsporije, ali čitavi sloj boje suše jednolično. [4,6]

2.2.6. Dodatci tiskarskih boja

Da bi poboljšali određena svojstva tiskarskoj boji ili otklonili moguće neželjene pojave prilikom tiska dodajemo dodatke kao što su: voskovi, ulja ili masti, antioksidansi, tvari za močenje, mirisi i dr. Dodatci se trebaju dobro povezati s vezivom ili gotovom tiskarskom bojom. Voskovi, ulja ili masti u optimalnoj količini smanjuju ljepljivost tiskarske boje, smanjuju mogućnost sljepljivanja otiska te povećavaju otpornost otiska na otiranje. Antioksidanse dodajemo jer brzo apsorbiraju kisik i na taj način usporavaju oksidaciju sušivih ulja. Time se inhibira sušenje boje u ambalaži ili na tiskarskom stroju. Tvari za močenje dodajemo jer one pospešuju dispergiranje pigmenata u vezivu i inhibiraju zgrušavanje pigmenata ako se dodaju u optimalnoj količini. Mirise dodajemo u tiskarsku boju jer uklanjaju neugodne mirise ulja, sušila i dr. Mirisi nikako ne smiju promijeniti reološka svojstva boje te se oni dodaju u boju neposredno prije tiska. [4,5]

2.3. Reološka svojstva tiskarske boje

Znanost koja proučava transformacije, deformacije i tečenje tekućina i plinova pod utjecajem mehaničkih sila koje djeluju na jedinicu površine naziva se reologija. Pod reološkim svojstvima tiskarskih boja smatramo: konzistenciju, viskoznost, ljepljivost, duljinu tečenja, tiksotropiju, te površinsku napetost. [7]

Konzistencija obuhvaća niz svojstava kao što su: kohezija, adhezija, viskoznost, tečljivost i dr. Ona opisuje opće stanje tiskarske boje u masi. Promjenom temperature mijenja se konzistencija, ali isto tako do promijene može doći i s vremenom stajanja boje ili nakon određenog stupnja miješanja boje. S obzirom na konzistenciju razlikujemo tiskarske boje na rijetke i guste boje. Rijetke tiskarske boje odnosno boje lake konzistencije su fluidne i vrlo lako se rukuje s njima. Guste tiskarske boje odnosno boje teške konzistencije su pastozne i s njima se teško rukuje te su najčešće i vrlo ljepljive.

Viskoznost je svojstvo tekućina ili plinova da se odupiru tečenju, odnosno to je neka vrsta unutarnjeg trenja tekućina ili plinova. Viskoznost ovisi o strukturi tvari te o temperaturi, a dijelimo je na dinamičku viskoznost i kinematičku viskoznost. Snaga koja je potrebna da se savlada relativni elasticitet boje naziva se granica tečenja koja ovisi o količini pigmenata, veličini čestica, obliku pigmenata te o njegovom stupnju disperzije u vezivu. Viskoznost guste boje mjerimo pomoću otpora prolaza metalnog štapa kroz boju u jedinici vremena. Uređaj kojim izvodimo mjerenje naziva se viskozimetar sa štapom. Viskoznost rijetke boje mjerimo pomoću ručnog viskozimetra, različitih istjecajnih čaša, s mlaznicom pri dnu mjerne čaše. Mjerimo protok određenog volumena boje kroz otvor rupice definiranog promjera u jedinici vremena.

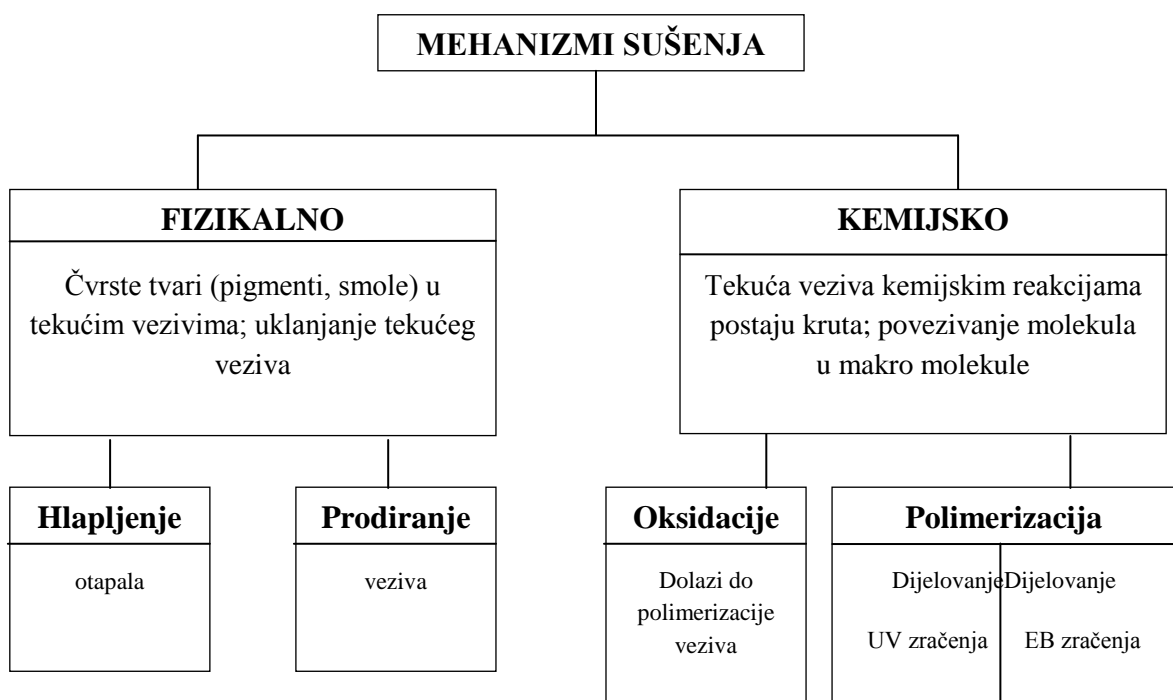
Tečljivost je svojstvo neke tvari da se ne odupire gibanju (tečenju). Tečljivost je proporcionalna povišenju temperature, a boja koja ima dobru tečljivost dobro će se poraspodijeliti po valjcima za razribavanje.

Ljepljivost definiramo kao sposobnost razdjeljivanja filma tiskarske boje. Ukoliko boja ima veliku ljepljivost može doći do čupanja vlakanca sa površine papira. Ljepljivost pogoduje boljoj adheziji boje na tiskovne elemente tiskovne forme pa je bolji prijenos na offsetni cilindar. [5,7]

2.4.Sušenje tiskarske boje

Adekvatno i brzo sušenje tiskarske boje u svim tehnikama tiska vrlo je bitno te uključuje sve procese nakon prijena boje na tiskovnu podlogu. Otisak mora biti otporan na otiranje, brisanje i pritisak, a dobar je onaj otisak gdje je postignuta dobra povezanost tiskarske boje i podloge na koju se ona otiskuje. Sušenje otisnute boje dijelimo u dvije faze: prva faza predstavlja početno sušenje boje (engl. set) kojim otisak postaje suh na dodir, a druga faza završno sušenje boje gdje otisak postaje u potpunosti suh. Postoje 4 osnovna mehanizma sušenja tiskarskih boja a to su: sušenje oksidacijom veziva, sušenje penetracijom odnosno prodiranjem u tiskovnu podlogu, hlapljenjem otapala te sušenje taloženjem. Sušenje tiskarske boje dijelimo na fizikalne i kemijske procese. Fizikalni procesi ne podrazumijevaju kemijske reakcije. Otapalo ili isparava ili apsorbira u tiskovnu podlogu. Fizikalni procesi podrazumijevaju isparavanje otapala te penetraciju mineralnih ulja tiskarskih boja u tiskovnu podlogu. Kemijski procesi

podrazumijevaju kemijske reakcije u kojima dolazi do promijene agregatnog stanja tiskarskih boja iz tekućeg u kruto agregatno stanje. Vezivo većim ili manjim dijelom prolazi kroz kemijske reakcije polimerizacije. Kemijske promjene u vezivu tiskarskih boja karakteristične su za UV sušenje (fotopolimerizacija) kao i sušenje snopom elektrona gdje apsorbirana energija izaziva stvaranje slobodnih radikala i lančanu reakciju polimerizacije veziva. Kemijske promjene očituju se kod boja koje suše oksidacijom (oksi-polimerizacija) kao i kod onih koje sluše dovođenjem IR energije, a karakteristične su i za dvokomponente tiskarske boje kod kojih je potrebno dovesti katalizator kako bi došlo do kemijske reakcije. [6,8,9]



Slika 2.2.: Shematski prikaz mehanizma sušenja tiskarskih boja

Brzina sušenja boje vrlo je bitna u tisku, a ovisi o raznim čimbenicima kao što su svojstva sušivosti boje, svojstva upojnosti tiskovne podloge, a ovise i o debljini otisnutog sloja boje, konzistenciji boje, doziranju boje na stroju, vlažnosti, temperaturi itd. Temperatura je jedan od najvažnijih čimbenika jer ona prvenstveno ubrzava proces polimerizacije, smanjuje viskozitet boje te ubrzava hlapljenje otapala. [8]

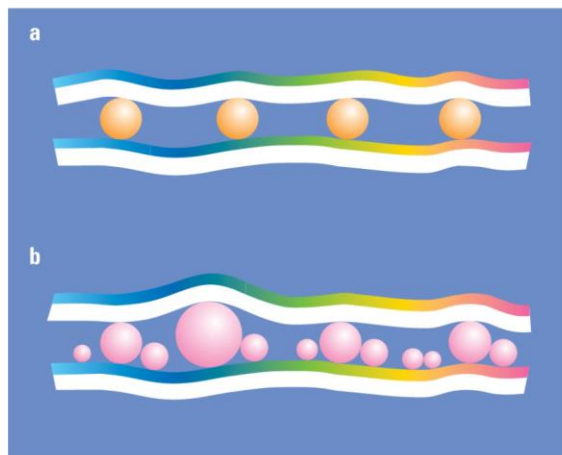
2.4.1. Mehanizam sušenja penetracijom (prodiranjem)

Najjednostavniji mehanizam sušenja tiskarske boje je mehanizam sušenja penetracijom ili prodiranjem veziva u tiskovnu podlogu. U ovom mehanizmu sušenja ne dolazi do kemijskih promjena u vezivu i javlja se prilikom otiskivanja na sve upojne tiskovne podloge. Mehanizam prodiranja dijelimo na primarnu i sekundarnu penetraciju ovisno o načinu i vremenskom periodu prodiranja veziva. Kod primarne penetracije vezivo prodire u pore tiskovne podloge, dok manji dio zaostaje na površini gdje veže pigmente. Ukoliko postoji optimalna kombinacija tiskovne boje i tiskovne podloge na koju se vršilo otiskivanje, proces traje od 10 do 20 minuta. Kod sekundarne penetracije vezivo prodire u kapilarne šupljine tiskovne podloge, brzina prodiranja je vrlo spora pa taj proces može potrajati i do nekoliko mjeseci. Ukoliko je mehanizam penetracije prespor boja suši presporo i takav otisak nikako nije pogodan za tisak, međutim ako je penetracija prebrza vezivo prebrzo ulazi u tiskovnu podlogu i na površini zaostaju samo pigmenti te takav otisak gubi sjaj i ima vrlo malu otpornost otiranje, jer je otisak zaštićen samo strukturom vlaknaca. Boje koje suše penetracijom suše vrlo brzo ukoliko se tiska na odgovarajućoj tiskovnoj podlozi, a boje koje suše penetracijom su: roto boje, cold-set boje za offsetne rotacije, jeftine boje za duboki tisak. Brzina sušenja kod penetracije ovisi o upojnosti tiskovne podloge, tečljivosti tiskarske boje te o močenju vlaknaca tiskarskom bojom. [8,10]

2.4.2. Mehanizam sušenja oksipolimerizacijom

Okispolimerizacija je karakterističan način sušenja tiskarskih boja u kojima vezivo sadrži sušiva ili polusušiva ulja. Kod sušivih ulja oksidacija i polimerizacija odvija se na nezasićenim dvostrukim kovalentnim vezama, ulje apsorbira kisik iz zraka te se na taj način polimerizira u kruti film na površini otisaka. Proces oksipolimerizacije možemo ubrzati tako što u boju dodamo manju ili veću količinu sušila (sikativa) koji djeluju kao katalizatori, međutim ukoliko to nije dovoljno brzo proces se može ubrzati prisilnim sušenjem odnosno zagrijavanjem. U suvremenom tisku proces sušenja boje oksipolimerizacijom je prespor i koristi se samo u specijalnim slučajevima gdje se tiska na neupojne podloge odnosno gdje nije moguće otiskivati s brzосуšećim bojama ili prisilnim sušenjem. Isto tako oksipolimerizacija nije pogodna niti za tisak na ambalažu za prehrambene proizvode jer se za vrijeme oksipolimerizacije otpuštaju neugodni

mirisi. Na sušenje boje oksipolimerizacijom utječu pH vrijednost papira i relativna vlažnost zraka koji mogu znatno usporiti proces sušenja, međutim isto tako kod tiska na polimernim folijama, antioksidansi, plastifikatori i antistatici koji se nalaze u sastavu polimernih folija ili filmova i poboljšavaju im uporabna svojstva često imigriraju na površinu filma gdje reagiraju s bojom i usporavaju sušenje. Pošto proces oksipolimerizacije traje neko vrijeme nakon otiskivanja u kupu araka može doći do sljepljivanja otisaka i stvaranja kontraotisaka. Stoga se arci pojedinačno posipaju finim praškom (transparentnim puderom) koji između araka stvara zračni jastuk i na taj način pospešuje oksidaciju i onemogućuje sljepljivanje araka. Prašci su mineralnog ili biljnog podrijetla te ih uvijek treba stavljati u optimalnoj količini, a veličina zrna može varirati od 15 do 75 μm . [8,10]



**Slika 2.3.: Prikaz praha između dva otisnuta arka a) savršena raspršenost zrna
b) nesavršena raspršenost zrna**

2.4.3. Mehanizam brzog sušenja (engl. quicksetting)

Složeni mehanizam sušenja tiskarske boje koji se sastoji od penetracije i oksipolimerizacije nazivamo brzo sušenje (engl. quicksetting). Boje koje suše takvim mehanizmom sastoje se od dvije komponente a to su: vrlo viskozna otopina krute smole u sušivom ulju te mineralno ulje male viskoznosti u kojem se dispergira prva komponenta. Mineralno ulje male viskoznosti selektivno prodire u tiskovnu podlogu dok smolasta komponenta s pigmentom zaostaje na površini tiskovne podloge gdje suši

oksidolimerizacijom. Na taj način kod tiskovnih podloga kao što su premazani papiri dolazi do brzog početnog sušenja. Premazani papiri posjeduju finu poroznu strukturu koja pospješuje odijeljivanje komponenta u brzосуšećim tiskarskim bojama. Prilikom odijeljivanja komponenta, ljepljivost tiskarske boje povećava se do maksimuma, nakon čega se smanjuje do nule u suhom otisku. Zbog toga kao i u mehanizmu sušenja oksidolimerizacijom može doći do sljepljivanja araka i stvaranja kontra otisaka. Stoga je vrlo bitno korištenje praška protiv sljepljivanja otisnutih araka ili sušenje možemo ubrzati pomoću IR zračenja. Međutim kod ovog mehanizma sušenja problem mogu uzrokovati keljiva u papiru zbog kojih se otapalo iz boje ne može raspršiti po papiru već se vraća u otisak pa dobivamo tzv. povratno vlaženje otiska. Tiskarska boja na izgled dobro suši, međutim nakon par dana otisci omekšaju. [8,10]

2.4.4. Mehanizam sušenja isparavanjem (hlapljenjem)

Tiskarske boje kod kojih je vezivo napravljeno od otopljenih smola u organskom otapalu, koje hlapi, suše isparavanjem. Takav mehanizam karakterističan je za fleksografske boje, boje za duboki tisak, boje za sitotisak te heat set web offsetne boje. Brzina isparavanja ovisi o brzini isparavanja otapala ili smjese otapala, brzini kojom smola otpušta otapalo te o lakoći migracije otapala kroz sloj otiska. Boja ne smije sušiti na valjcima niti na tiskovnoj formi put boje od bojanika do tiskovne podloge je najčešće kratak. [8]

2.4.5. Mehanizam sušenja taloženjem

Mehanizam sušenja taloženjem karakteriziraju boje koje sadrže smolu topljivu u nekom određenom otapalu pri određenim uvjetima koja, ako se ti uvjeti promijene, postaje netopljiva u otapalu u kojem se nalazi. Takve boje suše vrlo brzo te uz sam mehanizam taloženja važna je i penetracija. Početno sušenje tiskarske boje uzrokuje adsorpcija vode iz zraka i tiskovne podloge nakon čega slijedi izlučivanje smole i njeno sljepljivanje s tiskovnom podlogom. [8]

2.4.6. Mehanizam kemijskog sušenja

Tiskarske boje koje suše mehanizmom kemijskog sušenja u sebi sadrže dvije komponente koje međusobno reagiraju te na taj način stvaraju kruti film velike

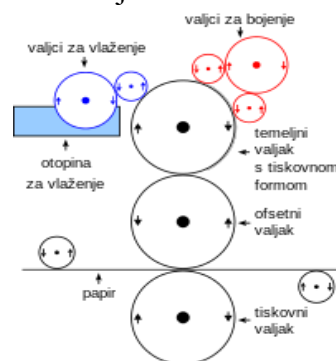
molekularne mase. Takve boje su skupe, otisci imaju jači sjaj, boje se bolje lijepe na neupojne tiskovne podloge te se najviše koriste u fleksotisku, dubokom tisku te sitotisku. Boje se isporučuju u dvije komponente koje se miješaju neposredno prije tiska. [8]

2.4.7. Mehanizam IR sušenja

Pri djelovanju IR zračenja dolazi do porasta temperature te na taj način dolazi do opadanja viskoznosti tiskarske boje. Kako bi poboljšali efikasnost IR sušenja moramo njegov raspon sušenja uskladiti s vezivom koje reagira unutar tog raspona. Rasponi su u sljedećim valnim duljinama: kratkovalni kada zračenje prodire u papir, srednjevalni kada se zagrijava zrak iznad otisnutog sloja te dugovalni koji nisu pogodni za tisak. [8]

2.5. Offsetni tisak

Offsetni tisak jedan je od najzastupljenijih indirektnih tehnika tiska u cijeloj hrvatskoj grafičkoj industriji. Pomoću ove tehnike tiskaju se razni proizvodi kao što su: višebojni časopisi, brošure, plakati do formata B0, letci, poštanske marke te mnogo drugih proizvoda. Osnovna karakteristika offsetnog tiska je ta što se tiskovne i slobodne površine nalaz u istoj ravnini, a do samog otiskivanja ne dolazi zbog reljefa već zbog različitih fizikalno-kemijskih svojstava. Slobodne površine na tiskovnoj formi moraju biti hidrofilne kako bi na sebe mogle apsorbirati otopinu za vlaženje te na taj način sprečavaju da se boja prenese na slobodne površine gdje ne bi trebala biti. Tiskovni elementi su stoga hidrofobni, oni imaju svojstvo da od sebe odbijaju otopinu za vlaženje, a na sebe privlače tiskarsku boju.



Slika 2.4.:Princip otiskivanja u offsetnom tisku

Na tiskovnu formu, koja se nalazi na temeljnom cilindru, prvo se nanosi otopina za vlaženje, a zatim tiskarska boja. Ukoliko se prvo nanese tiskarska boja na formu tada će boja biti i na slobodnim i na tiskovnim površinama što nam nije cilj. Zatim se boja prenosi na offsetni ili prijenosni cilindar te zatim na papir koji se nalazi na tiskovnom cilindru.

Ovisno o tehnici tiska razlikujemo tisak iz arka te tisak iz role, dok tisak iz role dijelimo na revijalni (Heat-set) i novinski tisak (Cold-set). Novinski tisak pojavio se isključivo radi bržeg otiskivanja, odnosno radi otiskivanja u što kraćem vremenskom periodu. U tisku se koriste beskonačne trake papira, odnosno role, stoga je osim brzine okretanja cilindra vrlo važna i brzina kojom se papir kreće kroz stroj. [11,12]

2.5.1. Karakteristike tiskarskih boja u offsetu

Tiskarske boje za offsetni tisak jedne su od najsloženijih boja jer su konstantno izložene tekućini za vlaženje te isto tako moraju podnijeti dvostruki prijelaz (prijelaz s tiskovne forme na offsetni cilindar te s offsetnog cilindra na papir). Od tiskarske boje se očekuje da ima dobru ljepljivost, da daje oštar otisak, a da pritom ne dolazi do čupanja papira. Nanos boje na tiskovnu podlogu trebao bi biti oko 2 μ m, stoga bi koncentracija pigmenata u boji trebala biti vrlo velika, a pigmenti bi trebali biti vrlo izdašni, otporni na vodu te otporni na kiseline. Veziva takvih boja su većinom na bazi mineralnih i lanenih ulja te umjetnih smola. Sastav tiskarske boje ovisi prvenstveno o procesu sušenja tiskarske boje koji može biti: oksipolimerizacija, oksipolimerizacija i hlapljenje, oksipolimerizacija i penetracija, isparavanje ili upijanje (penetracija) te fotopolimerizacija. Isto tako na boju utječu vrsta i svojstva tiskovne podloge (pH vrijednost tiskovne podloge, vlaga u tiskovnoj podlozi, upojnost tiskovne podloge, otpornost prema čupanju). Konstrukcija tiskarskog stroja, odnosno njegova brzina utječe na viskoznost i ljepljivost boje, a zbog otopine za vlaženje od boje se očekuje da njene pojedine komponente budu ne topive u vodi i da ne smiju kemijski reagirati s dodacima koji čine puferi u vodi.[13]

2.5.2. Karakteristike roto boja u offsetu

Roto boje dijelimo na Cold-set i Heat-set tiskarske boje.

- a) Cold-set boje (boje za novinski offsetni tisak) sastoje se od kombinacije mineralnih ulja i/ili biljnih ulja, pigmenata, voskova, mineralnih punila, oleofilnih sredstva za geliranje te uglavnom ne sadrže veziva na bazi sušivih ulja. Za takve boje nije potreban proces sušenja kroz uređaje za sušenje boje već boje suše isključivo fizički prodiranjem u papir te zahtijevaju protočnost, ali i da sprečavaju toniranje i preslikavanje. Boje suše vrlo brzo ukoliko se tiska na odgovarajuću tiskovnu podlogu.
- b) Heat-set boje (boje za revijalni offsetni tisak) na bazi su mineralnih ulja (nesušiva ulja) koja djelomično isparavaju, a djelomično upijaju u tiskovnu podlogu dok otisci prolaze kroz uređaj za sušenje. Boje također suše fizički te je za njihovo sušenje potreban vrući zrak. [13,20]

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Plan rada i metodologija istraživanja

Cilj je ovog istraživanja ispitati brzinu sušenja (apsorpcije) jedne roto (cold-set) boje otisnute na novinskom papiru te na magazinskom (LWC) papiru. Brzina apsorpcije je brzina kojom tiskarska boja penetrira u tiskovnu podlogu nakon otiskivanja. Svi uzorci su prije ispitivanja klimatizirani u standardnim uvjetima prema ISO187 standardu ($23 \pm 1^\circ\text{C}$, $50 \pm 2\%$ relativne vlažnosti zraka). Ispitivanje brzine apsorpcije provedeno je u laboratorijskim uvjetima korištenjem standardiziranih IGT metoda i uređaja. Prije samog otiskivanja određena je gramatura, debljina i specifični volumen odabranih tiskovnih podloga. Također im je određena i glatkost Bekkovom metodom. Otiskivanje je provedeno na IGT A2 uređaju. Boja se pritom tiskala na traku papira te se u određenim vremenskim intervalima otisnuti papir prekrio čistim sjajno premazanim papirom na kojem se izradio kontraotisak. Ona količina neosušene boje koja je zaostala na površini otisnutog uzorka na taj način se prenijela na sjajno premazani papir. Kontraotisci su se formirali u pet vremenskih intervala: odmah nakon otiskivanja, 3 minute nakon otiskivanja, 7 minuta nakon otiskivanja, 15 minuta nakon otiskivanja te nakon 20 minuta od otiskivanja. Brzina apsorpcije određena je iz vrijednosti optičke gustoće (D) dobivenih kontraotisaka. Optička gustoća dobivenih kontraotisaka izmjerena je korištenjem denzitometra. Prethodno ispitivanju brzine sušenja boje, odredio se prijenos tiskarske boje (g/m^2) s tiskovne forme na svaku od korištenih tiskovnih podloga gravimetrijskom metodom prema IGT standardu W72. Na taj način se moglo utvrditi kolika je prijemчивost pojedinog papira za odabranu roto boju što u konačnici utječe i na brzinu apsorpcije navedene boje u pojedini papir.

Rezultati istraživanja prikazani su u tablicama i dijagramima. Usporedbom dobivenih rezultata donesen je zaključak ovog istraživanja.

3.2. Korišteni materijali i uređaji

3.2.1. Korišteni papiri i boja

Za otiskivanje jedne roto boje odabrani su tipični materijali koji se koriste u novinskom i revijalnom tisku: jedan novinski strojno gladak papir i obostrano premazani magazinski (LWC) papir. Za otiskivanje je korištena crna roto boja temeljena na mineralnom ulju koja suši penetracijom u tiskovnu podlogu (cold-set).

3.2.2. Korišteni uređaji i metode

Gramatura je određena vaganjem prethodno klimatiziranih uzoraka ($23 \pm 1^\circ\text{C}$, $50 \pm 2\%$ relativne vlažnosti zraka) papira dimenzija 10 x 10 cm na preciznoj analitičkoj vagi proizvođača Enrico Toniolo s točnošću od 0.0001 g.



Slika 3.1.: Analitička vaga za mjerenje gramature papira

Gramatura papira je masa jednog kvadratnog metra papira, kartona ili ljepenke izražena u gramima, a određuje se iz odnosa odvagane mase uzorka i njegove površine prema zadanoj formuli [14] :

$$g = \frac{m}{A} \cdot 10\,000 \quad (1)$$

Gdje je: m = masa uzorka [g]

g = gramatura papira [g/m²]

$$A = \text{površina uzorka [cm}^2\text{]}$$

Debljina papira je udaljenost između dviju paralelnih strana ispitivanog papira, a određuje se pomoću preciznog uređaja, mikrometra (slika 3.2). Ukoliko papiri imaju debljinu veću od 0,04 mm mjerenje se izvodi na pojedinačnim listovima, dok se kod vrlo tankih papira, debljine manje od 0,04 mm, mjerenje vrši u snopu listova papira (najčešće pet listova u snopu). [14]

U radu je ispitana debljina svakog pojedinačnog uzorka dimenzija 10 x 10 centimetara u skladu sa standardom ISO 534:2011. Za mjerenje je korišten elektronički ručni mikrometar proizvođača EnricoTonioloS.r.l.. Uređaj mjeri u rasponu od 0-10 mm s točnošću od 0.001 mm. Ispitali smo 20 uzoraka papira uzimajući u obzir da je uvijek riječ o istoj strani papira. Nakon što podignemo gornji disk, između gornjeg i donjeg diska stavljamo uzorak te gornji disk vrlo polako i oprezno spustimo na uzorak. Mikrometar nam daje točnu vrijednost za debljinu uzorka. Konačna debljina određena je izračunom aritmetičke sredine dobivenih rezultata debljine svih izmjerenih uzoraka.



Slika 3.2.: Uređaj za mjerenje debljine papira- elektronički ručni mikrometar

Iz dobivenih vrijednosti debljine i gramature za obje tiskovne podloge određen je specifični volumen. Specifični volumen je volumen što ga u prostoru zauzima jedan gram papira, kartona, ljepenke. Određuje se iz omjera debljine i gramature papira pomoću formule [14] :

$$\frac{1}{\gamma} = \frac{d}{g} \cdot 1000 \quad (2)$$

Gdje je: $1/\gamma$ = specifični volumen [cm^3/g]

d = debljina [mm]

g = gramatura [g/m^2]

Glatkost površine papira vrlo je važna za kvalitetu otisnute reprodukcije. Pod glatkošću podrazumijevamo približavanje neke površine idealnoj ravnini. Ispitivanje glatкости papira određuje se prema standardu TAPPI T479 prema metodi Bekk. Ona se zasniva na mjerenju prolaza zraka između papira i glatke površine a provodi se na uređaju PTI-Line Bekk (slika 3.3). Uređaj se sastoji od mjerne glave za ispitivanje glatкости papira te sadrži integralno računalo i zaslون za prikaz grafičkih rezultata.[15]

Pri ispitivanju korišteno je 10 uzoraka papira dimenzija 10 x 10 centimetara te je ispitana i pustena i sitova strana svih 10 uzoraka. Uzorak stavljamo na staklenu pločicu iznad koje se nalazi mjerna glava. Pritiskom na tipku start mjerna glava pritišće uzorak na staklenu pločicu masom 10kg. Tada vakumske pumpe ispražnjuju spremnik za zrak do ciljanog tlaka od 50.7 kPa. Ovisno o hrapavosti uzorka preostali zrak između površine uzorka i staklene pločice usisava se u spremnik, sve dok tlak ne padne na 48.0 kPa. Vrijeme potrebno da se usiše potrebni volumen zraka (10 ml) mjeri se u sekundama. Što je veći broj sekunda to je veća glatkost papira.



Slika 3.3: Uređaj za mjerenje glatкости papira PTI-Line Bekk

Tablica 1- Karakteristike uređaja PTI-Line Bekk

Električni priključak	110 – 230 V / 50 – 60 Hz
Priključak vode	Ne
Komprimirani zrak	400 – 600 kPa
Dimenzije	27 x 68 x 60 cm

Otiskivanje je provedeno na uređaju IGT A2. Uz uređaj IGT A2 korištena je i IGT pipeta te IGT valjci za razribavanje. Kako bi se moglo napraviti otiskivanje na zadanom uzorku, potrebno je tiskarsku boju pomoću IGT pipete nanijeti na IGT valjke za razribavanje. IGT pipeta (slika 3.4) dozira točno određenu količinu boje na uređaj za razribavanje. Pipeta se sastoji od: mikrometarskog vijka, mjerne skale, cilindra, klipa, duljinskih podjela, hvataljka, navoja, sapnica te plastičnog uloška. Razmak između dviju crtica na duljinskoj podjeli odgovara $0,1 \text{ cm}^3$. Na mjernoj skali razmak između dviju crtica odgovara $0,01 \text{ cm}^3$. Pomoću plastičnog uloška koji na sebi ima rupicu, doziramo tiskarsku boju. [16]



Slika 3.4.: IGT pipeta za doziranje tiskarske boje

Nakon što pipetu napunimo tiskarskom bojom, tada ju nanosimo na uređaj za razribavanje tiskarske boje. IGT valjci za razribavanje (slika 3.5) služe za pripremu jednoličnog i određenog nanosa tiskarske boje poznate debljine. Uređaj se sastoji od dva agregata sa zajedničkim pogonom. Svaki agregat sastoji se od većeg aluminijskog valjka (koji osim rotacije ima i aksijalni pomak), manjeg aluminijskog valjka koji je

gonjen motorom, te gumenog valjka koji povezuje prethodna dva. S gumenog valjka se boja prenosi na tiskovne forme (alumijski valjci širine 1, 2 ili 5 cm) koje su pričvršćene na pomične držače. Boja se na valjcima razribava 2x4 min što znači da se nakon 4 minute uređaj zaustavlja i gumeni valjak zaokreće na 180° te se ponovno pokreće uređaj i razribavanje se nastavlja sljedećih 4 minute. [17,5]



Slika 3.5.: IGT uređaj za razribavanje tiskarske boje

Razribana boja, nakon što se prenese na forme, stavlja se na uređaj IGT A2 (slika 3.6) na kojem se izvodi otiskivanje. Uređaj ima mogućnost simulirati tri glavne tehnike tiska: plošni, duboki i visoki tisak. Sastoji se od: utega, kočnice, tiskovne podloge, gumene navlake, hvataljka, temeljnog cilindra, opruge, tiskovne forme, poluge, osovine i skale. Tiskovnu formu stavljamo na držač za formu. Na gumenu navlaku pomoću hvataljki pričvrstimo papir, te otpuštanjem kočnice dolazi do međusobnog dodira papira i tiskovne forme, odnosno, otiskivanja. Otiskivanje se može napraviti ručno ili pomoću padajućeg utega. [17]



Slika 3.6.: IGT A2 uređaj za otiskivanje

U svrhu ovog istraživanja, odabrani papiri su prethodno izrezani u trake dimenzija 24x250 mm. Otiskivanje se provelo zasebno na gornjoj (pustenoj) i donjoj (sitovoj) strani papira. Na IGT valjke za razribavanje, IGT pipetom doziralo se 0.6 cm³ roto boje koja se razribavala (2x4 minute). Zatim se na IGT tiskovne forme (aluminijски valjci širine 2 cm) boja nanosila u intervalu od 90 sekundi. Tisak se provodio ručnom brzinom (cca. 20 cm/s) pri pritisku od 600 N. Boja je na papir bila otisnuta u punom tonu.

Kako bi se odredio prijenos boje (engl. ink transfer) s tiskovne forme na pojedini papir, valjak s nanesenom bojom prethodno se vagnuo na preciznoj analitičkoj vagi, zatim se boja otisnula na papir korištenjem IGT A2 uređaja, te se tiskovna forma (valjak s bojom) ponovno vagnuo (nakon što je s njega određena količina boje otiskivanjem prešla na papir). Prijenos boje izražen u g/m² papira određen je prema formuli:

$$\text{Prijenos boje} = \frac{10\,000}{L \cdot W} \cdot (G_1 - G_2) \quad (3)$$

Gdje je: L = duljina otiska na papiru u cm

W = širina otiska na papiru u cm

G₁ = masa tiskovne forme s tiskarskom bojom prije otiska [g]

G₂ = masa tiskovne forme s tiskarskom bojom nakon otiska [g]

Izračun prijenosa tiskarske boje vrlo je bitan parametar za ovo istraživanje jer točna količina boje na papiru nije uvijek poznata. Pri radu s IGT uređajima moguće je s točnošću utvrditi debljinu filma boje na tiskovnoj formi, no ne i količinu boje koja će se s tiskovne forme prenijeti na papir. Izravno mjerenje količine boje na papiru nije moguće stoga se preporučuje koristiti ova metoda kako bi pomoću razlike u masama tiskovne forme prije i nakon otiskivanja mogli odrediti količinu prenesene boje. Općenito, prijenos boje na tiskovnu podlogu ovisi o mnogim čimbenicima koji vladaju u tisku: količini dozirane boje i njenoj viskoznosti, tiskovnom pritisku i brzini tiska, upojnosti i glatkosti tiskovne podloge. [18, 21]

Za utvrđivanje vremena sušenja roto boje na pojedinom papiru izrezalo se 40 traka za svaki korišteni papir. Za izradu kontraotiska korišten je specijalni sjajno premazani IGT papir KA APCO 2011. Boja se najprije otisnula na odabranu tiskovnu podlogu (novinski ili LWC papir) ručnom brzinom na IGT A2 uređaju koristeći tiskovnu formu širine 2 cm. Nakon toga, otisak se prekrio sjajno premazanim papirom te se pomoću čiste tiskovne forme širine 1 cm otisnuo kontraotisak na IGT A2 uređaju ručnom brzinom. Kontraotisci su rađeni u pet vremenskih intervala: neposredno nakon otiskivanja, 3 minute nakon otiskivanja, 7 minuta nakon otiskivanja, 15 minuta nakon otiskivanja te nakon 20 minuta od otiskivanja. Ispitivanje se provelo s jednim ponavljanjem za svaki odabrani interval kako bi se dobila što veća točnost mjerenja.

Određivanje optičke gustoće (D) dobivenih kontraotisaka provedeno je 24 sata nakon otiskivanja na spektrofotometru X-Rite DTP20. Navedeni spektrofotometar koristi se za mjerenje spektrofotometrijskih i denzitometrijskih vrijednosti, a primjenjuje se u Pulse ColorElite sistemu. Mjerenje se može provoditi u obliku stripa ili zasebnog polja. Također možemo ga primijeniti i u kontroli kvalitete tiska jer je sposoban za mjerenje pojedinačnih polja. Mjerenje se izvršilo tako da se na snop bijelih papira postavio otisnuti osušeni kontraotisak. Na njega smo postavili spektrofotometar i pomoću otvora na poklopcu odredili koji dio kontraotiska želimo izmjeriti. Klikom na denzitometar na računalu u programu ColorShop X dobivali smo rezultate svakog pojedinog mjerenja. Na izrađenim kontraotiscima za svaki pojedini vremenski interval sušenja, napravili smo po 10 mjerenja na različitim poljima duž kontraotiska kako bi što preciznije dobili vrijednosti optičke gustoće (D).[19]

Tablica 2 - Specifikacije Pulse spektrofotometra

Spektralni senzor	LIST tehnologija
Spektralni opseg mjerenja	400-700 nm
Ponovljivost	0.2 ΔE max \pm 0.01 D max
Brzina mjerenja	< od 2 sec za 30 polja
Interno instrumentsko slaganje	< 0.3 ΔE_{94} prosjek < 0.6 ΔE_{94} max
Mjerna geometrija	0° /45% ANSI / ISO 5.4.
Dimenzija/masa	6,1 x 6,1 x 13,2 cm/ 258g
Mjerni zaslon	3,2 mm promjer



Slika 3.7.: Spektrofotometar X-Rite DTP20 Pulse

3.3. Rezultati istraživanja

Tablica 3 prikazuje rezultate dobivene mjerenjem gramature, debljine i specifičnog volumena novinskog i magazinskog (LWC) papira. Gramatura papira dobivena je računskim putem izračunom aritmetičke sredine za izvršenih 20 mjerenja za svaku vrstu tiskovne podloge. Debljina papira određena je izračunom aritmetičke sredine dobivenih rezultata za 20 provedenih mjerenja po uzorku papira. Iz omjera dobivenih vrijednosti gramature i debljine, za svaki papir, izračunat je specifični volumen.

Tablica 3 - Rezultati ispitivanja gramature, debljine i specifičnog volumena tiskovnih podloga

VRSTA TISKOVNE PODLOGE	Gramatura (g/m²)	Debljina (mm)	Specifični volumen (cm³/g)
Novinski papir	44,57± 0,186	0,07±0,003	1,57
Magazinski (LWC) papir	59,13± 0,302	0,06± 0,002	0,95

Tablica 4 prikazuje rezultate određivanja glatkosti papira pomoću uređaja PTI-Line Bekk. Ispitivano je 10 uzoraka novinskog papira (5 s pustene i 5 sa sitove strane) i 10 uzorka LWC papira (5 s pustene i 5 sa sitove strane). Rezultati su izraženi u sekundama.

Tablica 4 – Rezultati ispitivanja glatkosti tiskovne podloge prema Bekku

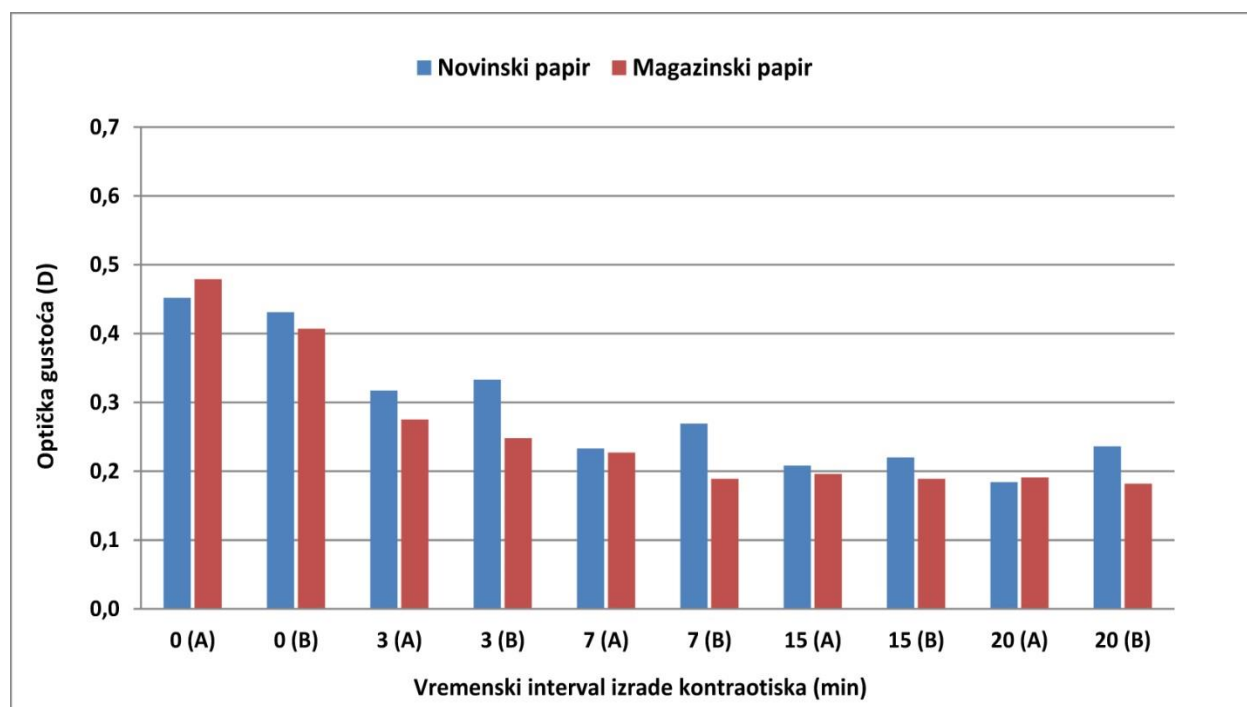
VRSTA TISKOVNE PODLOGE	Strana A Bekk (sekunde)	Strana B Bekk (sekunde)
Novinski papir	41,1 ±1,62	42,6 ± 2,18
Magazinski papir	558,6 ± 7,21	610,0 ± 16,04

U tablici 5 prikazani su rezultati određivanja prijenosa boje s tiskovne forme na pojedini papir. Rezultati su izraženi kao aritmetička sredina za dva provedena mjerenja za svaku stranu papira. Prijenos boje izražen je u g/m^2 papira.

Tablica 5 – Rezultati prijenosa boje izraženi u g/m^2

VRSTA TISKOVNE PODLOGE	Strana A	Strana B
Novinski papir	3,82 g/m^2	3,44 g/m^2
Magazinski (LWC) papir	4,00 g/m^2	3,21 g/m^2

Dijagramom na slici 3.8 prikazani su rezultati denzitometrijskih mjerenja gustoće obojenja kontraotisaka dobivenih za 5 različitih intervala sušenja otisnute roto boje (0, 3, 7, 15 i 20 minuta od otiskivanja). Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina 10 izvršenih mjerenja za svaki kontraotisak napravljen na otisnutoj A i B strani pojedinog papira.



Slika 3.8. Gustoća obojenja (D) kontraotisaka napravljenih na otisnutoj A i B strani novinskog i magazinskog papira za svaki vremenski interval sušenja boje

4. DISKUSIJA REZULTATA

Rezultati mjerenja prikazani u tablici 3 ukazuju kako je gramatura odabranih tiskovnih podloga iznosila $44,6 \text{ g/m}^2$ za novinski papir i $59,1 \text{ g/m}^2$ za magazinski (LWC) papir. Debljine odabranih papira bile su vrlo slične, tako je za novinski papir izmjerena debljina od svega 0,06 mm, dok je debljina magazinskog papira iznosila 0,07 mm. Voluminoznost odabranih papira kretala se oko $1,6 \text{ cm}^3/\text{g}$ za magazinski papir i $1 \text{ cm}^3/\text{g}$ za novinski papir.

Rezultati mjerenja glatkosti odabranih tiskovnih papira prikazani u tablici 4 ukazuju kako magazinski papir ima otprilike 15 puta veću glatkost od novinskog papira, što je i bilo za očekivati budući da je magazinski (LWC) papir obostrano premazani papir koji prema tome ima glađu površinu od strojno glačanog, pa time i hrapavijeg, novinskog papira. Rezultati također ukazuju da je kod oba papira strana B imala nešto veću glatkost od strane A.

Rezultati istraživanja prijenosa boje prikazani tablicom 5 ukazuju na to da za oba promatrana papira, A strana tiskovne podloge prima nešto više boje nego B strana tiskovne podloge iako je ta razlika vrlo mala. Takav rezultat korespondira s rezultatima izmjerene glatkosti papira koji su pokazali kako strana A za obje podloge ima nešto manju glatkost, pa time vjerojatno ima i veću prijemčivost za tiskarsku boju. Ako se promatra prosječna vrijednost prijenosa tiskarske boje određena na obje strane svakog papira, vidljivo je da oba papira primaju približno istu količinu boje koja iznosi $3,63 \text{ g/m}^2$ za novinski papir i $3,61 \text{ g/m}^2$ za magazinski papir.

Dijagramom na slici 3. prikazani su rezultati denzitometrijskih mjerenja optičke gustoće izrađenih kontraotisaka. Iz rezultata možemo zaključiti kako svaki kontraotisak ima različitu gustoću obojenja ovisno o proteklom vremenu sušenja tiskarske boje. Kontraotisci nastali preslikivanjem otisnute boje s novinskog papira u pravilu imaju veću gustoću obojenja od kontraotisaka nastalih preslikavanjem otisnutog magazinskog papira za sve promatrane vremenske intervale. Pri tome su na B strani novinskog papira postignuti ujednačeniji rezultati, u smislu da se može primijetiti kako su za sve vremenske intervale na otisnutoj B strani novinskog papira dobiveni kontraotisci veće optičke gustoće u usporedbi s onima koji su dobiveni na B strani magazinskog papira.

Iz svega navedenog možemo zaključiti kako boja brže suši na magazinskom papiru. Povećavanjem vremena za stvaranje kontraotiska može se primjetiti kako opada gustoća obojenja i to postupno, s tim da kod oba papira dolazi do bržeg početnog sušenja u prvih 7 promatranih minuta, a nakon toga dolazi do određene stagnacije u sušenju budući da je gustoća obojenja vrlo slična za sva ostala vremena sušenja (7, 15 i 20 minuta). Međutim iz ovih mjerenja možemo također zaključiti kako boja ipak suši vrlo sporo na obje tiskovne podloge. Kada bi boja u potpunosti odgovarala tiskovnoj podlozi tada bi otisci trebali biti suhi u roku od 10 do 20 minuta. Međutim, u ovom istraživanju i nakon 20 minuta i dalje postoje vrlo izraženi kontraotisci i to s dosta velikom gustoćom obojenja.

5. ZAKLJUČAK

Nakon istraživanja provedenog u laboratoriju pri zadanim uvjetima, došli smo do zaključka kako niti jedna od odabranih tiskovnih podloga nije pogodna za ovakvu tiskarsku boju. Razlog tome leži u činjenici kako odabrana roto boja ne suši dovoljno brzo ni na magazinskom niti na novinskom papiru. U prvih 7 minuta sušenja moguće je primijetiti kako boja u oba papira upija postupno (što je vidljivo iz smanjenja gustoće obojenja izrađenih kontraotisaka), no nakon 7 minuta sušenja, u ostalim promatranim vremenskim intervalima – gustoća obojenja kontraotisaka dalje ne opada, što znači da je boja nedovoljno suha. Kod optimalne kombinacije boje i tiskovne podloge nakon 20 minuta sušenja kontraotisci bi trebali imati vrlo malu optičku gustoću (optička gustoća kontraotisaka dobivenih od potpuno suhих otisaka nije nikad blizu vrijednosti 0 budući da se radi o roto boji koja suši prodiranjem u tiskovnu podlogu i na površini papira je vezana samo strukturom vlaknaca, pa se relativno lako otire). Moguće je da uzrok ovakvim negativnim rezultatima ne leži samo u odabiru boje, njejoj konzistenciji i sastavu, već i u pogrešno procijenjenom doziranju boje (prevelikoj količini boje stavljenoj na valjke za razribavanje) i prejakom tiskovnom pritisku.

6. LITERATURA

1. ***
http://materijali.grf.unizg.hr/media/TB_uvodno%20predavanje_2015_16.pdf /
Katedra za materijale u grafičkoj tehnologiji/ Nastavni materijali/ Uvodno
predavanje, preuzeto 10. svibnja 2016
2. ***http://materijali.grf.unizg.hr/media/TB_koloranti.pdf /Katedra za materijale u
grafičkoj tehnologiji/ Nastavni materijali/ Koloranti, preuzeto 10. svibnja 2016
3. ***http://materijali.grf.unizg.hr/media/punila_cadje_bronce.pdf / Katedra za
materijale u grafičkoj tehnologiji/ Nastavni materijali/ Punila, preuzeto 10.
svibnja 2016
4. ***<http://materijali.grf.unizg.hr/media/Veziva%20TB.pdf> / Katedra za
materijale u grafičkoj tehnologiji/ Nastavni materijali/ Veziva, preuzeto 10.
svibnja 2016
5. Franjić P. (2013) Utjecaj starenja na mehanička i optička svojstva otisaka
dobivenih offsetnim bojama, Završni rad, Grafički fakultet
6. Šarić M. (2013) Tribološka ispitivanja otisaka nastalih u revijalnom tisku i tisku
promo materijala, Završni rad, Grafički fakultet
7. ***[http://materijali.grf.unizg.hr/media/REOLOGIJA_opca%20svojstva%20TB
%20\[Compatibility%20Model\].pdf](http://materijali.grf.unizg.hr/media/REOLOGIJA_opca%20svojstva%20TB%20[Compatibility%20Model].pdf) /Katedra za materijale u grafičkoj tehnologiji/
Nastavni materijali/ Reologija, preuzeto 24. svibnja 2016
8. ***<http://materijali.grf.unizg.hr/media/susenje%20TB.pdf> /Katedra za materijale
u grafičkoj tehnologiji/ Nastavni materijali/ Sušenje tiskarskih boja, preuzeto 24.
svibnja 2016
9. ***https://www.hdm-stuttgart.de/projekte/printing-inks/p_gerdry.htm
/Dryingofprintingink
10. Jamnicki S. (2004) Veziva tiskarskih boja, Diplomski rad, Grafički fakultet
11. ***[http://moodle.srce.hr/2014-
2015/pluginfile.php/194237/mod_resource/content/1/Predavanje7i8.pdf](http://moodle.srce.hr/2014-2015/pluginfile.php/194237/mod_resource/content/1/Predavanje7i8.pdf)
/Merlin2014./2015. / Tiskovne forme/ Nastavni materijali / 7 i 8 predavanje
plošni tisak, preuzeto 16. veljače 2015

12. ***http://app.eva-sms.com/claroline/claroline/work/user_work.php?cmd=exDownload&authId=262&assigId=9&workId=518&cidReset=true&cidReq=OTS1516 /EVA-SMS v3.0 /Kontrola kvalitete novinskog tiska, Seminarski rad, Grafički fakultet, preuzeto 14. lipnja 2016
13. ***http://materijali.grf.unizg.hr/media/TB_visoki_offset-1.pdf /Katedra za materijale u grafičkoj tehnologiji/ Nastavni materijali/ Boje za visoki i offset tisak, preuzeto 14. lipnja 2016
14. ***<http://materijali.grf.unizg.hr/media/vjezba%20br%202.pdf> /Katedra za materijale u grafičkoj tehnologiji/ Nastavni materijali/ Opća svojstva papira, preuzeto 27. lipnja 2016
15. ***<http://materijali.grf.unizg.hr/media/vjezba%203.pdf> /Katedra za materijale u grafičkoj tehnologiji/ Nastavni materijali/ Svojstva površine papira, preuzeto 27. lipnja 2016
16. Golubović A. (1993). Svojstva i ispitivanje papira, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
17. ***<http://materijali.grf.unizg.hr/media/Susenje%20roto%20boje.pdf>/Katedra za materijale u grafičkoj tehnologiji/ Nastavni materijali/ Sušenje upijanjem u tiskovnu podlogu, preuzeto 27. lipnja 2016
18. ***<http://www.igt.com.sg/application/ink-transfer> / IGT Testingsystems /preuzeto 30.lipnja 2016
19. Matošević M. (2009) Utjecaj esperimentalnih nanosa electroinka na gamutkolorne reprodukcije, Diplomski rad, Grafički fakultet
20. Tomaš A. (2001) Optimizacija odabranih parametra u sustavu novinskog offset tiska, Magistarski rad, Grafički fakultet
21. Puceković, N., Hooimeijer, A., Lozo, B. (2015). Cellulosenanocrystalscoating – A novel paper coating for use in thegraphic industry. *Acta graphica : znanstveni časopis za tiskarstvo i grafičke komunikacije*, 26(4), 21-26.]

7. POPIS SLIKA, GRAFOVA, TABLICA, JEDNADŽBI

7.1. Popis slika

Slika 2.1. Shematski prikaz sastava tiskarske boje (str. 2)

Slika 2.2. Shematski prikaz mehanizma sušenja tiskarskih boja (str. 9)

Slika 2.3 Prikaz praha između dva otisnuta arka (str. 11)

Slika 2.4. Princip otiskivanja u offsetnom tisku (str. 13)

Slika 3.1. Analitička vaga na za mjerenje gramature papira (str. 17)

Slika 3.2. Uređaj za mjerenje debljine papira Mikrometar- elektronički ručni mikrometar (str. 18)

Slika 3.3 Uređaj za mjerenje glatkosti papira PTI-Line Bekk (str. 19)

Slika 3.4. IGT pipeta za doziranje tiskarske boje (str. 20)

Slika 3.5. IGT uređaj za razribavanje tiskarske boje (str. 21)

Slika 3.6. IGT A2 uređaj za otiskivanje (str. 21)

Slika 3.7. Spektrofotometar X-Rite DTP20 Pulse (str. 24)

Slika 3.8. Gustoća obojenja (D) kontraotisaka napravljenih na otisnutoj A i B strani novinskog i magazinskog papira za svaki vremenski interval sušenja boje (str. 26)

7.2. Popis tablica

Tablica 1 - Karakteristike uređaja PTI-Line Bekk (str. 20)

Tablica 2 - Specifikacije Pulse spektrofotometra (str. 24)

Tablica 3 - Rezultati ispitivanja gramature, debljine i specifičnog volumena tiskovnih podloga (str. 25)

Tablica 4 - Rezultati ispitivanja glatkosti tiskovne podloge prema Bekku (str. 25)

Tablica 5 – Rezultati prijenosa boje izraženi u g/m^2 (str. 26)

7.3. Popis jednadžba

Jednadžba 1 – Gramatura papira (str. 17)

Jednadžba 2 – Specifični volumen (str. 18)

Jednadžba 3 – Prijenos boje (str. 22)

