

# Mehanička otpornost UV otisaka u ispisu velikog formata

---

**Nježić, Đorđe**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:202372>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GRAFIČKI FAKULTET U ZAGREBU**

**ZAVRŠNI RAD**

Đorđe Nježić



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

**Smjer: Tehničko - tehnološki**

# **ZAVRŠNI RAD**

**Mehanička otpornost UV otisaka u ispisu velikog formata**

Mentor:

Doc. dr. sc. Sonja Jamnicki

Student:

Đorđe Nježić

Zagreb, 2015.

# SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 1.1 . Cilj rada.....  | 2  |
| 2. TEORIJSKI DIO.....   | 3  |
| 2.1. Inkjet u ispisu velikog formata .....  | 3  |
| 2.2. Princip rada Inkjet pisača .....   | 4  |
| 2.3. Kontinuirani Inkjet.....   | 7  |
| 2.4. Kapanje na zahtjev (Drop on demand) .....  | 9  |
| 2.4.1. Termalni Inkjet .....  | 9  |
| 2.4.2. Elektrostatski Inkjet.....   | 10 |
| 2.4.3. Piezoelektrični Inkjet .....   | 14 |
| 2.4.4. Piezoelektricitet i Piezoelektrični efekt .....                                | 16 |
| 2.5. Boje u ispisu velikog formata.....   | 16 |
| 2.5.1 Solventne boje.....   | 17 |
| 2.5.2. UV sušeće boje .....   | 18 |
| 2.5.3. Sastav UV sušećih boja.....  | 20 |
| 2.5.4. Konvencionalne UV boje .....   | 24 |
| 2.5.5. UV vodene boje .....   | 25 |
| 2.5.6. Fotopolimerizacija.....  | 26 |
| 3. EKSPERIMENTALNI DIO.....   | 27 |
| 3.1 Plan rada i metodologija istraživanja .....                                       | 27 |
| 3.2. Korišteni materijali i strojevi .....  | 27 |
| 3.2.1. Tiskovne podloge – papiri.....   | 27 |
| 3.2.Tiskarski stroj - QS 3200.....  | 28 |
| 3.3. Korišteni uređaji i metode.....  | 27 |
| 3.3.1. Određivanje glatkosti odabranih tiskovnih podloga .....                        | 27 |
| 3.3.2. Ispitivanje otpornosti otisaka prema abraziji (test otiranja, struganja) ..... | 28 |
| 3.4. Rezultati istraživanja .....   | 30 |
| 3.4.1. Rezultati ispitivanja glatkosti papira metodom po Bekk-u .....                 | 33 |
| 3.4.2. Otiranje.....  | 34 |
| 3.4.3. Struganje .....  | 36 |
| 4. DISKUSIJA REZULTATA .....  | 36 |
| 5.0. ZAKLJUČAK.....   | 38 |
| 6.0. LITERATURA .....   | 39 |
| 7. POPIS SLIKA I TABLICA.....   | 45 |
| 6. PRILOG .....   | 46 |
| 6.1. UV Boja Material Safety Data Sheet .....   | 46 |
| 6.2. Certifikat.....  | 46 |

## SAŽETAK

Upotreba UV sušećih boja u grafičkoj industriji predstavlja relativno novu tehnologiju koja se radi svojih prednosti implementirala u sve tehnike tiska. Njezine višestruke prednosti se ostvaruju u vidu brzine i kvalitete tiska, kao i ekološki prihvatljivih karakteristika.

U radu je ispitana mehanička otpornost UV sušećih boja otisnutih na različitim papirnim tiskovnim podlogama. Otiskivanje se izvršilo na stroju za ispis velikog formata – EFI QS 3200, pri čemu su se koristili premazani papiri, gramatura u rasponu 80-200 g/m<sup>2</sup>. Otiskivanje se provodilo varirajući četiri stupnja sušenja, odnosno četiri stupnja jakosti UV lampi. Tako dobiveni otisci ispitali su se na postojanost prema abraziji. Eksperiment je obuhvatio ispitivanja otpornosti otisaka prema otiranju (*engl. rub test*) te otpornosti otisaka prema struganju (*engl. scratch test*).

Rezultati su ukazali da otisci pokazuju najbolju mehaničku otpornost nakon sušenja pri srednjim vrijednostima jakosti UV lampi, ali i da je potrebno prilagoditi stupanj sušenja nanosu tiskarske boje i tiskovnoj podlozi.

Ključne riječi: UV sušeća boja, printer, otisak, otiranje, struganje

## 1. UVOD

Povijest ekonomskog razvoja, razvoja znanosti, tehnike i tehnologije ispunjena je mnogim otkrićima koje ujedno predstavljaju prijelomne točke ukupnog razvoja ljudskog društva. Upravo te prijelomne točke čine ishodište s još jačim intenzitetom cjelokupnog razvojnog procesa kao složenog i dinamičkog sustava. U takovoj karakteristici razvoja ogleda se i dinamika promjena, počevši od prve industrijske revolucije sredinom 18. stoljeća, pa sve do današnjih dana kada se snažno ilustrira materijalizacija ljudskog znanja, a pogotovo u proizvodnji. Ovo se odvija u pravcu sve većeg stvaranja bogatstva kao objektivne nužnosti koja ide za tim da fizički ljudski rad svede na najmanju moguću mjeru.

Sada se ekonomske epohe ne razlikuju po tome što se radi, nego kako se radi i koja se sredstva pri tome koriste. Mjera ukupnog razvoja ljudskog društva se ogleda u brzini protoka vremena od ideje nekog proizvoda, pa do njegove realizacije u praksi. (Tako je na primjeru fotografskog aparata od ideje do realizacije bilo potrebno čak 120 godina, a za integrirani krug, koji je daleko složeniji proizvod, trebalo je svega tri godine. Tendencija skraćivanja toga vremena je i dalje prisutna u neslućenim razmjerima). Sukladno razvoju ukupne znanosti, tehnike i tehnologije i grafička djelatnost je svoj razvoj temeljila na zasadama ukupnih svjetskih postignuća. Znano je da su počeci tiskanja vezani za izum prvog tiskarskog stroja Johannesa Gutenberga što se dogodilo u 15. stoljeću na prijelazu 1447 na 1448. godine., mada je poznata činjenica da je mehanička reprodukcija pisanih tekstova bila poznata već u 8. stoljeću u Kini.

Razvoj grafičke djelatnosti počevši od klasičnog tiska (slagarstvo, offset, bakrotisak ...), pa do digitalnog tiska, trebao je proći dugi razvojni put. Paralelno s razvojem tehnike tiska, rasla je i potreba za tisak u različitim bojama, a svaka tehnika vrlo je kompleksan proces koji za tisak koristi različite strojeve, kako po konstrukciji i po brzini, tako i po tiskovnoj formi. Cilj krajnjeg rezultata tiska i dorade je što vjernije reproducirati dizajnerski uradak ili original u odgovarajući grafički proizvod.

Različiti tiskarski procesi uvjetuju uporabu i tiskarskih boja različitih svojstava koji odgovaraju konkretnoj tiskarskoj tehnici i tiskovnoj podlozi. Boja, kao grafički input u tiskarskoj proizvodnji, a posebno UV sušeća boja, njena osjetljivost, čvrstoća i stabilnost, kao i postojanost i otpornost je predmet ovoga rada.

## **1.1 . Cilj rada**

U neposrednoj praksi uporabe tiskarskih proizvoda pokazala se opravdanost i nužnost utvrđivanja otpornosti otiska UV sušećih boja prema mogućnostima njihovog otiranja i mehaničkog oštećenja struganjem. Svojstvo dobre otpornosti prema abraziji naročito je važna kod onih tiskarskih proizvoda koji su više izloženi fizičkom oštećenju, bilo kod neposredne uporabe, bilo kod transporta.

Cilj rada je upravo taj, da se ispitivanjem utvrdi otpornost otisnute UV boje na različitim vrstama papirnatih tiskovnih podloga kako bi se dobili pokazatelji kojima bi se osigurala potrebna čvrstoća boje i njena otpornost na mehanička oštećenja.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Inkjet u ispisu velikog formata

Ispis velikog formata spada u sastavni dio grafičke industrije koji u potpunosti prati razvoj tehnologije i tržišta. Početak 1990-tih godina kada je informatizacija industrije dosegla razinu u kojoj su se računala ne samo implementirala u proizvodnju već postala njezin neophodan element, možemo smatrati početkom



Slika 1. Spectra Printhead [1]

ere tiska velikog formata. Inkjet tehnika nanošenja boje na podlogu poznata je još od 1950-tih godina i ona je također doživjela svoj procvat krajem prošlog stoljeća. Jedna varijanta tehnike ispisa u inkjet tehnologiji bazira se na piezoelektričnom efektu koji pokazuju određeni keramički i stakleni kristali u doticaju s električnom strujom gdje mijenjaju oblik i samim time omogućuju ispaljivanje kontrolirane količine boje. Kapljice boje izlaze kroz otvore koje se nalaze na glavi printera i nazivaju se mlaznice ili „nozlovi“ (*engl. nozzle*). Veličina otvora pojedine mlaznice utječe na kvalitetu tiska, promjer varira od 5 pa do 500 mikrona, odnosno minimalno 4 piko litre ispaljene boje s kojih se postiže foto razlučivost otiska. Piezoelektrična metoda se pokazala najefikasnijom u ovoj tehnici tiska jer pruža kontrolu oblika i veličine pojedine kapljice boje. Glava printera najčešće sadrži 128 ili 256 u liniji raspoređenih mlaznica zaduženih za nanos određene boje, čest je slučaj da istu boju ispaljuje i 5 glava kako bi se postigla

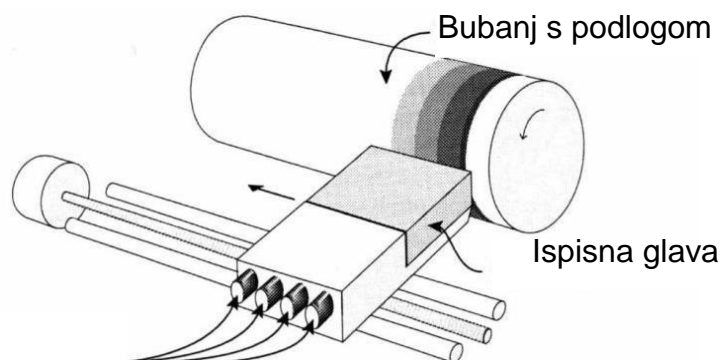


što veća brzina tiska uz visoku kvalitetu otiska. Najjednostavnijim riječima printer možemo opisati kao binarni uređaj u kojem osnovne boje cyan, magenta, yellow i black (neki modeli printera uz navedene boje koriste i light varijante istih) u određenom trenutku tiskaju (ON) ili ne tiskaju (OFF) i tako tvore sliku na podlozi.

## 2.2. Princip rada Inkjet pisača

U teoriji, Inkjet je vrlo jednostavan način otiskivanja. Pritom jedna ispisna glava formira i ispušta kapljice boje direktno na tiskovnu podlogu. Podaci koji se ispisuju pomoću Inkjet glave će primijeniti boju iz spremnika i distribuirati je na papir. Međutim u praksi, tehnologija Inkjet-a je komplicirana i njena konstrukcija zahtjeva mnogo sitnih dijelova. Današnji DTP (Desktop To Publishing) printeri imaju glave koje sadrže između 300 i 600 mlaznica od kojih je svaka kao i ljudska vlas, odnosno promjera oko 70 mikrona.

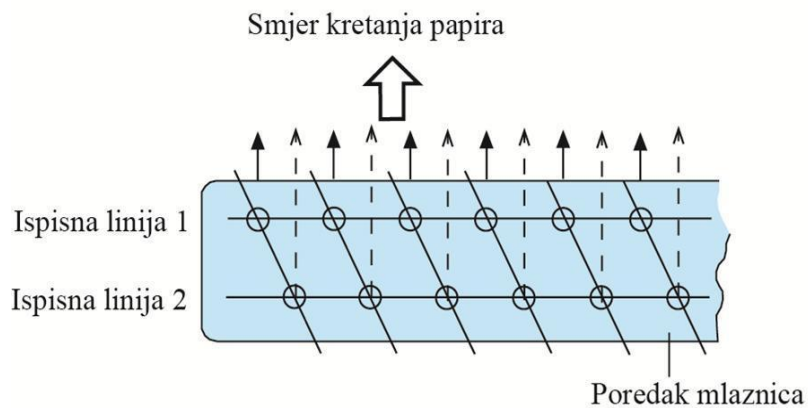
Oslobođene kapljice boje će se iz mlaznice emitirati direktno na površinu tiskovne podloge koja je neophodna za formiranje buduće slike. Tijek otiskivanja izvodi se tako da ispisna glava pisača prelazi preko tiskovne podloge u skenirajućem modu (lijevo - desno), dok se tiskovna podloga kreće prema naprijed. Kada je otisak otisnut podloga se izbacuje na izlagaču ladicu, a u stroj se ulaže novi arak papira. Kako bi pisač imao veću brzinu u isto vrijeme ispisna glava ne tiska samo jedan red piksela već nekoliko njih. [2]



Slika 2. Princip rada DTP Inkjet-a [2]

Izvedba Inkjet pisača može se okarakterizirati brzinom ispisa i rezolucijom. Brzina ovisi o frekvenciji kapanja i intervalu između dvije uzastopno formirane kapljice. Na običnom pisaču potrebno je oko pola sekunde da se ispiše jedna linija na tiskovnoj podlozi.

Ako je standardna veličina papira A4 (širina 21cm), pisači će pri rezoluciji od 300 dpi formatirati minimalno 2475 kapljica po dužini stranice. Brzina se naravno može povećati dodavanjem broja ispisnih glava ili mlaznica. Četverbojno Inkjet otiskivanje izvodi se pomoću glave s 96 mlaznica (rezolucija od 300 dpi). Unatoč znatno većem razmaku između mlaznica (500 mikrometara), moguće je formirati manji razmak između otisnutih rasterskih elemenata (84 mikrometara). To se postiže zakošavanjem reda mlaznice za kut od 10 stupnjeva u odnosu na smjer tiska (slika 3). [3]



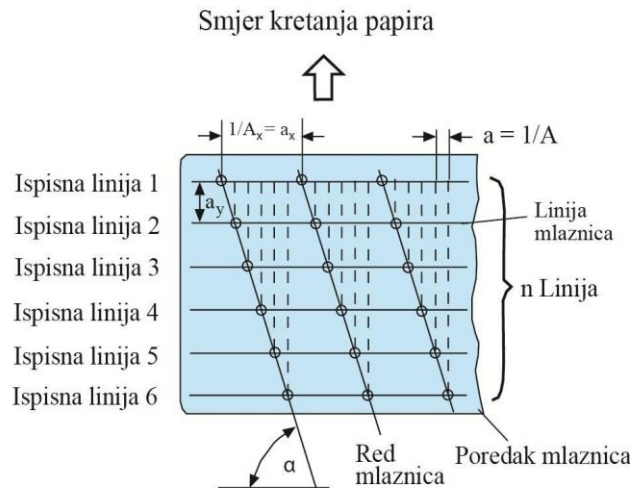
*Slika 3. Prikaz zakošenja reda mlaznica [3]*

Pojedinačna linija za ispis može proizvesti rezoluciju od 240 dpi (sa 256 mlaznica po ispisnoj glavi). Pri tom je širina zone ispisa oko 27 mm. U slučaju da pojedinačna ispisna linija ostvaruje nižu rezoluciju (od 180 dpi) sustav obavezno ima više nizova (linija), pri čemu je moguće u tisku koristiti i do 512 mlaznica. Viša razlučivost može se postići distribucijom ovih modula jedan iza drugog, stvarajući pri tome veću širinu ispisa (slika 4). [3]

Rezolucija otiskivanja ovisi o formiranom volumenu kapljice. Što je manji volumen kapljice, veća je rezolucija otiska. Volumen kapljice određen je promjerom mlaznice i dužinom trajanja impulsa. Pri tome je vrlo važna i tiskovna

podloga na koju se tiska. Do različitog raspršivanja i nekontroliranog razlijevanja boje doći će ovisno i o interakciji boja – tiskovna podloga. Također je važno naglasiti da će na rezoluciju utjecati i tip dokumenta (softverski program koji se koristi pri postavkama na računalu i sl.).

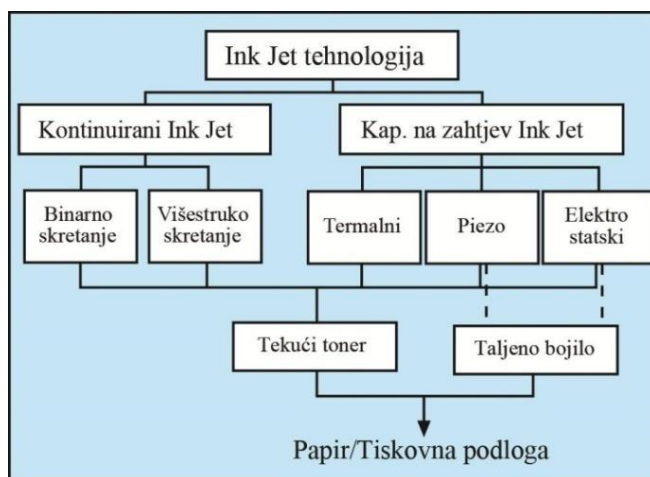
Nedostatak Inkjet otisaka se najčešće uočava u ne otpornosti boje na vlagu i nepostojanost boje na svjetlo. Kod profesionalnih pisača taj problem riješen je specijalnim tiskovnim podlogama, što čini otisak mnogo skupljim.



Rezolucija poretka:  $A = A_x \cdot n$  (točno 600 dpi )  
 $\tan \alpha = (n-1) \cdot a_y \cdot A_x$   
 $A_x$  Rezolucija linije (točno 100 dpi )  
 $n$  Broj linija (točno 6 )  
 $a_y$  Razmak između linija

*Slika 4. Prikaz parametara koji utječu na formiranje ispisne glave rezolucije od 600 dpi [3]*

Inkjet otiskivanje je implementirano u mnoge sfere društva. Pri tome se misli na mnoge aplikacije za koje se može primijeniti. Uglavnom, Inkjet se dijeli u dvije osnovne grupe: kontinuirani Inkjet i Inkjet koji kapa na zahtjev. Trenutni pregled Inkjet tehnologija otiskivanja vidljiv je na slici 5. Princip kapanja na zahtjev se uglavnom koristi kod uredskih i kućnih pisača. Kontinuirani Inkjet je mnogo brži te se zbog toga koristi u industrijske svrhe (označavanje i probno otiskivanje). [2]



Slika 5. Shematska podjela Inkjeta [3]

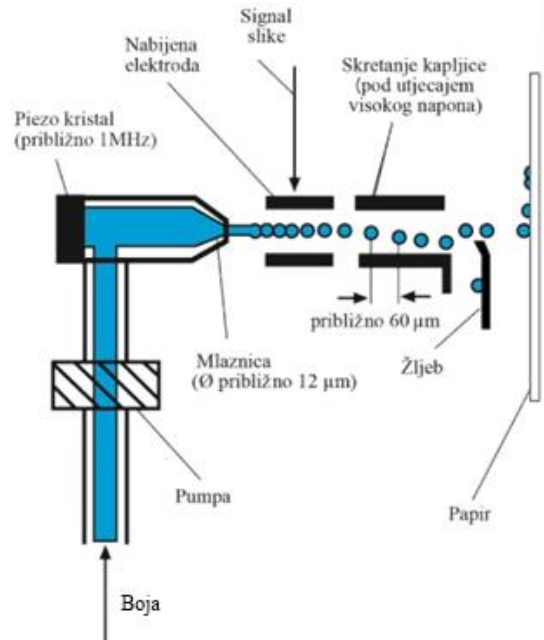
### 2.3. Kontinuirani Inkjet

Kao što sama riječ kaže, kontinuirani Inkjet konstantno izbacuje kapljice boje iz glave pisača. Tijekom otiskivanja kapljice koje se formiraju putuju ili prema tiskovnoj podlozi ili u žlijeb iz kojeg se boja vraća natrag u sistem. Visoka frekvencija izbacivanja kapljica čini kontinuirani Inkjet pogodnim za jako brzo otiskivanje, te pogodnim za aplikacije kao što su na primjer obilježavanje datuma proizvodnje, datuma isteka roka upotrebe ili kodova i serijskih brojeva.

Za kontinuirani Inkjet bilo je potrebno razviti boje koje se mogu prilagoditi tiskovnoj podlozi i proizvodnom procesu. Princip rada kontinuiranog Inkjet-a je baziran na tehnologiji koja omogućuje stvaranje visokofrekventnog kapljičnog mlaza (slika 6). Pumpa vodi boju iz rezervoara u jednu ili više malih mlaznica, koje konstantno izbacuju kapljice na frekvenciji od 50 kHz do 1 MHz (uz pomoć vibrirajućeg piezoelektričnog kristala).

Veličina kapljice i interval ispuštanja ovisi o promjeru mlaznice, viskozitetu boje, površinske napetosti boje i frekvencije pobude. Kapljice prolaze kroz set elektroda koje nabijaju određenu kapljicu u skladu sa signalom slike koju računalo generira. Zatim, kapljice prolaze kroz skretnicu koja uz pomoć elektrostatskog polja otklanja one kapljice koje trebaju ići na tiskovnu podlogu,

dok preostale kapljice vraća u žlijeb. Nabijene kapljice tako mijenjaju smjer i izlaze u žlijeb s odvodnim kanalom, dok ne nabijene kapljice završavaju na površini tiskovne podloge.



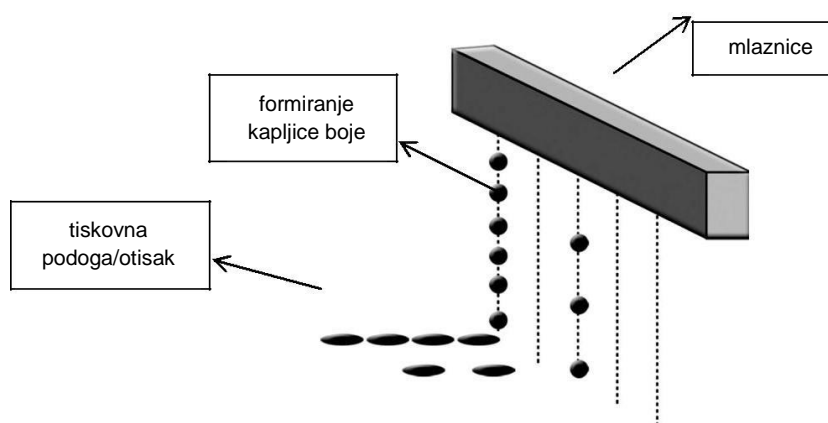
Slika 6. Princip rada kontinuiranog Inkjet-a [3]

Karakteristike kontinuiranog Inkjet principa su: frekvencija kapanja od oko 1 MHz, volumen kapljica od 4 pl, promjer kapljica od 20 µm, brzina kapljica od 40 m/s. Prednosti te tehnologije su ne postojanje kontakta između glave za otiskivanje i budućeg grafičkog proizvoda, što rezultira mogućnošću otiskivanja i na zakrivljenim površinama. Ulaganje potrošnog materijala ne uzrokuje zastoje u proizvodnji, a sama je oprema vrlo pouzdana, i nema mehaničkih dijelova koji se s vremenom troše. Brzine otiskivanja su vrlo velike, a mogu se otiskivati stalni ili promjenjivi podaci (serijski brojevi i vrijeme proizvodnje). [3]

Nedostaci ove tehnike otiskivanja su relativno niska rezolucija (otprilike 300 dpi-a), visoki zahtjevi za održavanje te percepcija da ima loš utjecaj na okoliš (zbog otapala u sastavu boje koje lako hlapi). Također, boja mora biti električki nabijena što ograničava samu primjenu ovakve tehnike. Ipak, uz osiguranje svih uvjeta zaštite na radu, to je sigurna tehnologija koja će se dugo zadržati na tržištu.

## 2.4. Kapanje na zahtjev (Drop on demand)

Za razliku od kontinuiranog Inkjet-a, tehnologija “kapanja na zahtjev” (engl. drop-on-demand) generira kapljice onda kada su potrebne. Kod kapanja na zahtjev koristi se veliki broj mlaznica, i one istiskuju točno onoliko kapljica koliko je potrebno. U mikro komorama su smješteni elektronički elementi koji su direktno spojeni s računalom za generiranje slike, što osigurava preduvjet za formiranje kapljica. Dakle, kapljice boje nanose se samo na određeno područje tiskovne podloge u točno određenom trenutku (slika 7). [4]



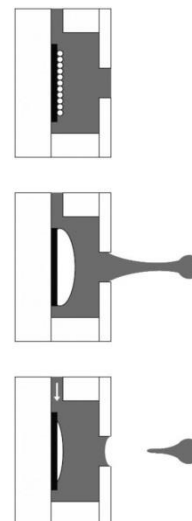
Slika 7. Princip rada Inkjet kapanja na zahtjev [4]

Trenutno se primjenjuju tri vrste Inkjet-a koje rade principom na zahtjev. To su: termalni Inkjet, elektrostatski Inkjet, i piezoeletrični Inkjet.

### 2.4.1. Termalni Inkjet

U termalnom Inkjet procesu zagrijava se tekuća boja koja se nalazi u mikro komori. Zagrijavanjem boja prelazi u plinsko stanje, nakon čega se određena količina boje izbacuje iz mlaznica. Dakle, kapljice boje nastaju djelovanjem kratkog i preciznog pulsiranja toplinske energije (temperatura do 350°C). Toplina nastaje kad električni signal aktivira grijač koji će uzrokovati isparavanje boje te formiranje plinskog mjehura. Kao rezultat ovakvog sistema je stvaranje mjehurića vodene pare, otkud i dolazi naziv „Bubble Jet“ (engl. bubble - mjehurić). Prestankom zagrijavanja mjehurić nestaje, kapljica se odvaja te kapilarna sila usisava svježu boju u komoru s mlaznicom. Formiranje kapljice termalnog Inkjeta prikazano je na slici 8.

- a) Zagrijavanje grijača na temperaturu do 350°C ( $t = 3 \mu\text{s}$ )
- b) Isparavanje boje, formiranje mjehura i kapljice boje, istiskivanje boje iz mlaznice ( $t = 3-10 \mu\text{s}$ )
- c) Prestanak zagrijavanja komore, odvajanje kapljice boje, kapilarana sila usisava novu boju u mlaznicu ( $t = 10-30 \mu\text{s}$ )



*Slika 8. Formiranje kapljice tehnologijom termalnog Inkjet-a [5]*

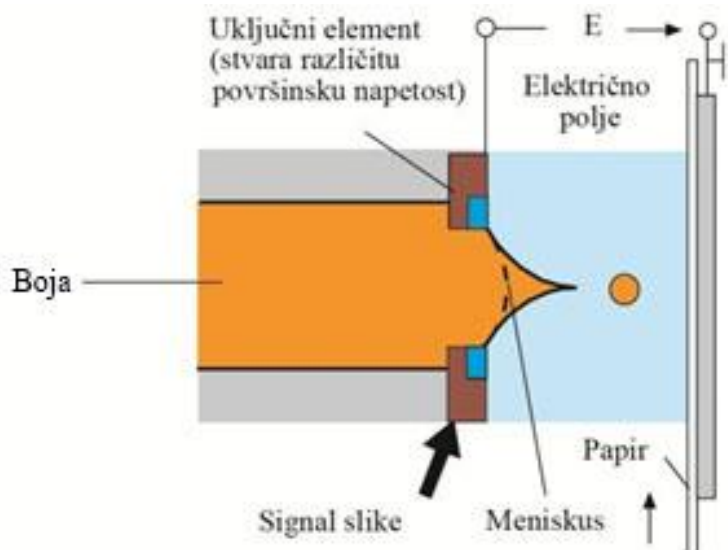
Karakteristike klasičnog termalnog Inkjet-a su: frekvencija kapanja od 5 do 8 kHz, volumen kapljica od 23 pl, dijametar kapljica od 35  $\mu\text{m}$ . Termalna ispisna glava ima brzinu ponavljanja veću od 100.000 kapljica u sekundi. Boje za termalni Inkjet se moraju brzo mijenjati (zagrijavati i hladiti). Zagrijavanjem moraju brzo postići temperaturu vrelišta te formirati mjehurić, te stoga moraju biti otporna i stabilna na velike temperaturne promjene.

Otapala u boji ostvaruju optimalno vrijeme sušenja ali i povećavaju apsorpciju čime se sprečava izbjeljivanje boje na poroznim i premazanim tiskovnim podlogama. [3]

#### **2.4.2. Elektrostatski Inkjet**

Elektrostatski Inkjet je druga varijanta „drop on demand“ Inkjet procesa. Trenutno postoje tri različite varijante elektrostatskog Inkjet-a: elektrostatski Inkjet temeljen na Taylorovu efektu, elektrostatski Inkjet s kontroliranim prstenastim grijačem i mist elektrostatski Inkjet. Iako su konstrukcijski različiti zajedničko svima je formiranje električnog polja koje će djelovati između ispisne glave i tiskovne podloge. Formiranje kapljice boje elektrostatskim Inkjet-om može se vidjeti na slici 9.

Kapljice boje nastaju uslijed formiranog napona ostvarenog od strane vršne elektrode. Pri tom će na vrhu mlaznice doći do smanjivanja površinske napetosti koja će osloboditi kapljicu. Takve kapljice usmjeravaju se kroz električno polje sve do tiskovne podloge. U stanju kada nema djelovanja električnog polja na otvoru mlaznice formira se minijturni meniskus. Aktiviranjem električne struje oslobađa se kapljica koja se usmjerava prema električki provodljivoj podlozi. S povećanjem napona povećava se i volumen kapljice boje.



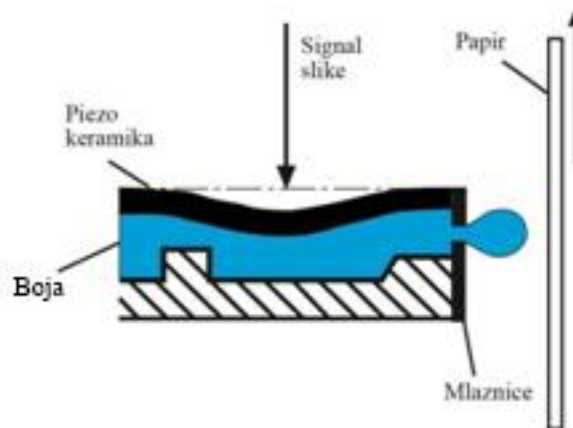
Slika 9. Formiranje kapljice u elektrostatskom Inkjet-u [3]

### 2.4.3. Piezoelektrični Inkjet

Piezoelektrični Inkjet je danas najčešće korištena digitalna tehnologija Inkjet otiskivanja. U grafičkoj industriji prvi otisci nastali pomoću piezo Inkjet-a počeli su se koristiti oko 1990. godine. U sustavima piezo Inkjet-a, kap je generirana kao rezultat promjene volumena unutar komore s bojom zbog piezoelektričnog efekta (slika 10). To je omogućeno ugradnjom piezo kristala (polarizirajućeg materijala) koji mijenja oblik odnosno volumen djelovanjem električnog napona. Prestankom djelovanja napona piezo kristal vraća se u prvobitni oblik, dolazi do nastajanja podtlaka a samim time i do izbacivanja kapljice kroz mlaznicu. Dobivena kapljica jednaka je deformaciji piezo kristala tj. volumenu, koji će



osigurati novo punjenje mlazne komore. Drugim riječima, ovisno o vrsti i veličini deformacije ovisiti će i veličina buduće kapljice.



*Slika 10: Shematski prikaz rada Piezo Inkjet-a [3]*

Karakteristike piezo Inkjet principa otiskivanja su: frekvencija kapanja od 10 do 20 kHz, volumen kapljica od 14 pl, promjer kapljica od 30  $\mu\text{m}$ . Boje koje se koriste u piezo Inkjet-u imaju slična fizikalna svojstva kao i ostale boje koje se koriste za tehnologije kapanja na zahtjev. Piezo Inkjet koristi rijetke boje dinamičke viskoznosti između 1 i 10 mPa·s. Međutim, u piezo Inkjetu moguće je primjeniti i taljive boje. Ono će mijenjati agregatno stanje iz krutog u tekuće pri temperaturi  $T=150^{\circ}\text{C}$ . Pri tom početna površinska napetost iznosi 40 N/m dok je viskoznost 40 cP. [3]

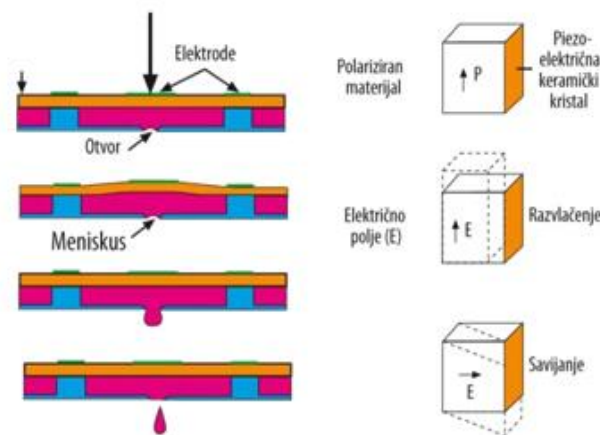
Osnovne komponente takve piezo boje su pigment i vezivo. Vezivo je građeno od polimera koji su zaduženi za regulaciju temperaturne viskoznosti. Polimeri u vezivu su na bazi masnih kiselina, prirodnih i sintetičkih smola. To su spojevi male molekularne mase koji su bitni za regulaciju temperature taljenja. Nanesena boja na tiskovnu podlogu suši se hlađenjem rastaljene boje, njegovim skrućivanjem i prihvaćanjem za podlogu. Inkjet boje na bazi otapala imaju mogućnost prihvaćanja i na neupojne tiskovne podloge jer suše samo hlađenjem. Istu mogućnost prihvaćanja na neupojne podloge nude i brzосуšeće UV Inkjet boje koja polimeriziraju gotovo trenutačno pod utjecajem UV svjetla. Formirani nanos Inkjet boja na tiskovnoj podlozi ovisi o tipu boje te je obično debljine oko 0,5  $\mu\text{m}$ . Kako bi se postigle kvalitetnije reprodukcije u piezo Inkjet-u, potrebno je koristiti specijalne tiskovne podloge. One posjeduju

veću površinsku napetost, pri čemu ne dolazi do efekta “površinskog mrljanja”. Nedostaci dobivenih otisaka tom tehnologijom mogu se primijetiti kao nedovoljna otpornost na svjetlo, vlagu i temperaturu. Prilikom ovog principa otiskivanja ne djeluje se na kemijski sastav kapljice, što daje mogućnost korištenja različitih tipova boja.

#### 2.4.4. Piezoelektricitet i Piezoelektrični efekt

U piezo Inkjetu izbacivanje kapljice boje generirano je mehaničkim pomakom piezo keramike unutar mlazne komore. Piezoelektricitet je sposobnost posebnih kristala, određenih keramika i bioloških tvari (kosti, DNK) da generiraju električno polje i električnu potencijalnu energiju, kao odgovor na primjenu mehaničkih naprezanja. Samim time vrijedi i suprotnost, da se uslijed djelovanja napona na takvim materijalima događaju mehanička naprezanja. [5-6]

1880.-ih godina, Jacques i Pierre Curie otkrili su neobičnu sklonost pojedinih kristalnih minerala, dok se tijekom mehaničkog naprezanja kristali električki polariziraju. Pojava stvaranja električnih naboja na površini čvrstog tijela prilikom njegove deformacije naziva se piezoelektrični efekt.

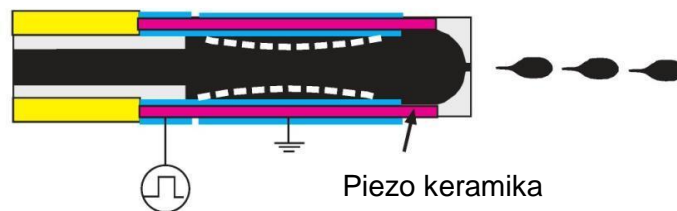


Slika 11. Princip nastajanja kapljice bojila kod piezoelektričnog Inkjeta [3]

Piezoelektrični materijali idealni su za male električke sustave gdje se pod utjecajem električnog impulsa mijenja geometrija materijala, a da volumen ostaje isti. Većina DTP Inkjet pisara koristi piezo tehnologiju za ispis te

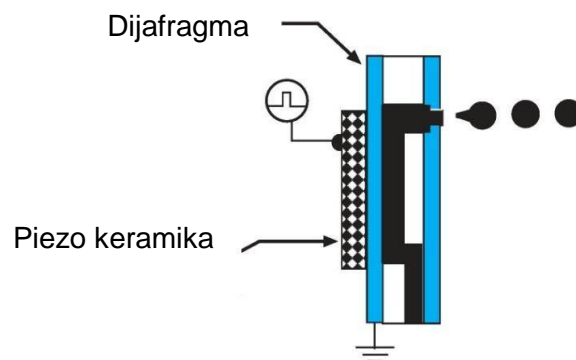
stvaranje kapljice boje na papiru. Postoje različite mogućnosti geometrijskih konfiguracija. To su: istiskajući Inkjet, savijajući Inkjet, gurajući Inkjet i smicajući Inkjet. Na nanos boje se može isključivo utjecati povećanjem frekvencije titranja piezoelektričnog materijala. Time će veći broj kapljica na površini otiska rezultirati većim nanosom boje. Ovisno o načinu pomaka piezokeramike (deformacije), piezo Inkjet tehnologiju možemo podijeliti na četiri glavne vrste: istiskajući način rada piezo Inkjet-a, savijajući način rada piezo Inkjet-a, gurajući način rada piezo Inkjet-a i smicajući način rada piezo Inkjet-a.

Istiskajući Inkjet (*engl. Squeeze-mode*) je konstruiran tako da sadrži tanku cijev koju okružuje piezokeramika. Tako je cijela mlaznica zajedno sa piezokeramičkom cjevčicom zatvorena u plastici i spojena sa kanalom za dovod bojila (slika 12.). [7]



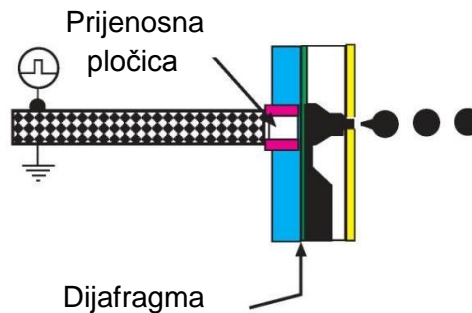
Slika 12. Istiskajući način rada piezo Inkjet-a [7]

U tipičnom savijajućem načinu (*engl. Bend-mode, slika 13.*) piezokeramičke ploče su vezane za membranu i čine niz elektromehaničkih pretvarača koji se koriste za izbacivanje kapljica boje. Takve ispisne glave primijenjene su kod pisača: Tektronixs, Phaser 300 i 350 i Epson Stylus Color 400, 600, 800. [7]



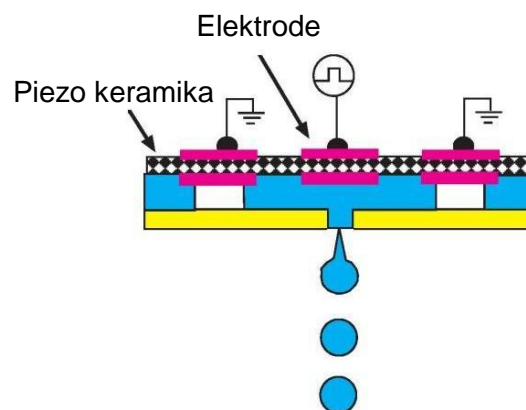
Slika 13. Savijajući način rada piezo Inkjet-a [7]

U gurajućem (*engl. Push*) načinu rada piezokeramika se širi te tako gura boju van komore (slika 14.). Uspješna implementacija gurajućeg Inkjet-a nalazi se u ispisnim glavama tvrtki kao što su Dataproducts, Trident i Epson.



Slika 14. Gurajući način rada piezo Inkjet-a [7]

U sustavima piezo Inkjeta najčešće se ipak koristi tzv. smicajuća keramika (*engl. Shear mode*) s odgovarajućim električnim kontrolorom. U tom načinu rada volumen piezoelektričnog materijala ostaje nepromijenjen, dok se samo geometrija mijenja. Postoje razne opcije za različite geometrijske konfiguracije postavljanja mlaznica i sustava mlaznica baziranih na ovom principu. Smicajući model deformira piezo keramiku istiskujući boju, što ima za posljedicu izbacivanje kapljice. Interakcija između boje i piezo keramike je jedan od ključnih dijelova kod dizajna ispisnih glava sa smicajućom keramikom. Tvrtke kao što su Spectra i Xaar pioniri su u dizajnu *shear-mode* ispisnih glava. [7]



Slika 15: Smicajući model piezo Inkjet-a [7]

## 2.5. Boje u ispisu velikog formata

Mnoge drevne kulture diljem svijeta neovisno su otkrili i formulirani tinte za potrebe pisanja i crtanja. Poznavanje boja, njihove recepte i tehnika za njihovu proizvodnju i primjenu dolaze iz arheološke analize ili iz pisanog teksta. Povijest kineske tinte može se pratiti unatrag do 23. stoljeća prije Krista, koristili su prirodne biljne pigmente (biljne boje), te one porijeklom iz životinja i minerala. Početak korištenja takvih materijala, kao i grafita, koji su se miješali s vodom i primjenjivali sa spremnicima s četkicama možemo smatrati početkom ere tiskarstva. Razvojem kemije, kao i same tehnologije razvijao se i ovaj segment ljudske djelatnosti. U modernom dobu čovjek je specijalizirao i usavršavao boje prema njihovim primjenama, tehnikama u kojima se koriste kao i prema cijeni koja definira brzinu, kvalitetu i cijenu proizvoda za koje se koriste.

Postoji nekoliko vrsta boja koje se koriste u ispisu velikog formata. One se prvenstveno razlikuju po kemijskom sastavu i građi što uvjetuje njihova svojstva i sa samim time njihovu cijenu i primjenu. U nekoj osnovnoj podjeli boje za inkjet tisak možemo podijeliti na tri osnovne skupine, a to su:

- Inkjet boje kojima je voda otapalo (*engl.* water solvent base inkjet inks)
- Inkjet boje koje ne koriste vodu kao otapalo (*engl.* non-water solvent base inkjet inks),
- UV sušeće inkjet boje.

Boje koje ne koriste vodu kao otapalo, kao primarno sredstvo najčešće koriste ulje ili alkohol, te pokazuju odlična svojstva na vodootpornost kao i na UV zračenje. U primjeni su znatno skuplje i opasnije za korištenje jer sadržavaju toksične elemente, te su vrlo zapaljive. Glave printera moraju biti prilagođene za ovu vrstu boja kako bi se spriječilo uništavanje mlaznica.



*Slika 16. Stolni Inkjet printer [8]*

Dok su boje koje kao bazu koriste vodu više *user-friendly* jer nisu zapaljive, te imaju široku primjenu na stolnim pisačima i uredima, naravno, manje su štetne za okoliš. Glave printera koji koriste ovu vrstu boja su znatno kraćeg roka upotrebljivosti (zatvaranje mlaznica) i otisak pokazuje slabu otpornost na UV zračenje što uzrokuje izbljeđivanje u nekoliko tjedana.

### **2.5.1 Solventne boje**

U ne tako dalekoj prošlosti (1990-tih godina), uvođene jeftinih otapala u grafičku industriju otvorio je tržište za inkjet ispis velikog formata koji se primarno koristi za vanjsku primjenu.



*Slika 17. Hard solventna boja [9]*

Ova vrsta proizvoda se počela masovno koristiti u širokom spektru proizvođača boja i strojeva, koji međusobno moraju biti kompatibilni. Te boje sadrže estere glikola koji se dobivaju iz mineralnih ulja, te su teško obnovljivi i samim time štetni za okoliš. Boje na bazi *solventa* (tj. otapala) se koriste u *sign making* industriji, za proizvodnju i izradu materijala koji se primjenjuju u *outdoor* aplikacijama. Kriteriji koje moraju zadovoljiti su otpornost na izbljeđivanje, grebanje i UV zrake. Postoje dvije osnovne skupine solventnih boja, a to su:

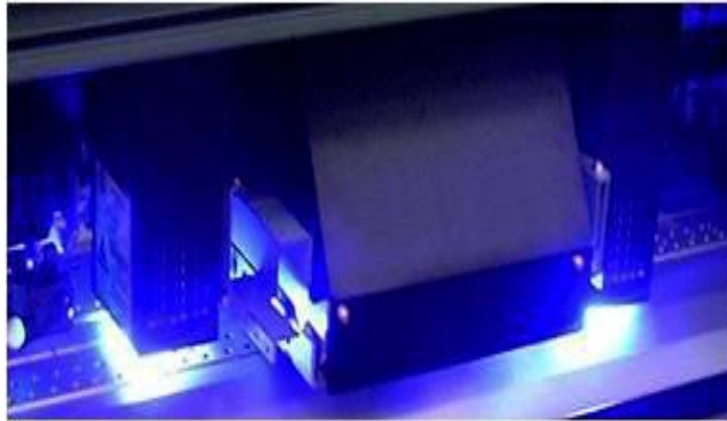
- *hard solvent* boja (brzo se suši i omogućuje izdržljivost otiska, ali je vrlo štetna za okoliš,
- *eco solvent* boja (sporije se suši, nešto je kraćeg vijeka trajanja i manje je štetna za okoliš.

Solventnu boju sačinjavaju pigment koji daje određeno obojenje, smola koja omogućuje da se ta boja nanese na površinu na koju se tiska i tekućinu prenosnika (otapalo) koje održava pigment i boju u tekućem stanju i koje ishlapi u procesu sušenja. Različite solventne boje sadrže različite tekućine prenosnika (otapala) o čijim svojstvima ovisi dali se radi o *eco* ili *hard solventnoj* boji. Sve vrste boja na bazi *solventa* isparavaju u procesu sušenja. Prednost *eco solventa* je ta što manje isparava u odnosu na *hard solvent*, te ne zahtjeva posebno reguliranu ventilaciju, dok radi sporijeg sušenja traži više temperature grijača na strojevima. *Hard solventna* boja se generalno smatra najizdržljivijom za vanjsku primjenu, dok *eco solventna* boja zadovoljava željene standarde za širok spektar proizvoda.

### **2.5.2. UV sušeće boje**

Prednosti UV boja i sustava za sušenje su dobro poznate. Mogućnost da se proizvedu otisci izuzetno dobre kvalitete, brzo i uz niske troškove izrade, koristeći kemikalije koje su maksimalno prilagođene zahtjevima za zaštitu okoliša, predstavlja jak argument u prilog bilo kojeg procesa tiska. UV

tehnologija tiska nudi sve ovo i još mnogo više. Realizacija punog potencijala procesa UV tiska, međutim, predstavlja obavezu postizanja i održavanja najviših standarda kvalitete tokom čitavog procesa proizvodnje. Karakteristike koje rad s UV proizvodima čine tako obavezujućim mogu predstavljati izazove čak i za najiskusnije eksperte iz područja tiska.



*Slika 18. UV print carriage [11]*

UV piezzo printeri koriste boje koje se suše uz pomoć UV-svjetla. Rezultat je ispis koji je vodootporan, blago izbočen i dosta kolorističan. Moguće je koristiti gotovo sve dostupne materijale za tisak, ali materijali na bazi polimera daju najbolje rezultate. Također je moguće tiskati i na sve dostupne materijale kao npr. keramiku, staklo, metale, drvo i slično. Tisak baziran na UV sušećim bojama se višestruko razlikuje od konvencionalnih tehnika tiska. Finalni proizvod tj. nanos boje na određenu površinu, je isti kao i u drugim tehnikama, dok se proces sušenja odvija u potpuno drugačijoj okolini. Kao što je već ranije rečeno, solventne boje hlape u zrak i djelomično apsorbiraju u podlogu, a UV boje se suše fotomehničkim procesom (fotopolimerizacijom). Kada se boja izloži UV svjetlu, one se prvo pretvaraju u tekućinu, zatim pastu i na kraju postaju tvrde na podlozi. Taj efekt ima višestruke prednosti kao npr. smanjeno hlapljenje organskih otapala u okoliš, te se boja može osušiti na raznim neporoznim materijalima kao što je plastika, metali i dr.

UV boje pružaju vrhunsku kvalitetu ispisa, te njena fizikalna svojstva. Potrebno je imati na umu da za vrijeme mirovanja stroja moramo mlaznice na glavi



printera prekriti kako bi spriječili začepljenje. Sastav UV boja možemo raščlaniti na sljedeće komponente:

- fotoinicijatori; koji u interakciji sa UV svjetlom očvršćuje boju,
- monomeri
- oligomeri,
- bojila,
- aditivi.

Kemijski fotoinicijatori su osjetljivi na UV zračenje koje im mijenja kemijsko strukturalne veze formirajući grupe slobodnih radikala. Mala količina vrućine od infracrvenih komponenti u UV lampama ubrzavaju polimerizaciju, te umrežavanje molekula smole i slobodnih radikala. UV inkjet tehnologija je novi napredak u svijetu digitalnog tiska i ima nevjerojatno široku primjenu i 2D i 3D aplikacijama. Ona mijenja tradicionalne metode tiskanja, te će i dalje napredovati i doprinosti grafičkoj industriji uz ekološki prihvatljive boje.

### **2.5.3. Sastav UV sušćih boja**

UV boje predstavljaju radikalni iskorak u odnosu na tradicionalnu tehnologiju tiska bazirane na upotrebi boja na bazi organskih otapala i one zahtijevaju nove radne procedure. U ovom poglavlju dat je pregled vrsta UV boja koje su trenutno raspoložive na tržištu i biti će opisano kako se one suše (tj. pretvaraju od tekućine u sloj očvrstnute boje). Najprije, neophodno je ustanoviti karakteristike koje definiraju UV boje. Te karakteristike su:

- UV boje sadrže vrlo malo ili nimalo organskih otapala
- UV boje se ne mogu »sušiti« na klasičan način (one će se transformirati iz tekućeg u čvrsto agregatno stanje samo ako su izložene visoko koncentriranom ultraljubičastom zračenju)

Da bi se bolje shvatilo kako UV boje »funkcioniraju«, korisno je izvršiti usporedbu ovih boja s tradicionalnim bojama na bazi organskih otapala, s kojima su mnogi grafičari već dobro upoznati.

#### **2.5.4. Konvencionalne UV boje**

Konvencionalne UV boje su također proizvedene od polimernih smola, koje osiguravaju osnovu boje i njene prijanjajuće karakteristike. Polimerne smole su u ovom slučaju različite od onih koje se koriste kod boja na bazi otapala; one su u obliku viskoznih oligomera koji su poznati i pod imenom »reaktivne smole«. Primjeri oligomera koji se upotrebljavaju za izradu konvencionalnih UV boja su epoksi-akrilat, poliestar-akrilat i uretan-akrilat.

**Monomeri** (reaktivna otapala) koriste se za razrjeđivanje oligomera do viskoznosti koja je pogodna za upotrebu u tisku. U ovom smislu, monomeri obavljaju istu funkciju koju kod tradicionalnih boja imaju otapala. Monomeri su kemikalije koje ne samo da razrjeđuju boju, već utječu na karakteristike prijanjanja na podlogu, kao i površinske karakteristike (tvrdoću, fleksibilnost itd.) očvrstnute boje.

**Fotoinicijatori** su ključ procesa sušenja, odnosno očvršćivanja UV boja. Oni se ponašaju kao svojevrsna "svjetlosna antena", apsorbirajući ultraljubičasto zračenje i inicirajući proces očvršćivanja boje. Različite vrste fotoinicijatora reagiraju na različite valne dužine ultraljubičastog zračenja. Iz tog razloga, kombiniranje različitih vrsta fotoinicijatora je uobičajena praksa u formuliranju boja, kako bi se osiguralo efikasno očvršćivanje boje.

**Pigmenti** obavljaju istu funkciju kao i oni koji se koriste kod boja na bazi otapala (nositelji su obojenja).

**Aditivi** u UV bojama, obavljaju slične funkcije kao i oni koji se koriste kod boja na bazi otapala.

Konvencionalne UV boje sadrže malo ili nimalo otapala, te stoga se ne mogu osušiti i očvrstnuti njegovim isparavanjem. Ako materijal otisnut UV bojom propustite kroz topli zrak, boja će ostati mokra. Da bi boja prešla iz tekućeg u čvrsto agregatno stanje, mora se izložiti djelovanju ultraljubičastog zračenja.

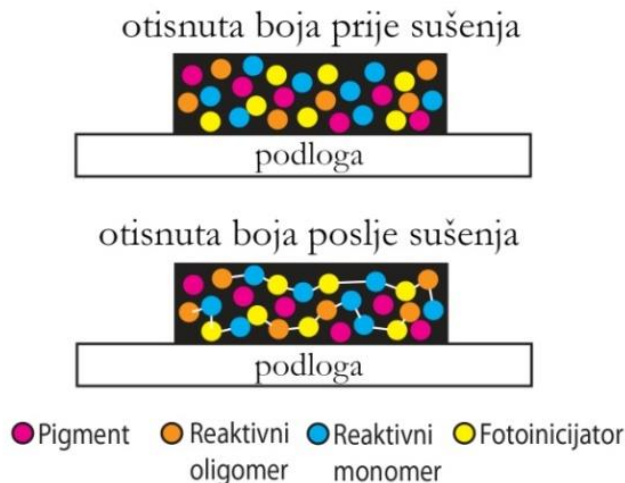
Ovo se postiže propuštanjem otisnute površine ispod UV lampe koja emitira UV energiju. Kada UV zračenje dođe u kontakt sa otisnutom površinom, ono izaziva brzu kemijsku reakciju tokom koje se različiti kemijski sastojci u UV boji međusobno povezuju. Ovo takoreći trenutno izaziva očvršćivanje boje i pretvara je u čvrsti film.

Spomenuti proces međusobnog povezivanja komponenata UV boja pod djelovanjem UV zračenja poznat je pod nazivom »fotopolimerizacija«. Konvencionalne UV boje nazivaju se još i proizvodi koji stopostotno očvršćavaju. Kako nema otapala koji isparava, sva boja koja se otisne na podlogu ostaje u sloju očvrsnute boje.

#### **2.5.5. UV vodene boje**

UV vodene boje koriste sličnu kemiju kao i konvencionalne UV boje, uz jednu važnu razliku: dio njihovog sadržaja monomera zamijenjen je vodom. Kao i monomeri, voda djeluje kao otapalo, ali ne igra nikakvu ulogu u određivanju konačnih osobina osušenog filma boje. Sistemi UV boja na vodenoj osnovi često se nazivaju "hidrofilni" (koji upijaju, odnosno kojima je potrebna voda), što znači da je sadržaj vode u bliskoj vezi s molekularnom strukturom same boje. UV boje na vodenoj osnovi su proizvedene tako da osiguravaju smanjenu debljinu filma boje u usporedbi sa konvencionalnim UV bojama. Debljina filma boje je jedna od najvažnijih osobina koja utiče na ponašanje boje tokom procesa sušenja, odnosno očvršćivanja, a ograničavanje debljine sloja boje je osnovna pretpostavka za dobivanje visokog kvaliteta završnog izgleda tiskane boje, pogotovo u procesu četverbojne tiska sa UV bojama.

## 2.5.6. Fotopolimerizacija



Slika 19. Fotopolimerizacija

Kada se UV boja izloži korektnom intenzitetu i valnoj dužini UV zračenja, fotoinicijatori u boji se »aktiviraju«. Fotoinicijatori prolaze kroz kemijsku reakciju, cijepajući se na molekularnom nivou, čime se oslobađaju »slobodni radikali«. Oni reagiraju sa oligomerima i monomerima u boji i izazivaju ubrzanu reakciju međusobnog povezivanja molekula (polimerizaciju) u formu stabilnog čvrstog polimera. Kada jednom započne, lančana reakcija unutar boje se vrlo brzo razvija i nastavlja sve dok se svi sastojci u boji međusobno ne povežu. U tom trenutku, tekuća boja je pretvorena u čvrsti sloj i kaže se da je osušena, odnosno očvrštnuta. Boja odmah očvršne do točke gdje je moguće slagati otiske na hrpu bez opasnosti od međusobnog sljepljivanja. Međutim, iskustva govore da sve UV boje imaju određeni period naknadnog očvršćivanja tokom koga se proces polimerizacije potpuno završava. Vrijeme naknadnog očvršćivanja varira od 5 minuta do 24 sata, u zavisnosti od sastava boje. Izvjesni aditivi za boje, kao što su modifikatori adhezije, mogu također utjecati na dužinu vremena naknadnog očvršćivanja. Tokom perioda naknadnog očvršćivanja može dolaziti do promjena u adhezijskim karakteristikama i tvrdoći očvrštnulog sloja boje. Kemijska reakcija koja se odvija tokom procesa fotopolimerizacije je nepovratna. Kada se jednom oligomeri i monomeri međusobno povežu, oni prestaju biti reaktivni i postaju stabilni. [20]

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

#### **3.1 Plan rada i metodologija istraživanja**

Unutar ovog rada ispitana je otpornost UV otisaka na otiranje (*engl. rub test*). Svi uzorci su prije ispitivanja klimatizirani u standardnim uvjetima prema ISO 187 standardu ( $23 \pm 1$  °C,  $50 \pm 2\%$  relativne vlažnosti zraka). Otiskivanje se izvršilo na različitim papirnatim tiskovnim podlogama (papiri različite debljine i gramature) kojima je prije samog tiska određena glatkost metodom po Bekk-u. Test ispitivanja otpornosti otisaka na otiranje proveden je na tribometru Hanatek kod kojeg se koristi sustav rotacije disk na disk, gdje se pod gornji, manji disk stavlja ispitivani otisak, a na donji, veći disk bijeli nepremazani offsetni papir. Ispitivanje je provedeno uz prethodno definiran pritisak i broj okretaja (otiranja). Uzorci su dodatno ispitani i na otpornost prema struganju (*engl. scratch test*). Nakon završenog ispitivanja uzorci su vizualno procijenjeni pod standardnim dnevnim svjetlom (Illuminant D 65) u za to prilagođenom Macbeth Judge II uređaju koji predstavlja jedinstveni sustav za vrednovanje boja, a pruža pet različitih izvora svjetlosti. Rezultati istraživanja prikazani su u tablicama pomoću kojih je provedena njihova usporedba te je na koncu donesen zaključak istraživanja.

#### **3.2. Korišteni materijali i strojevi**

##### **3.2.1. Tiskovne podloge – papiri**

Za otiskivanje su odabrane tri vrste premazanih papira, koje se najčešće koriste u ispisu velikog formata. Blueback papir ( $80\text{g/m}^2$ ) koji se koristi za jumbo plakate i fototapete, Citylight papir ( $120\text{g/m}^2$ ) kao standardni plakatni papir i sjajni ( $200\text{g/m}^2$ ) foto papir najčešće korišten za visoku kvalitetu otisaka. U tablici 1. prikazane su osnovne karakteristike odabranih tiskovnih podloga (gramatura i debljina).

Tablica 1. Specifikacija korištenih papira

| Papir             | Gramatura (g/m <sup>2</sup> ) | Debljina (μm) |
|-------------------|-------------------------------|---------------|
| Blueback          | 90                            | 145           |
| Citylight         | 120                           | 160           |
| Sjajni foto papir | 200                           | 180           |

### 3.2. Tiskarski stroj - QS 3200

VUTEK® QS3200 UV spada u najnoviju generaciju printera u ispisu velikog formata sa High-Definition Print (HDP) tehnologijom u visoko produktivnim brzinama ispisa. Jedna od glavnih karakteristika ovog printera je vrlo brza izmjena načina rada s tiska na pločaste materijale na materijale u roli.

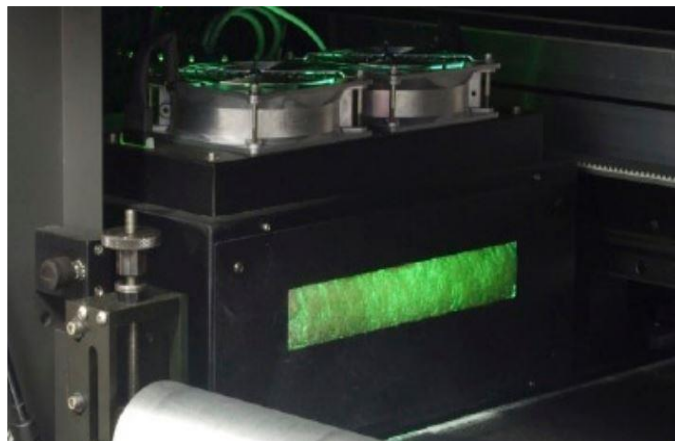


Slika 20. QS 3200 [19]

Dolazi u 2 modela različite maksimalne širine ispisa, 200 cm i 320 cm. Brzina i kvaliteta ispisa varira ovisno u vrsti proizvoda i njegovoj namjeni, podržane rezolucije su 540 dpi i 1080 dpi u osmero i četverbojnom načinu rada. Uz osnovne CMYK boje posjeduje dodatne kanale za light magentu, light cyan, light black i light yellow boju, te deveti kanal za bijelu boju. Maksimalna brzina rada pri 540 dpi u *heavy smoothing* (step, odnosno pomak materijala) je 42 m<sup>2</sup>/h, a u *light smoothing* 84 m<sup>2</sup>/h. Kod 1080 dpi u *heavy smoothing* je 21 m<sup>2</sup>/h,

a u light smoothing 42 m<sup>2</sup>/h. U obje varijante veličina kapljice boje (*engl. droplet*) iznosi 30 pikolitara, koje omogućuje 24 ispisnih glava (*engl. printheads*) Seiko SPT 510, gdje su po kanalu instalirane po 3 glave sa 1536 mlaznica po boji. Okvirna cijena novog printera je 400 000\$.

Na glavi printera su postavljene 2 UV živine lampe čiji rad se može kombinirati u tri načina rada: *single* (suši samo stražnja lampa), *double* (suše obje lampe) i *post* (suši samo prednja lampa). Uglavnom se koristi, kao i za potrebe ovog istraživanja, varijanta sušenja s obje lampe (*double*). Postoje četiri stupnja sušenja niski stupanj - *low* (20%), srednji stupanj - *medium* (40%), visoki stupanj - *high* (60%) i maksimalni stupanj sušenja - *maximum* (100%). U prosjeku radni vijek lampi je od 800 do 1000 radnih sati. Lampe se hlade pomoću ventilatora, te se u 5 minuta dovoljno ohlade da se mogu primiti rukom.



Slika 21. UV lampe [19]

EFI VUTEK QS Series UV boja je specijalno formulirana za korištenje u stroju EFI VUTEK QS3200 na širokom spektru aplikacija i podloga. Osušena boja ima izrazita fleksibilna obilježja što omogućuje i do 100% rastezljivosti. Time je idealna za tisak na naljepnice koje se apliciraju na zakrivljene površine. Bitno je dodati da same karakteristike osušene boje zadovoljavaju sve zahtjeve vanjske primjene te ju ne treba dodatno laminirati. Druga generacije UV boja od EFI™ je sasvim nova generacija UV boja dizajnirana da ostvari maksimalnu učinkovitost koja značajno poboljšava kvalitetu ispisa i brzinu sušenja, sa što manje štetnog

utjecaja na ljude i radno okruženje. Prilagođena je za vrlo velik spektar podloga koje ne zahtijevaju pripremu prije puštanja u rad. [19]

### 3.3. Korišteni uređaji i metode

#### 3.3.1. Određivanje glatкости odabranih tiskovnih podloga

Ispitivanje glatкости papira prema TAPPI standardu T479 provedeno je na uređaju PTI-Line Bekk (slika 22). Uređaj je namijenjen mjerenju glatкости papira i sličnih materijala prema Bekk metodi. Upravljanje uređajem vrlo je jednostavno zahvaljujući zaslonu osjetljivom na dodir. Ispitivanje se provodi tako da se uzorak stavlja na staklenu pločicu iznad koje se nalazi mjerna glava, s ispitivanom stranom prema dolje. Pritiskom na tipku start na uzorak se spušta mjerna glava pritišćući uzorak na staklenu pločicu masom od 10 kg.



*Slika 22. Uređaj PTI-Line*

Potom se, pomoću vakuumskih pumpi, isprazni spremnik za zrak do ciljanog tlaka od 50.7 kPa. Ovisno o hrapavosti ispitivanog uzorka, preostali zrak između površine papira i staklene pločice-uisisava se u spremnik- sve dok tlak ne padne na 48.0 kPa. Vrijeme potrebno da se usiše potrebni volumen zraka (10 ml) kako bi se postigao tlak u spremniku od 48.0 kPa- mjeri se sekundama. Uređaj posjeduje jednu mjernu glavu za ispitivanje glatкости papira i sličnih



materijala prema navedenim standardima. Sadrži integrirano računalo i zaslon za grafički prikaz rezultata. Uređaj je automatiziran i može raditi s 3 različita volumena zraka: 10 ml (1/1), 1 ml (1/10), 0.5 ml (1/20). Instrument daje rezultate s točnošću od 0.01 sekundi, a mjerenje se izvodi na mjernom području veličine 10 cm<sup>2</sup>. Ovim se ispitivanjem određuje glatkost površine papira dok se on nalazi pod umjerenim pritiskom. Ispitivanje se izvodi, prema TAPPI standardu T 479, na 5 uzoraka (najmanjih dimenzija 50 x 50 mm) sa svake strane (donje- sitove i gornje- pustene). Broj glatkosti prema BEKKu izražava se u sekundama. Što je taj broj veći to je površina papira glađa. Kod nekih papira radijalno strujanje zraka može negativno utjecati na rezultat. [21, 22, 23]

Tablica 2. Tehničke karakteristike uređaja PTI-Line Bekk

|                       |                             |
|-----------------------|-----------------------------|
| Električni priključak | 110 - 230 V / 50 - 60 Hz    |
| Priključak vode       | Ne                          |
| Komprimirani zrak     | 400 - 600 kPa               |
| Dimenzije             | (v) 27 x (š) 68 x (d) 60 cm |

### 3.3.2. Ispitivanje otpornosti otisaka prema abraziji (test otiranja, struganja)

Test otiranja proveden je nakon isteka od minimalno 8 dana od tiska kako predlaže standard BS 3110. Za ispitivanje otpornosti otisaka prema otiranju po standardu BS 3110 korišten je uređaj Hanatek RT4 Rub and Abrasion Tester. [23]

To je uređaj pomoću kojeg se određuje otpornost suhog otiska na skidanje sloja boje uslijed trenja, koje nastaje trljanjem ispitivanog otiska i nekog drugog materijala. Temeljni dio tribometra Hanatek čine dva diska različitih polumjera koji su cijelom površinom u dodiru. Pogonjeni elektromotorom diskovi rotiraju istim kutnim brzinama. Tijekom ispitivanja se ispitivani uzorak (otisak) i bijeli offsetni papir nalaze na diskovima, a tlak među njima je reguliran postavljanjem

utega različite mase na gornji disk. Boja koja se uslijed trljanja skida s površine otisaka prenosi se na bijeli offsetni papir. Tlak koji djeluje na uzorke iznosi 0.5, 1.0 i 2.0 p.s.i. (*engl. pound per square inch*), što u SI sustavu iznosi 3.5, 6.9 i 13.8 kPa. Cijev s dovodom zraka (fen) skida čestice prašine s uzorka tijekom ispitivanja. Nakon određenog broja okretaja/otiranja (20, 40) uređaj se zaustavlja. Uzorke i papire za otiranje nakon otiranja vizualno procjenjujemo kako bi odredili je li otpornost na otiranje zadovoljavajuća ili ne. Procjena se obavlja usporedbom prijenosa tiskarske boje s ispitivanog uzorka na offsetni papir za otiranje.

Istim uređajem možemo ispitati i otpornost prema struganju (*engl. scratch test*), kao i otpornost otisaka, boja i lakova prema različitim otapalima (*engl. solvent test*), sapunima, uljima i slično. Prilikom ispitivanja otpornosti otisaka prema struganju, standardni gornji disk presvučen spužvastim materijalom zamjenjuje se specijalnim diskom koji na svojoj površini posjeduje znatno abrazivniji materijal - žičanu spužvicu. Tijekom izvođenja testa žičana spužvica struže po otisnutom materijalu, a po završetku se otisak vizualno procjenjuje. Ovakav test provodi se najčešće u svrhu procjene otpornosti lakova i premaza koji se apliciraju na otisnuti materijal prema abrazivnom trošenju kojemu su ambalažni otisci izloženi tijekom transporta. [23, 24, 25]



Slika 23. Uređaj Hanatek Rub and Abrasion Tester [24]

Tablica 3. Tehničke karakteristike Hanatek uređaja

|           |                                |
|-----------|--------------------------------|
| Standardi | BS 3110                        |
| Tlak      | 0.5, 1.0 i 2.0 p.s.i.          |
| Brzina    | 60 RPM                         |
| Težina    | 10 kg maksimum                 |
| Dimenzije | (v) 420 x (š) 350 x (d) 250 mm |

Važno je napomenuti da se prvom metodom prati prijenos tiskarske boje na podlogu za otiranje - bijeli papir, dok drugom metodom pratimo promjene obojenja i oštećenja koja se manifestiraju na samom otisku.

### 3.4. Rezultati istraživanja

#### 3.4.1. Rezultati ispitivanja glatkosti papira metodom po Bekk-u

U tablicama 4-6 su prikazani rezultati određivanja glatkosti papira metodom po Bekku. Rezultati prikazuju aritmetičku sredinu 5 mjerenja izvršenih na onoj strani papira na kojoj se tiskalo.

Tablica 4. Rezultati ispitivanja glatkosti Blueback papira

| BEKK      | Glatkost [s] |
|-----------|--------------|
| $\bar{x}$ | 47.6         |
| $\sigma$  | 2.1          |

$\bar{x}$  - aritmetička sredina 5 uzastopnih mjerenja

$\sigma$ - standardna devijacija

Tablica 5. Rezultati ispitivanja glatkosti Citylight papira

| BEKK      | Glatkost [s] |
|-----------|--------------|
| $\bar{x}$ | 55.1         |
| $\sigma$  | 1.2          |

Tablica 6. Rezultati ispitivanja glatkosti Photo papira

| BEKK      | Glatkost [s] |
|-----------|--------------|
| $\bar{x}$ | 2409.5       |
| $\sigma$  | 421.0        |

### 3.4.2. Otiranje

Kao uzorak za otiranje koristio se kružni uzorak otisnutog papira (slika 15), prilagođen jedinici Hanatek uređaja za test otiranja, promjera 5cm s CMYK uzorkom tiskanim u 8 boja rezolucije 1080dpi s odgovarajućim ICC profilom za svaki pojedini materijal.



Slika 24. Uzorci za test otiranja

Nakon provedenih serija otiranja za svaki stupanj sušenja (Minimum, Low, Medium i Heavy) pri konstantnom broju okretaja (20) i pritiskom na diskove u dodiru od 3.5 kPa i 6.9 kPa, obavljena je vizualna procjena prijenosa tiskarske boje s ispitivanih uzoraka na offsetni papir za otiranje. Za svaki uzorak napravljena su po dva ispitivanja da bi na kraju mogle biti odbačene eventualne pogreške ili odstupanja, ukupno 48 otiranja provedeno je pri pritisku od 3,5 kPa i 6,9 kPa.

Tablica 7. Sustav vrednovanja stupnja otiranja otisaka u rasponu 1-5.

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| 1 | neprijetno otiranje otisaka    |
| 2 | male naznake otiranja otisaka  |
| 3 | vidljivo otiranje otisaka      |
| 4 | izraženo otiranje otisaka      |
| 5 | vrlo izraženo otiranje otisaka |

Tablicama 8 -10 prikazani su rezultati otiranja provedeni na svim otisnutim uzorcima, pri sva 4 stupnja sušenja, pri tlaku od 3,5 kPa i 6,9kPa i 20 okretaja . Rezultati su izraženi kao aritmetička sredina dva uzastopna mjerenja za svaku kombinaciju sušenja i radnog pritiska. Ocjene su dodijeljene prema sustavu vrednovanja stupnja otiranja prikazanom u tablici 7.

Tablica 8. Rezultati otiranja Blueback papira

| STUPANJ SUŠENJA | OPTEREĆENJE |         |
|-----------------|-------------|---------|
|                 | 3,5 kPa     | 6,9 kPa |
| MINIMUM         | 3           | 3       |
| LOW             | 2           | 2       |
| MEDIUM          | 3           | 2       |
| HEAVY           | 2           | 2       |

Tablica 9. Rezultati otiranja Citylight papira

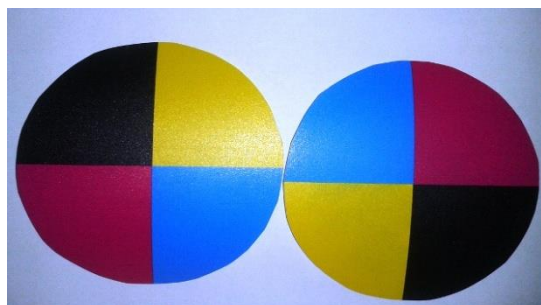
| STUPANJ SUŠENJA | OPTEREĆENJE |         |
|-----------------|-------------|---------|
|                 | 3,5 kPa     | 6,9 kPa |
| MINIMUM         | 3           | 3       |
| LOW             | 2           | 3       |
| MEDIUM          | 1           | 3       |
| HEAVY           | 3           | 3       |

Tablica 10. Rezultati otiranja Photo papira

| STUPANJ SUŠENJA | OPTEREĆENJE |         |
|-----------------|-------------|---------|
|                 | 3,5 kPa     | 6,9 kPa |
| MINIMUM         | 3           | 2       |
| LOW             | 2           | 2       |
| MEDIUM          | 2           | 3       |
| HEAVY           | 2           | 3       |

### 3.4.3. Struganje

Kao uzorak za struganje koristio se kružni uzorak otisnutog papira, prilagođen jedinici Hanatek uređaja za test struganja, promjera 11cm s CMYK uzorkom tiskanim u 8 boja rezolucije 1080dpi s odgovarajućim ICC profilom za svaki pojedini materijal.



*Slika 25. Uzorci za test struganja*

Test otpornosti prema struganju proveden je jednim mjerenjem na svim otisnutim uzorcima, pri sva 4 stupnja sušenja, ukupno 24 mjerenja, pri tlaku od 3,5 kPa i 6,9kPa i 20 okretaja. Ocjene su dodijeljene prema sustavu vrednovanja stupnja struganja prikazanom u tablici 11.

Tablica 11. Sustav vrednovanja struganja otisaka u rasponu 1-5.

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1 | neprimjetno struganje otisaka   |
| 2 | male naznake struganje otisaka  |
| 3 | vidljivo struganje otisaka      |
| 4 | izraženo struganje otisaka      |
| 5 | vrlo izraženo struganje otisaka |

Tablicama 12-14 prikazani su rezultati ispitivanja otpornosti otisaka prema struganju provedeni na svim otisnutim uzorcima, pri sva 4 stupnja sušenja, zasebno pri tlaku od 3,5 kPa i 6,9kPa uz 20 okretaja.

Tablica 12. Rezultati ispitivanja otpornosti prema struganju otisaka na Blueback papiru

| stupanj sušenja | OPTEREĆENJE |         |
|-----------------|-------------|---------|
|                 | 3,5 kPa     | 6,9 kPa |
| MINIMUM         | 3           | 4       |
| LOW             | 2           | 3       |
| MEDIUM          | 2           | 3       |
| HEAVY           | 2           | 3       |

Tablica 13. Rezultati ispitivanja otpornosti prema struganju otisaka na Citylight papiru

| stupanj sušenja | OPTEREĆENJE |         |
|-----------------|-------------|---------|
|                 | 3,5 kPa     | 6,9 kPa |
| MINIMUM         | 3           | 4       |
| LOW             | 1           | 3       |
| MEDIUM          | 2           | 3       |
| HEAVY           | 2           | 1       |

Tablica 14. Rezultati ispitivanja otpornosti prema struganju otisaka na Photo papiru

| stupanj sušenja | OPTEREĆENJE |         |
|-----------------|-------------|---------|
|                 | 3,5 kPa     | 6,9 kPa |
| MINIMUM         | 3           | 4       |
| LOW             | 2           | 3       |
| MEDIUM          | 2           | 2       |
| HEAVY           | 2           | 3       |



#### 4. DISKUSIJA REZULTATA

Iz rezultata određivanja glatkosti (Tablice 4, 5 i 6) može se primijetiti da je najveća glatkost izmjerena kod sjajno premazanog Photo papira (2410 s), dok je glatkost Blueback i Citylight papira očekivano podjednaka i uvelike manja.

Prilikom vizualne procjene otiranja Blueback papira (Tablica 8.) uočeno je vidljivo otiranje boja na otiscima koji su sušeni na najnižem stupnju sušenja (Minimum). To je ujedno i najveće otiranje koje je primijećeno kod ove serije otisaka. Na najnižem stupnju sušenja, boje (prvenstveno crna boja) nisu bile u potpunosti osušene pa možemo reći da je došlo više do razmazivanja nego do otiranja. Otisci sušeni u ostala tri stupnja sušenja pokazali su relativno dobru otpornost na otiranje, s obzirom da su kod većine otisaka primijećene male naznake otiranja.

Test na struganje je pokazao da je najniži stupanj sušenja (Minimum) za korištene boje apsolutno neprihvatljiv jer je uočena velika deformacija na površini otiska, dok su ostali stupnjevi sušenja pokazali podjednaku otpornost na struganje. Pri tome su na nižem radnom pritisku uočene male naznake struganja, dok je na većem radnom pritisku uočeno vidljivo struganje.

Testiranje otisaka na otiranje na Citylight papiru također je pokazalo kako je najniži stupanj sušenja bio neadekvatan, jer je primijećeno vidljivo otiranje otisaka. Isto tako, ni najveći stupanj sušenja (Heavy) nije dao zadovoljavajući rezultat, tj. svugdje je zabilježeno vidljivo otiranje otisaka. Jedino su otisci dobiveni pri srednjoj jakosti rada lampi tj. na Low i Medium stupnju sušenja pokazali relativno dobru otpornost na otiranje koja je posebno uočljiva kod testiranja na nižem radnom pritisku. Povećanjem pritiska opet je evidentirano vidljivo otiranje otisaka.

Test na struganje je pokazao da je na najnižem stupnju sušenja zabilježena izrazito velika deformacija otisnutog sloja boje, dok su otisci sušeni pri ostalim intezitetima sušenja pokazali relativno dobru otpornost na struganje kod manjih

radnih pritisaka. Najmanja deformacija izazvana struganjem primijećena je kod najveće jakosti rada lampi (Heavy).

Kod sjajnog Photo papira opet su najlošiji rezultati procijenjeni na najnižem stupnju sušenja (Minimum), dok je optimalna otpornost na otiranje postignuta na otiscima sušenim pri Low stupnju sušenja. Medium i Heavy stupanj sušenja dali su otiscima podjednaku otpornosti prema otiranju, pri čemu je na nižem radnom pritisku primijećena mala naznaka otiranja, a na većem vidljivo otiranje otisaka.

Test na struganje je pokazao da je otisak najotporniji, na srednjim stupnjevima sušenja (Medium), dok je na najmanjem stupnju sušenja opet evidentirano najveće oštećenje otiska struganjem. Struganje kod otisaka koji su sušeni u srednjem i najjačem stupnju jakosti lampi dalo je relativno dobre rezultate kod testnih uvjeta gdje je primijenjen niži radni pritisak .

Među korištenim papirima Photo papir je pokazao najveću otpornost na oba testiranja svojstva na najvišem stupnju sušenja, dok su podjednako loše rezultate pokazali svi korišteni papiri na najnižem stupnju sušenja, prvenstveno zato što boja nije bila u potpunosti niti osušena, odnosno u stanju paste.

## 5.0. ZAKLJUČAK

Sušenje UV zračenjem predstavlja jednu od ključnih faza u procesu tiska koji koristi ovu vrstu boje, te direktno utječe na kvalitetu proizvoda. U ovom radu je ispitana mehanička otpornost otisaka na abraziju (otiranje i struganje) s ciljem utvrđivanja optimalnog stupnja sušenja na tiskarskom stroju VUTEk® QS3200 za otisak sa standardnim nanosom boje po odgovarajućem ICC profilu. Rezultati istraživanja su pokazali da najbolja svojstva pokazuju otisci sušeni na *low* i *medium* stupnju sušenja, dok *minimum* i *heavy* stupanj sušenja daju neprihvatljiva mehanička svojstva otisaka.

Većina strojeva u ispisu velikog formata ima nekoliko stupnjeva sušenja koji se mogu prilagoditi potrebama za vrijeme tiskanja. Ukoliko se tiskaju otisci s malim nanosima boje, dovoljan je i najniži stupanj da osuši otisak, a isto tako u tisku pri višim temperaturama može doći do deformacije temperaturno osjetljivijih materijala, te se mogu savinuti i tako prouzročiti zastoje u proizvodnji, škart, ali i kvar stroja. Viši stupnjevi sušenja su neophodni kod velikih nanosa boja, kao i kod većih brzina tiska, pritom treba paziti na pregrijavanje UV lampi. U proizvodnji se najčešće koriste srednje jakosti lampi koje zadovoljavaju veliku većinu produkcije, ali zadaća tehnologa je da definira i prilagodi sušenje s ciljem postizanja kvalitetnog proizvoda uz optimalno korištenje energije.



## 6.0. LITERATURA

1. [\\*\\*\\*http://www.fujifilmusa.com/products/industrial\\_inkjet\\_printheads/print-products/printheads/](http://www.fujifilmusa.com/products/industrial_inkjet_printheads/print-products/printheads/)  
Faculty of Technology and Science Chemical Engineering, Karlstad
2. Yang, L. (2003.), *Ink-paper interaction. A study in Ink-jet color reproduction*,  
Department of Science and Technology Linköping University, Norrköping
3. Kipphan, H. (2001.), *The handbook of print media*, Springer
4. Magdassi, S. (2010.), *The chemistry of Inkjet inks*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., UK
5. [\\*\\*\\*http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/solids/p.html](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/solids/p.html)  
Nave, C.R., *Piezoelectricity* - 27. Prosinac, 2013.
6. Ballato, A., (1995), *Piezoelectricity: Old Effects and New Applications*, IEEE Ultrasonics Transactions, Ferroelectric Frequency Control, Vol. 42, str. 916-926.
7. Majnarić, I. (2014.), *Digitalni tisak*, predavanje 11. Inkjet II.dio, Grafički fakultet, Zagreb)
8. [\\*\\*\\*http://support.hp.com/hr-en/document/c02750681](http://support.hp.com/hr-en/document/c02750681)
9. [\\*\\*\\*http://www.efi.com/about-efi/newsroom/graphics-and-images/vutek-superwide-format-printing/](http://www.efi.com/about-efi/newsroom/graphics-and-images/vutek-superwide-format-printing/)
10. Majnarić, I. (2004.), *Kvaliteta digitalnih otisaka uvjetovana starenjem tiskovne podloge*, Magistarski rad, Grafički fakultet Sveučilšta u Zagrebu
11. [\\*\\*\\*https://www.microgeo-usa.com/ProductDetails.asp?ProductCode=LEC+Series+540](https://www.microgeo-usa.com/ProductDetails.asp?ProductCode=LEC+Series+540)
12. [\\*\\*\\*http://www.fedrigoni.co.uk/content/techspecs/SplendorgelEW.pdf](http://www.fedrigoni.co.uk/content/techspecs/SplendorgelEW.pdf),  
Splendorgel Fedrigoni, Product data sheet W&I/192 - 27. Prosinac, 2013.
13. [\\*\\*\\*http://www.pcmag.com/article2/0,2817,1848553,00.asp](http://www.pcmag.com/article2/0,2817,1848553,00.asp), 12.siječanj 2014.
14. [\\*\\*\\*https://files.support.epson.com/pdf/pro7k\\_/pro7k\\_pg.pdf](https://files.support.epson.com/pdf/pro7k_/pro7k_pg.pdf), Epson Sylus Pro 7000, 12.siječanj 2014.
15. [\\*\\*\\*http://www.rolanddga.com/products/printcut/lec300/](http://www.rolanddga.com/products/printcut/lec300/), 12.siječanj 2014.
16. Burge, D. i Scott, J. (2010.), *Further Studies Toward Assessing the Risk of*

*Damage to Digital Prints During Flood Events*, 54(2): 020503–020503-6, Image Permanence Institute, Rochester Institute of Technology, Rochester, New York

17. McCormic-Goodhart, M. I Wilhelm, H., (2004.), *New test methods for evaluating the humidity fastness of Inkjet prints*, A-13, str. 95-98, Japan Hardcopy, The Imaging Society of Japan
18. \*\*\*<http://bib.irb.hr/datoteka/227899.Majnaric.pdf>, Majnarić, I., Brozinčević, M., Bolanča, S., *Optički aspekti digitalnog tiska na adhezivnim medijima*, Grafički fakultet Zagreb - 27. Prosinac, 2013.
19. \*\*\*[http://www.large-format-printers.org/comparative-reviews\\_evaluations\\_price\\_wide-format-inkjet-printers\\_UV-cured\\_solvent\\_textile\\_resin\\_latex-ink/13\\_EFI\\_VUTEk\\_GS3200\\_wide-format\\_UV\\_inkjet\\_combo\\_printer\\_rigid\\_roll\\_Media\\_Master\\_automatic\\_board\\_feeder.pdf](http://www.large-format-printers.org/comparative-reviews_evaluations_price_wide-format-inkjet-printers_UV-cured_solvent_textile_resin_latex-ink/13_EFI_VUTEk_GS3200_wide-format_UV_inkjet_combo_printer_rigid_roll_Media_Master_automatic_board_feeder.pdf), listopad 2011.
20. \*\*\*<http://www.graphiccenter.hr/proizvodi/sericol/vodic%20za%20uv%20sitostampu.pdf>?, siječanj 2013.
21. \*\*\*<http://materijali.grf.unizg.hr/media/vjezba%203.pdf>- grf / Katedra za materijale u grafičkoj tehnologiji/ Nastavni materijali/ Vježba 3 iz kolegija Papir, 14. srpnja 2014.
22. \*\*\* <http://www.paperonweb.com/paperpro.htm> - Paper on web/ Physical Properties, 16. srpnja 2014.
23. \*\*\*[http://www.grf.unizg.hr/wp-content/uploads/2010/09/SMP\\_KatalogOpreme\\_FINALWEB\\_v2.pdf](http://www.grf.unizg.hr/wp-content/uploads/2010/09/SMP_KatalogOpreme_FINALWEB_v2.pdf) – grf / Katalog opreme, 14. srpnja 2014.
24. \*\*\* <http://www.hanatekinstruments.com/Rub-and-Abrasion-Tester.html> - Hanatek Instruments, 16. srpnja 2014.
25. \*\*\* [http://materijali.grf.unizg.hr/media/otiranje\\_vjezba%205.pdf](http://materijali.grf.unizg.hr/media/otiranje_vjezba%205.pdf) - grf / Katedra za materijale u grafičkoj tehnologiji/ Nastavni materijali/ Otiranje, 24. srpnja 2014.

## 7. POPIS SLIKA I TABLICA

### SLIKE

- Slika 1. Spectra Printhead (str. 3)
- Slika 2. Princip rada DTP Inkjet-a (str. 4)
- Slika 3. Prikaz zakošenja reda mlaznica (str. 5)
- Slika 4. Prikaz parametara koji utječu na formiranje ispisne glave rezolucije od 600 dpi (str. 6)
- Slika 5. Shematska podjela Inkjeta (str. 7)
- Slika 6. Princip rada kontinuiranog Inkjet-a (str. 8)
- Slika 7. Princip rada Inkjet kapanja na zahtjev (str. 9)
- Slika 8. Formiranje kapljice tehnologijom termalnog Inkjet-a (str. 10)
- Slika 9. Formiranje kapljice u elektrostatskom Inkjet-u (str.11)
- Slika 10: Shematski prikaz rada Piezo Inkjet-a (str. 12)
- Slika 11. Princip nastajanja kapljice bojila kod piezoelektričnog Inkjeta (str. 14)
- Slika 12. Istiskajući način rada piezo Inkjet-a (str. 14)
- Slika 13. Savijajući način rada piezo Inkjet-a (str. 15)
- Slika 14. Gurajući način rada piezo Inkjet-a (str. 15)
- Slika 15: Smicajući model piezo Inkjet-a (str. 16)
- Slika 16. Stolni Ink jet printer (str. 17)
- Slika 17. Hard solventna boja (str. 18)
- Slika 18. UV print carriage (str. 19)
- Slika 19. Fotopolimerizacija (str. 23)
- Slika 20. QS 3200 (str. 26)
- Slika 21. UV lampe (str. 27)
- Slika 22. Uređaj PTI-Line (str. 28)
- Slika 23. Uređaj Hanatek Rub and Abrasion Tester (str. 29)
- Slika 24. Uzorci za test otiranja (str. 32)
- Slika 25. Uzorci za test struganja (str. 34)

### TABLICE

- Tablica 1. Specifikacija korištenih papira (str. 26)
- Tablica 2. Tehničke karakteristike uređaja PTI-Line Bekk (str. 29)
- Tablica 3. Tehničke karakteristike Hanatek uređaja (str. 30)
- Tablica 4. Rezultati ispitivanja glatkosti Blueback papira (str. 31)
- Tablica 5. Rezultati ispitivanja glatkosti Citylight papira (str. 31)
- Tablica 6. Rezultati ispitivanja glatkosti Photo papira (str. 31)
- Tablica 7. Sustav vrednovanja stupnja otiranja otisaka u rasponu 1-5. (str. 32)
- Tablica 8. Rezultati otiranja Blueback papira (str. 33)
- Tablica 9. Rezultati otiranja Citylight papira (str. 33)
- Tablica 10. Rezultati otiranja Photo papira (str. 33)
- Tablica 11. Sustav vrednovanja struganja otisaka u rasponu 1-5. (str. 34)
- Tablica 12. Rezultati ispitivanja otpornosti prema struganju otisaka na Blueback papiru (str. 35)
- Tablica 13. Rezultati ispitivanja otpornosti prema struganju otisaka na Citylight papiru (str. 35)
- Tablica 14. Rezultati ispitivanja otpornosti prema struganju otisaka na Photo papiru (str. 35)

## 6. PRILOG

### 6.1. UV Boja Material Safety Data Sheet



#### Material Safety Data Sheet

Material Name: Printing Ink For QS3200r

MSDS ID: VU-0028-EU

#### \*\*\* Section 1 - Identification of Substance/Preparation and Company/Undertaking \*\*\*

**Chemical Name:** Printing ink  
**Product Use:** UV Curable Ink  
**Manufacturer Information:**  
VUTEK, Inc.  
One VUTEK Place  
Meredith, NH 03253

Emergency # 1-800-424-9300 (CHEMTREC)

#### \*\*\* Section 2 - Composition / Information on Ingredients \*\*\*

| CAS #         | Component  | Percent | Symbols | Risks            |
|---------------|--|---------|---------|------------------|
| Trade Secret  | 2-Propenoic acid, 1,7,7-trimethylbicyclo[2.2.1]hept-2-yl ester, exo- | 27-35   |         |                  |
| 2399-48-6     | Tetrahydrofurfuryl acrylate  | 17-22   |         |                  |
| 84170-74-1    | Neopentylglycol propoxylate diacrylate                               | 10-18   |         |                  |
| Trade Secret  | 2-Hydroxy-2-methylpropiophenone                                      | 6-8     |         |                  |
| Trade Secret  | Diphenyl(2,4,6-trimethylbenzoyl)phosphinoxid                         | 4-8     |         |                  |
| Trade Secret  | Acrylate, isoocetyl  | 0-4     | Xi N    | R:36/37/38-50-53 |
| Not Available | Oligo[2-hydroxy-2-methyl-1-[4-(1-methylvinyl)phenyl]propanone]       | 0-5     |         |                  |
| 1333-86-4     | Carbon black **  | 0-5     |         |                  |
| Not Available | alkoxylated aliphatic diacrylate ester                               | .0-6    |         |                  |

#### \*\*\* Section 3 - Hazards Identification \*\*\*

##### Human and Environmental Hazards

No additional information available.

#### \*\*\* Section 4 - First Aid Measures \*\*\*

##### First Aid: Eyes

Immediately flush eyes with water for at least 15 minutes, while holding eyelids open. Seek medical attention at once. Get medical attention or advice.

##### First Aid: Skin

Remove all contaminated clothing. Wash affected area(s) thoroughly with mild soap and water. If irritation develops, get medical attention. Wash contaminated clothing before reuse.

##### First Aid: Ingestion

If the material is swallowed, get immediate medical attention or advice -- DO NOT induce vomiting. If vomiting occurs naturally, have victim lean forward to reduce risk of aspiration.



## Material Safety Data Sheet

Material Name: Printing Ink For QS3200r

MSDS ID: VU-0028-EU

### First Aid: Inhalation

Remove affected person to fresh air. Call a physician if symptoms develop or persist. If the affected person is not breathing, apply artificial respiration. Call 911 for emergency medical service.

## \*\*\* Section 5 - Fire Fighting Measures \*\*\*

### General Fire Hazards

Acrylate monomers may be released upon combustion. Closed containers exposed to heat and fire may build pressure and explode.

### Hazardous Combustion Products

### Extinguishing Media

Dry chemical. Water may be an ineffective extinguishing medium. Carbon dioxide.

### Fire Fighting Equipment/Instructions

Firefighters should wear full protective clothing, including helmet, self-contained positive pressure or pressure demand breathing apparatus and face mask. Avoid inhalation of vapor, fumes, dust and/or mists from the spilled material.

## \*\*\* Section 6 - Accidental Release Measures \*\*\*

### Evacuation Procedures

Evacuate spill area of unprotected and untrained personnel. Ventilate the contaminated area. Remove or disable all sources of ignition.

### Containment Procedures

Contain the discharged material. Do not allow the spilled product to enter public drainage system or open water courses. Cover with inert absorbent such as dry clay, sand, diatomaceous earth or commercial sorbents. For a large spill or spills in confined spaces, provide mechanical ventilation to disperse or exhaust vapors.

### Clean-Up Procedures

The spill should be cleaned up by qualified personnel only. Sweep, gather or collect up spilled material and place in covered container appropriate for disposal. Avoid the generation of dusts during clean-up. Thoroughly wash the area with water after a spill or leak clean-up.

### Special Procedures

Regulations vary. Consult local authorities before disposal. Follow all Local, State, Federal and Provincial regulations for disposal. Determine if release qualifies as a reportable incident according to local, state and federal regulations.

## \*\*\* Section 7 - Handling and Storage \*\*\*

### Handling Procedures

Use good industrial hygiene practices when handling this material. Avoid getting this material into contact with your skin and eyes. Use this product with adequate ventilation. When using this material, do not eat, drink or smoke. Wash thoroughly after handling this product.

### Storage Procedures

Store this product in air-tight containers away from sources of heat and light. Store in a cool, dry, well-ventilated area.

### Specific Use

## \*\*\* Section 8 - Exposure Controls / Personal Protection \*\*\*

## Material Safety Data Sheet

Material Name: Printing Ink For QS3200r

MSDS ID: VU-0028-EU

### Substance Exposure Limits

#### Carbon black \*\* (1333-86-4)

|              |   |
|--------------|---|
| ACGIH:       | 3.5 mg/m3 TWA                                       |
| Belgium:     | 3.6 mg/m3 VLE                                       |
| Denmark:     | 3.5 mg/m3 TWA                                       |
| Finland:     | 7 mg/m3 STEL<br>3.5 mg/m3 TWA                       |
| France:      | 3.5 mg/m3 VME                                       |
| Greece:      | 7 mg/m3 STEL<br>3.5 mg/m3 TWA                       |
| Ireland:     | 7 mg/m3 STEL<br>3.5 mg/m3 TWA<br>Under review (HSE) |
| Netherlands: | 3.5 mg/m3 MAC                                       |
| Portugal:    | 3.5 mg/m3 TWA                                       |
| Spain:       | 3.5 mg/m3 VLA-ED                                    |
| Sweden:      | 3 mg/m3 LLV (total dust)                            |

### Engineering Controls

Use general dilution and local exhaust ventilation to effectively remove and prevent buildup of any vapors, mists or spray generated from the handling/processing of this product. If ventilation is not adequate, use respiratory protection equipment.

### PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

#### Personal Protective Equipment: Eyes/Face

Avoid contact with eyes. Wear safety glasses with side shields. Chemical goggles are recommended when splash potential exists. Use of full face shield is also recommended.

#### Personal Protective Equipment: Skin

Avoid contact with skin. Select and use gloves and/or protective clothing to prevent skin contact.

#### Personal Protective Equipment: Respiratory

Avoid breathing of vapors, mist or spray. If ventilation is not sufficient to effectively prevent buildup of vapor, mist, fume or dust, appropriate NIOSH/MSHA respiratory protection must be provided.

#### Personal Protective Equipment: General

When using this material, do not eat, drink or smoke. Wash thoroughly after handling this product.

### \*\*\* Section 9 - Physical & Chemical Properties \*\*\*

|                                  |                |                                  |                    |
|----------------------------------|----------------|----------------------------------|--------------------|
| <b>Appearance:</b>               | Colored Liquid | <b>Odor:</b>                     | Mild Acrylate Odor |
| <b>Physical State:</b>           | Liquid         | <b>pH:</b>                       | Not Determined     |
| <b>Vapor Pressure:</b>           | Not Determined | <b>Vapor Density:</b>            | Not Determined     |
| <b>Boiling Point:</b>            | Not Determined | <b>Solubility (H2O):</b>         | negligible         |
| <b>Specific Gravity:</b>         | 1.087          | <b>Freezing Point:</b>           | Not Determined     |
| <b>Evaporation Rate:</b>         | Negligible     | <b>VOC:</b>                      | Not Determined     |
| <b>Octanol/Water Coeff.:</b>     | Not Determined | <b>Flammability Limit - UFL:</b> | Not Determined     |
| <b>Flammability Limit - LFL:</b> | Not Determined | <b>Flash Point Method:</b>       |                    |
| <b>Flash Point:</b>              | Not Determined | <b>Auto Ignition:</b>            | Not Determined     |

### \*\*\* Section 10 - Chemical Stability & Reactivity Information \*\*\*

#### Chemical Stability

Stable when stored under proper conditions. See SECTION 7 - Handling & Storage.

## Material Safety Data Sheet

Material Name: Printing Ink For QS3200r

MSDS ID: VU-0028-EU

### Chemical Stability: Conditions to Avoid

Avoid oxidizing agents. Avoid conditions of excessive heat. Avoid direct light and sunlight.

### Incompatibility

This product may react with oxidizing agents.

### Hazardous Decomposition

Carbon monoxide, carbon dioxide, various hydrocarbon fragments as well as thick smoke.

### Hazardous Polymerisation

Polymerization and congealing of product can occur.

## \*\*\* Section 11 - Toxicological Information \*\*\*

### Potential Health Effects

#### A: General Product Information

Toxicology studies on humans and/or animals have not been conducted on this product/product family.

#### B: Substance Analysis - LD50/LC50

**2-Propenoic acid, 1,7,7-trimethylbicyclo[2.2.1]hept-2-yl ester, exo- (Trade Secret)**

Oral LD50 Rat: 4890 mg/kg; Dermal LD50 Rabbit: >5 g/kg

**Acrylate, isooctyl (Trade Secret)**

Oral LD50 Rat: >5 g/kg

**Carbon black \*\* (1333-86-4)**

Oral LD50 Rat: >15400 mg/kg; Dermal LD50 Rabbit: >3 g/kg

### Carcinogenicity

#### A: General Product Information

No carcinogenicity data available for this product.

#### B: Substance Carcinogenicity

**Carbon black \*\* (1333-86-4)**

IARC: Monograph 93 posted, Monograph 65 [1996] (Group 2B (possibly carcinogenic to humans))

Denmark: Carcinogen

Germany: Category 3B (could be carcinogenic for man)

## \*\*\* Section 12 - Ecological Information \*\*\*

### Ecotoxicity

#### A: General Product Information

Environmental toxicity and/or biodegradation studies have not been conducted on this product/product family.

#### B: Substance Analysis - Ecotoxicity - Aquatic Toxicity

**Acrylate, isooctyl (Trade Secret)**

**Test & Species**

96 Hr LC50 Pimephales promelas

0.67 mg/L

48 Hr EC50

Daphnia magna

**Conditions**

0.4 mg/L

**Carbon black \*\* (1333-86-4)**

**Test & Species**

24 Hr EC50

Daphnia magna

**Conditions**

>5600 mg/L

## 6.2. Certifika



