

# Utjecaj lakiranja na mehanička svojstva ambalaže

---

**Macinić, Deni**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2013**

*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:216:923481>

*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

DENI MACINIĆ

UTJECAJ LAKIRANJA NA MEHANIČKA  
SVOJSTVA AMBALAŽE

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2013.



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

DENI MACINIĆ

UTJECAJ LAKIRANJA NA MEHANIČKA  
SVOJSTVA AMBALAŽE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:  
prof. dr. sc. Darko Babić

Student:  
Deni Macinić

Zagreb, 2013.

## **SAŽETAK**

U teorijskom dijelu ovoga rada govori se o podjeli i funkciji ambalaže a posebice fleksibilne ambalaže. Objašnjava se princip rada ofsetnog stroja i njegovih osnovnih cjelina, a posebice jedinice za lakiranje. Sastav i svojstva papira i kartona kao najčešćih materijala za izradu fleksibilne ambalaže detaljno je opisan. Napravljena i opisana je njihova podjela po gramaturi i premazima. Također opširnije se objašnjava sastav i vrste lakova, te postupci sušenja lakova.

Eksperimentalni dio ovoga rada posvećen je ispitivanju mehaničkih svojstava različitih kartona na kojima su napravljeni otisci. Kartoni su lakirani sa vododisperzivnim i UV lakom. Na Lorentzen & Wettre Bursting uređaju mjerilo se otpornost tri tipa kartona različitih gramatura i debljina na statičko probijanje. Taberovom metodom određena je krutost (pri savijanju) također za tri tipa kartona različitih debljina i gramatura. Također su ispitivana mehanička svojstva lakova koji su se koristili pri lakiranju. Na uređaju za ispitivanje otpornosti otiska na otiranje Hanatek RT4 mjerila se i odredila količina otiranja. Otisci su izlagani različitim pritiscima i brojevima okretaja. Dobiveni rezultati su obrađeni u Excel-u te su napravljene tablice. Za potrebe izrade grafičkog prikaza rezultata koristio se je software Origin pro 8.0.

### **Ključne riječi:**

lakiranje, ofset, papir, karton, ambalaža, otiranje, krutost, jačina pucanja

## **ABSTRACT**

The theoretical part of the thesis is centered on classification and function of packaging, with the emphases on the flexible packaging. In addition, the thesis describes how the offset machine and its main parts operate, especially the varnishing unit of the machine. Moreover, the structure and traits of paper and paperboard - the most commonly used materials for the production of the flexible packaging - are described in detail. Furthermore, the thesis describes the properties of paper and paperboard based on grammage and coat. In addition, the thesis describes the structure and types of varnishes in detail, as well as the processes of drying the varnish.

The experimental part of the thesis is centered on the mechanical properties of different paperboard that has prints. Paperboard was polished with a water-based varnish and UV coating. The static resistance of three types of paperboard with different grammage and thickness was measured by the Lorentzen & Wettre Bursting machine. Taber method was used to determine the bending stiffness of the three types of paperboard with different grammage and thickness. In addition, the mechanical properties of varnishes that were used for polishing were tested. Hanatek RT4 Rub & Abrasion Tester was used for a rub test. The prints were exposed to different pressures and rotational speed. The results were processed in Excel and the appropriate tables were given. The software Origin pro 8.0. was used for graphing and data analysis.

### **Key words:**

Varnishing, offset, paper, paperboard, packaging, ribbing, bending stiffness, static resistance

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1. Izbor problema za diplomski rad.....	1
1.2. Cilj i zadaci diplomskog rada .....	1
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	<b>2</b>
2.1. AMBALAŽA.....	2
2.2. PLOŠNI TISAK .....	4
2.2.1. Konstrukcija ofsetnog stroja na arke .....	5
2.2.2. Jedinica za lakiranje .....	6
2.3. MATERIJALI U TISKU.....	8
2.3.1. Tiskovna podloga .....	8
2.3.2. Ofsetno tiskarsko bojilo .....	16
2.3.3. Ofsetni lakovi .....	18
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	<b>30</b>
3.1. PLAN RADA I METODE ISTRAŽIVANJA .....	30
3.2. KORIŠTENI STROJEVI I UREĐAJI.....	32
3.2.1. KBA Rapida 105/6+L.....	32
3.2.2. Hanatek RT4.....	33
3.2.3. BT- Bursting tester (Lorentzen & Wettre).....	34
3.2.4. Taber tester Frank .....	35
3.3. KORIŠTENI MATERIJALI.....	36
3.3.1. Karton Zenith .....	36
3.3.2. Karton Bona GD <sub>2</sub> .....	37
3.3.3. Karton MM Topliner.....	37
3.3.4. Vododisperzivni lak G 9/378 P-060 .....	37
3.3.5. UV lak 14-HC-144 .....	38
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA</b> .....	<b>39</b>
<b>5. ZAKLJUČCI</b> .....	<b>57</b>
<b>6. LITERATURA</b> .....	<b>59</b>

## 1. UVOD

### 1.1. Izbor problema za diplomski rad

Kao tiskovna podloga karton je najčešći izbor kod izrade fleksibilne ambalaže. Funkcija ambalaže je zaštita upakiranog proizvoda od vanjskih utjecaja, skladišno - transportna funkcija, prodajna i uporabna funkcija. Stoga, vrlo je važan odabir pravog kartona pri izradi fleksibilne ambalaže. Danas i ne postoji fleksibilna ambalaža koja se ne lakira. Lakiranjem otiska ne samo da će se povećati sjaj nego će se otisak zaštititi od vanjskih mehaničkih utjecaja prilikom transporta. Najveću važnost pridaje se zaštitnoj funkciji ambalaže, jer ona mora štiti robu od mehaničkih naprezanja, atmosferskog utjecaja, fizičkih i kemijskih utjecaja.

Pravilan odabir tiskovne podloge vrlo je važan jer mehanička svojstva kartona izravno će utjecati na mehanička svojstva ambalaže. Pokušat će se ukazati na mehanička oštećenja otisaka nastala nakon ispitivanja različitih uzoraka. Kartonski materijali koji se koriste za ambalažiranje proizvoda moraju udovoljavati strogim i specifičnim zahtjevima, jer moraju osigurati da proizvod i ambalaža stignu do kupca neoštećeni.

### 1.2. Cilj i zadaci diplomskog rada

Cilj ovoga istraživanja je utvrditi koji tip kartona ima najbolja mehanička svojstva koja će izravno utjecati na mehanička svojstva ambalaže. Bolja mehanička svojstva značiti će i veću kvalitetu kartonske ambalaže. Kvaliteta ambalaža dat će veću sigurnost proizvoda u ambalaži, ali i manji broj oštećenih ambalažnih jedinica prilikom transporta ili punjenja. Također, lakiranjem otisaka različitim lakovima utvrditi će se koji lak pruža najbolja mehanička svojstva. Bolja mehanička svojstva ujedno znače i veću otpornost otisaka na otiranje prilikom transporta. Samim tim smanjit će se broj vidljivih oštećenja otiska, ali i ambalaže. Kao referenca mjeren je i otisak koji nije lakiran.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. AMBALAŽA

Ambalažom se smatraju su svi proizvodi bez obzira na materijal od kojeg su izrađeni, a korišteni su za sadržavanje, čuvanje, rukovanje, isporuku i predstavljanje proizvoda, od sirovina do gotovih proizvoda, od proizvođača do korisnika ili potrošača. Komercijalna ili primarna ambalaža je najmanja ambalažna jedinica u kojoj se proizvod prodaje konačnom kupcu. Hoće li ambalaža ispuniti očekivanja i hoće li pakiranje biti uspješno, uvelike ovisi o pravilnom izboru odgovarajuće ambalaže.

Zahtjevi za pravilno odabranu ambalažu:

- prihvatiti proizvod bez rasipanja,
- štititi upakirani sadržaj od svih vanjskih nepoželjnih utjecaja,
- ne mijenja osnovna fizička, kemijska i senzorska svojstva proizvoda,
- ispunjava zakonsku regulativu, uključujući i specifične sanitarne i trgovačke propise.

Kupac se odlučuje na kupnju iste namirnice u istoj ambalaži ovisno o tome koliko je bio zadovoljan cijenom, kvalitetom i količinom namirnice. Iz toga proizlazi da ambalaža ima slijedeće funkcije koje trebaju biti dobro istaknute i međusobno usklađene: *zaštitnu, skladišnu – transportnu, prodajnu i uporabnu.*

Po definiciji, ambalaža mora prihvatiti sadržaj i zaštititi ga u cijelom ciklusu od trenutka pakiranja, tijekom transporta, skladištenja i prodaje do konačne upotrebe kod potrošača.

Zaštitne funkcije ambalaže:

- mehanička naprezanja robe,
- klima i njezin utjecaj na robu,
- mikroorganizmi,
- insekti i glodavci.



Fizikalne (mehaničke) sile djeluju na upakiranu robu tijekom transporta, manipulacije i skladištenja. Ako je intenzitet tih sila velik u odnosu na mehanička svojstva, ambalaža će se deformirati, slomiti, razbiti ili na neki drugi način mehanički oštetiti. Stoga vrlo su važna mehanička svojstva materijala (kartona) od koji je sačinjena fleksibilna ambalaža. Da bi ambalaža bila nepropusna ili malo propusna za plinove, mora biti izrađena od ambalažnih materijala odgovarajućih svojstava i mora biti hermetički zatvorena. Propusnost ambalaže prema plinovima uvjetovana je vrstom i debljinom ambalažnog materijala [1,2,3].

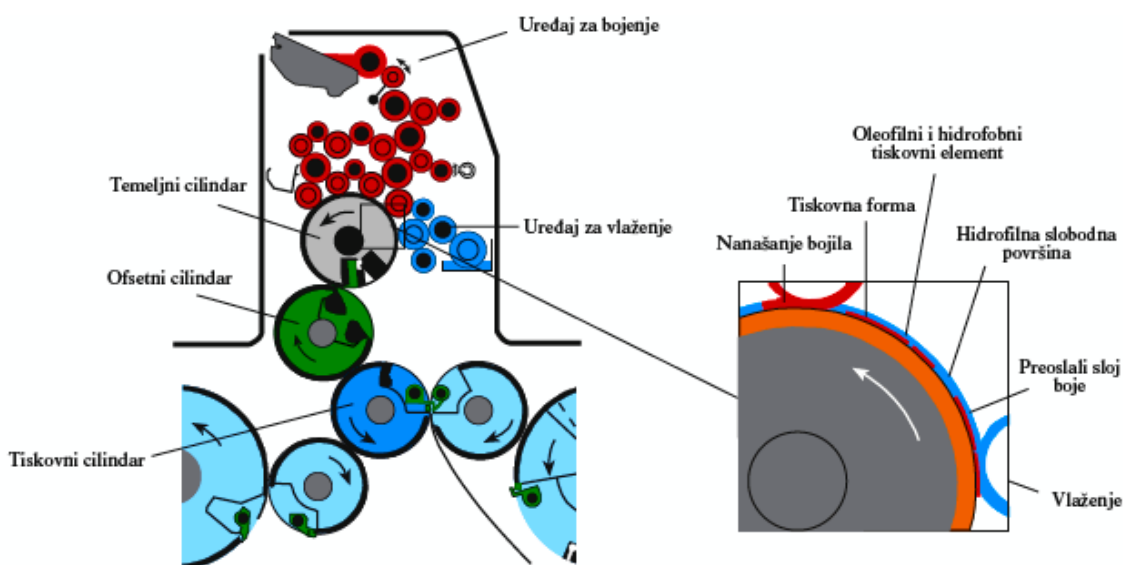
### Fleksibilna ambalaža

Pod fleksibilnu ambalažu spadaju papirna, kartonska i polimerna ambalaža. Fleksibilna ambalaža ima široku primjenu jer se iz papira izrađuju vrećice i vreće različitih oblika i dimenzija, iz kartona kutije, a papirna ambalaža služi za zamatanje različitih artikala. Komercijalna kartonska ambalaža podrazumijeva kutije i pakiranja od kartona koji su namijenjeni pakiranju proizvoda za prodaju. Proizvodi se u nešto većim serijama (nakladama) iz otisnutih kartonskih araka ili kaširne valovite ljepenke. Fleksibilna ambalaža izrađena od kartona je visokozahtjevan proizvod čija uporabljivost bitno ovisi o točnosti i preciznosti izrade i poznavanju svojstva materijala (kartona) od kojeg se izrađuje. Među određenim svojstvima su krutost kartona te otpornost kartona na jačinu pucanja.

Papirna i kartonska ambalaža ubrajaju se u vrstu ambalaže koja je osjetljiva na lom, pritisak i vlagu, ali pogodnu za tisak. Da bi se što više povećala otpornost na lom i pritisak važan je odabir pravoga materijala za izradu kartonske i papirne ambalaže. Dokazano je da svojstva kao što su debljina i gramatura materijala bitno povećavaju otpornost ambalaže na vanjske mehaničke utjecaje. Bolja mehanička svojstva imaju materijali koji su izrađeni iz pulpe s puno hemiceluloze i kraćih jako mljevenih vlakana. Vlaženjem fleksibilna ambalaža postaje još i osjetljivija na vanjske mehaničke utjecaje. Voda može prodirati u ambalažu u tekućem ili plinovitom agregatnom stanju bilo na mjestu spajanja dijelova ambalaže ili kroz higroskopan materijal. Zbog osjetljivosti na vlagu, ali i zaštitu otiska danas i ne postoji kartonska ambalaža koja se ne lakira. Lak uvelike štiti ambalažu od mehaničkih utjecaja kao što su: vlaga, tekućine, temperatura, elektromagnetsko zračenje i otiranje [4].

## 2.2. PLOŠNI TISAK

Glavni predstavnik plošnog tiska je ofsetni tisak. Zbog svoje ekonomičnosti, brzine tiska i kvalitete otiska ofsetni tisak danas se koristi za izradu većine grafičkih proizvoda. U ofsetu se otiskuju najreprezentativniji grafički proizvodi kao što su: fleksibilna ambalaža, monografije, višebojni časopisi, brošure, plakati, leci, i sl. Glavna karakteristika plošnog tiska je da su na tiskovnoj formi tiskovni elementi i slobodne površine praktično u istoj ravnini (razlika je u nekoliko mikrometara). Tiskovni elementi su oleofilni (dobro se moče nepolarnom bojom), a slobodne površine su hidrofilne (dobro se moče polarnom otopinom za vlaženje) [5,6]. Tiskovna se forma montira na temeljni cilindar, i tijekom tiska ona je u direktnom doticaju s uređajem za vlaženje i uređajem za obojenje.

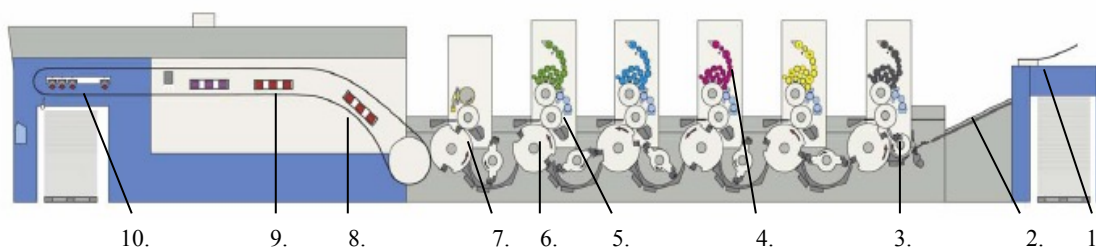


Slika 1. Osnovna ofsetna tiskarska jedinica

Temeljni cilindar je u direktnom kontaktu s ofsetnim cilindrom koji je presvučen gumenom ofsetnom navlakom. Otisak nastaje tako da se bojilo sa tiskovne forme (s temeljnog cilindra) prenosi na gumenu navlaku s koje se zatim prenosi na tiskovnu podlogu. Pritom arak papira prolazi između ofsetnog i tiskovnog cilindra. Sva tri cilindra su povezana zupčanicima kojim se osigurava jednaka kutna brzina. U dodirnoj zoni cilindara primjenjuje sila od 2,5 do 3 MPa (slika 1).

### 2.2.1. Konstrukcija ofsetnog stroja na arke

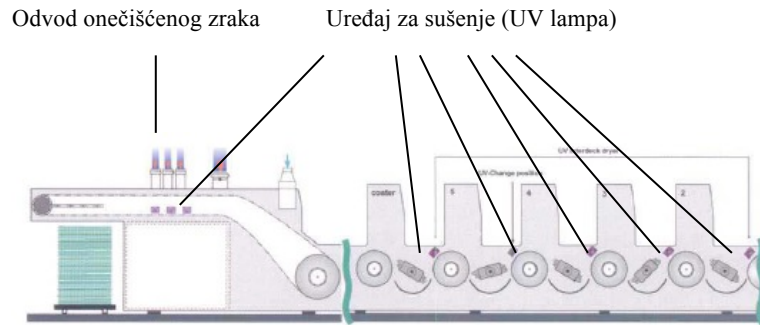
Ofsetni strojevi na arke u grubo se mogu podijeliti na: ofsetne strojeve malog formata (formati A4, A3, B3, B4), ofsetne strojeve srednjeg formata (A2, A1, B2, B1) i ofsetne strojeve velikog formata (formati 0 i veći). Maksimalni učinci i najveća brzina postižu se kod ofsetnih strojeva srednjeg formata. Proizvodne brzine tiska su izuzetne i kreću se od 10 000 do 18 000 otisaka na sat. Ofsetni stroj za tisak na arke može se podijeliti na sedam osnovnih cjelina. To su: uređaj za ulaganje, uređaj za izlaganje, jedinica za bojenje, jedinica za vlaženje, sustav cilindara, uređaj za sušenje te pogon i komande (slika 2) [7].



Slika 2. Shematski presjek višebojnog tiskarskog stroja sa jedinicom za lakiranje

- |   |  |
|---|--|
| 1. Uređaj za ulaganje                           | 6. Prijenosni bubanj                         |
| 2. Ulagači most                                 | 7. Jedinica za lakiranje – temeljni cilindar |
| 3. Ulagači bubanj za predulaganje               | 8. Sušara za sušenje i IR zračenje           |
| 4. Tiskarska jedinica br.3 – uređaj za obojenje | 9. Sušara za sušenje UV zračenjem            |
| 5. Tiskarska jedinica br.5 – uređaj za vlaženje | 10. Uređaj za izlaganje                      |

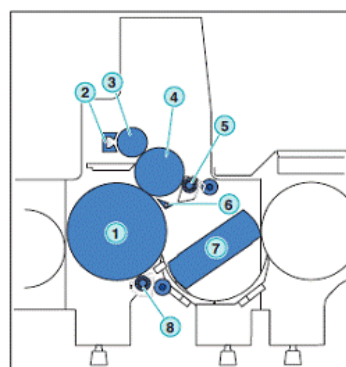
Uređaj za ulaganje započinje sa horizontalnim ulagačim stolom na kojem se nalazi kup araka za tisak. Na vrhu ulagačkog kupa nalazi se usisna glava koja omogućava podizanje i pokretanje araka. Tijekom transporta arak papira prolazi kroz mehaničku i optičku kontrolu dvostrukog ulaganja araka te se dovodi do čeonih maraka. Vlaženje tiskovne forme prva je faza pri nastajanju otiska. Otopina za vlaženje smještena je u kadi a sustavi mogu biti beskontaktni, polukontaktni i kontaktni. Uređaj za nanašanje bojila sastoji se od većeg broja valjaka. Njegova funkcija je razribavanje i nanašanje što jednoličnijeg sloja bojila na tiskovnu formu. Uređaj za bojenje se sastoji od: bojanika sa zonskim vijcima, valjaka duktora, valjaka hebera, valjaka za razribavanje, prijenosnih valjaka i valjaka za nanošenje bojila. Sustav cilindara sastoji se od: temeljnog cilindra, ofsetnog cilindra i tiskovnog cilindra. Sva tri međusobno su povezana zupčanicima koji im osiguravaju jednake obodne brzine. Uređaj za sušenje nalazi se iza zadnje tiskovne jedinice, a njegova funkcija je da osuši otisak. Ako se koristi konvencionalno bojilo u ofsetu, sušenje se provodi procesom oksipolimerizacije. Ako se pri tisku koristi UV lak, umjesto klasičnog uređaja za sušenje koristi se sušenje UV zračenjem (slika 3) [8].



Slika 3. Prikaz sušare za UV lak i UV bojila (Roland i KBA)

### 2.2.2. Jedinica za lakiranje

Ako govorimo o in-line lakiranju, jedinica za lakiranje nalazi se iza zadnje tiskarske jedinice (slika 4). U principu slične je građe kao i jedinica za nanos bojila, no ipak razlikuje se u nekoliko segmenata. Umjesto tiskovne forme za plošni tisak upotrebljava se tiskovna forma za fleksotisak. Na temeljni cilindar prislonjen je rastrirani anilox valjak koji regulira količinu laka koji će se prenijeti na tiskovnu formu, a samim time i na tiskovnu podlogu. Lak se pod pritiskom u komoru sa rakelima dovodi cijevima iz koje se direktno nanosi na anilox valjak. Gornji i donji rakel služe za skidanje viška bojila s anilox valjka, tako da lak ostaje u ćelijama. Sav višak laka skinut s anilox valjka vraća se u spremnik iz kojeg se ponovo vraća cijevima u komorni rakel. Tijekom cijelog procesa tiska lak cirkulira pri čemu dolazi i do pročišćavanja. Ovakav sustav za nanos laka je zatvorenog tipa te radi na principu tlačenja laka.

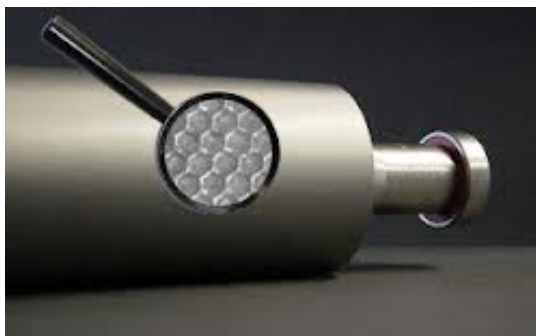


Slika 4. Prikaz jedinice za lakiranje

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| 1. Tiskovni cilindar           | 5. Sustav za pranje forme za lakiranje                |
| 2. Komorni rakel               | 6. Sustav za raspuhavanje zraka na tiskovnom cilindru |
| 3. Raster valjak (anilox)      | 7. Prijenosni bubanj                                  |
| 4. Tiskovna forma za lakiranje | 8. Sustav za pranje tiskovnog cilindra                |

## Anilox valjak

Anilox valjak (slika 5) je tvrdi valjak, obično načinjen od keramike ili čelika, ali postoji i valjak s aluminijskom jezgrom koja je prevučena sa prevlakom bakra i kroma. Njegova površina sadrži milijune jako finih udubljenja koje se još zovu i ćelije. Anilox valjak koristi se i u fleksotisku i služi za reguliranje nanosa bojila, pri čemu će različita linijatura dati različite rezultate. Zbog toga je fleksografski sustav bojenja poznat i kao anilox sustav.



Slika 5. Anilox valjak i njegove ugravirane ćelije na površini

Udubljenja na anilox valjku najčešće nastaju elektrogravirnom iglom (vrh je rađen od dijamanta) ili laserskim graviranjem. Nakon graviranja bakrena površina pokriva se kromom u vrlo tankom sloju (5-8  $\mu\text{m}$ ) koja ga štiti od habanja. Time se omogućava otiskivanje većih naklada. U rijetkim slučajevima ćelije se graviraju izravno na kromirani sloj. Struktura samih ćelija može varirati. Najuobičajenija ćelija anilox valjka je okrenuta piramida, od kojih je svaka ćelija iste veličine. Volumen pojedine ćelije može se izračunati koristeći izraz:

$$V = \frac{D}{3 \cdot [(A_1 + A_2) + \sqrt{A_1 \cdot A_2}]} \quad (1)$$

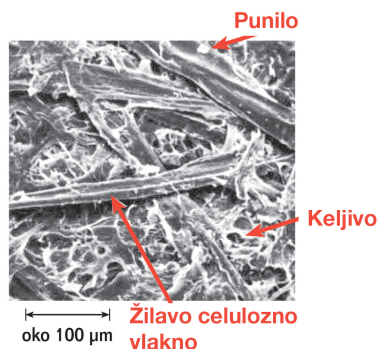
gdje je  $D$  dubina ćelije,  $A_1$  površina otvora ćelije na površini valjka, i  $A_2$  je površina ćelije u svojoj najnižoj točki. Dobiveni volumen se tada množi sa ukupnim brojem ćelija na *valjku*, pri čemu se dobije ukupni volumen bojila koji valjak može prenjeti. Karakteristike anilox valjka koje utječu na količinu prenesenog laka su: kut ćelija, volumen ćelija, i linijska barijera. Kut od  $60^\circ$  omogućava maksimalno zasićenje anilox valjka. Manji volumeni dati će i manju količinu bojila. Osim kuta od  $60^\circ$  postoje i kutovi od  $45^\circ$  i  $30^\circ$ .

## 2.3. MATERIJALI U TISKU

### 2.3.1. Tiskovna podloga

#### Papir

Papir (slika 6) se definira kao tanka plošna tvorevina koja se dobije ispreplitanjem vlaknaca, pretežno biljnog porijekla, a uz to još sadrži punila, keljiva i boje. Papir je najčešće korištena tiskovna podloga u tisku. Pod pojmom papir u širem smislu obuhvaćen je i materijal karton i ljepenka. Za proizvodnju papira upotrebljava se vlakno biljnog porijekla; u izuzetnim slučajevima koriste se i vlakna životinjskog i mineralnog porijekla. Danas se uspješno primjenjuju i sintetična vlakna. Glavne sirovine koje koristimo za proizvodnju papira su: tehnička celuloza, polutvorevina, drvenjača, poluceluloza, otpadni papir, jednogodišnje biljke i krpe. Osim osnovnih sirovina, pri proizvodnji papira potrebno je dodati punila, keljiva i boje. Ovisno o vrsti i kvaliteti papira, ovi materijali dodaju se u većim ili manjim količinama kako bi se ostvarila različita svojstva papira. Ovisno o korištenoj sirovini papiri se dijele u četiri skupine: *bezdrveni papiri*, *papiri s većinskim udjelom drva*, *papiri rađeni od starog papira* i *papiri od krpa*.



Slika 6. Mikroskopski prikaz papirne površine

Punila imaju svrhu da ispune prazninu između isprepletenih vlaknaca, te da daju papiru određenu težinu. Osim toga dodatkom punila postiže se manja prozirnost (opacitet papira), jednoličnost površine, mekoća, gipkost papira, bjelina, bolje prihvaćanje boje, i veća glatkoća. Negativne posljedice koje donose punila su da dodavanjem punila opada čvrstoća, odnosno krutost pri savijanju papira i kartona.

Keljiva se dodaju papirnoj masi da bi se vlakanca bolje povezala s punilima. Takav papir dobiva određenu čvrstoću te nepropustljivost za neke tekućine (tiskovne boje). Prema vrsti papira dodatak keljiva se može fino regulirati pomoću stupnjeva keljenja. Tiskovni papiri su obično  $\frac{1}{2}$  do  $\frac{3}{4}$  keljeni, no za četverbojni tisak (npr. ofsetni tisak) koriste se i punokeljeni papiri.

Bojila su također važan sastavni dio papira, te mu daje specifičan izgled. Dodavanje bojila vrlo je važno zbog nijansiranja tonova. Za nijansiranje se najčešće upotrebljavaju bazične boje koje su vrlo topive (modra i ljubičasta). Ova bojila se dodaju da se prekrije žuta nijansa celuloznog vlakna. Danas se bojanje može izvesti pomoću nekih optičkih bijelila [9,10].

Papir se nakon izrade doraduje. Dorada papira svodi se na satiniranje, rezanje, sortiranje, brojenje i pakiranje. Satiniranje papira se vrši radi dobivanja glađe i sjajnije površine. Prema konačno formiranoj površini papire smo podijelili na: *naravne papire* (strojno glatke, jednostrano glatke, krepovane), *satinirane* (mat satinirani, polu satinirani, oštro satinirani) i *oplemenjene* (pregani i dezenirani)

Pri projektiranju i proizvodnji različitih grafičkih proizvoda, gramatura ( $\text{g/m}^2$ ) ima veoma važnu ulogu. Na papirnom stroju gramatura se određuje količinom nanijete vlaknaste suspenzije. Takvim načinom dolazi do formiranja različitih gramatura papira koje se karakteriziraju kao: papiri, kartoni i ljepenke (tablica 1).

Tablica 1. Gramatura papira po KLEMMu

Tanki papir	do 49 $\text{g/m}^2$
Srednje tanki papir	50 – 69 $\text{g/m}^2$
Srednje teški papir	70 – 119 $\text{g/m}^2$
Teški papir	120 – 149 $\text{g/m}^2$
Polukartoni	150 – 199 $\text{g/m}^2$
Kartoni	200 – 450 $\text{g/m}^2$
Ljepenke	450- 5000 $\text{g/m}^2$

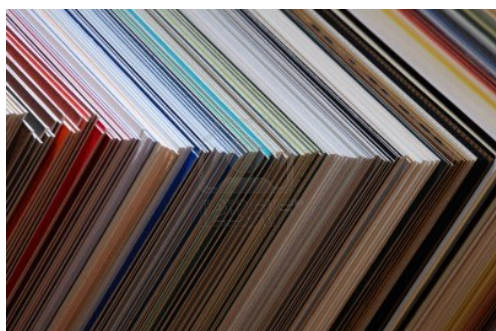
Na kvalitetu budućih otisnutih grafičkih proizvoda presudnu ulogu ima i površinska obrada papira. Papirnom doradom (premazivanjem, impregniranjem, pergamentiranjem, laminiranjem) dodatno se oplemenjuje površina papira. Najčešći doradni postupak je premazivanje.

U skupinu nepremazanih papira ubrojili smo sljedeće papire: *ofsetni papiri, reciklirani papiri, listovni papiri, papiri s vodenim znakom, knjižni papiri, novčani papiri, transparentni papiri, papiri za elektrofotografiju, papiri za Ink Jet*. Standardne oznake nepremazanog papira i njihov opis dan je u tablici 2.

Tablica 2. Tipovi nepremazanih papira za tisak iz role koji se koriste u ofsetu i bakrotisku

Oznaka	Karakteristika, kvalitete i primjena
WSOP papir	Specijalni papir za ofset iz role, s većim udjelom celuloznih vlakana dobivenih iz drvene sirovine, nepremazan i kalandriran.
SC-A papir	Nepremazani papir s većim sadržajem celuloznih vlakana dobivenih iz drvene sirovine, super kalandriran papir (papir sa sjajem).
SC-B papir	Poboljšani nepremazani novinski papir s površinskim sjajem dobivenim "NIP soft" kalanderom.
B kašasti papir	Nepremazani kalandrirani papir za ofsetni tisak iz role. Pri proizvodnji takvog papira koristi se: kemijska pulpa, drvena pulpa i punila. Bjelina takvog papira je stalna.
NP papir	Nepremazan papir, proizveden iz sekundarnih vlakana, Postoji u standardnoj i poboljšanoj varijanti. Gramatura mu je od 39 do 50 g/m <sup>2</sup> , dobrog površinskog sjaja, opaciteta i upojnosti. Kontinuirani papir: Rađen od bezdrvene celulozne pulpe, s manjim dodatkom drvene celuloze i recikliranog papira.
SC-HSWO papir	Nepremazani gramaturom specijalno težak ofsetni papir za tisak iz role. Super kalandriran.

Premazani papiri i kartoni (slika 7, 8 i 9) nastaju nanašanjem premaza u doradnoj fazi proizvodnje papira. Ono se može provesti: špricanjem, premazivanjem rakelom, premazivanjem četkama i premazivanjem valjcima. Premaz se na papir i može nanijeti u nekoliko slojeva sa jedne ili s obje strane papira. Premazi na papiru uglavnom se sastoje od mješavine pigmenata, veziva i optičkih dodataka (bjelila). Ovisno o količini nanošenog premaza na papir, razlikujemo sljedeće tipove papira (tablica 3) [11].



Slika 7 i 8. Kartoni i različiti premazi po bojama



Tablica 3. Tipovi obostrano premazanih papira za tisak u ofsetu i bakrotisku

Oznaka papira	Karakteristika kvalitete i primjena
Premazani papir špricanjem	Papir velikog volumena i zrcalnog sjaja. Uglavnom bijel (obojen) s jedne strane. Koristi se uglavnom za tisak etiketa, omota i visokokvalitetnih ambalažnih kutijica. Gramatura od 70 do 400 g/m <sup>2</sup> .
Premazani papir za umjetnički tisak	Premazani papir najbolje kvalitete nastao nanašanjem premaza u velikom sloju. Papir jednolične površine i izvrsnih tiskovnih svojstava.
Specijalno premazani papir za tisak ilustracija	Premazani papir za zahtjevne visokokvalitetne poslove. Obostrano premazana površina može mu biti sjajna, polusjajna i mat. Izvrsnih je tiskovnih svojstava.
Papir za tisak standardnih ilustracija	Papir solidne kvalitete premazan s obje strane.
Uobičajen papir za tisak ilustracija	Papir premazan s obje strane namijenjen za manje zahtjevnije poslove. Zaštićenog je sjaja i limitirane je kvalitete.
MWC/HWC	Premazani papir srednje težine / velike težine. Sirovina za proizvodnju celuloznih vlaknaca na bazi je drvene sirovine. Proizvodi se u gramaturi od 80 do 130 g/m <sup>2</sup> .
LWC papir	Premazani papir male težine koji se najčešće koristi za velike produkcije u ofsetnom tisku. Gramature je 72 g/m <sup>2</sup> .
LLWC/ULWC	Veoma lagan premazani papir / ultra premazani papir (gramature ispod 45 g/m <sup>2</sup> ). Koristi se djelomično u ofsetnom tisku i bakrotisku za tisak ilustriranih časopisa sa većim brojem stranica.
FC papir	Papiri koji su premazani ili pigmentirani s obje strane. Premazivanje vrši na velikim premaznim strojevima koji nanos određuju valjcima

Kvaliteta proizvedenog papira mora se konstantno kontrolirati, a to se radi primjenom raznih testova i mjernih uređaja. Ustanove za standardizaciju, mjeriteljstvo i kontrolu kvalitete su ISO, TAPPI i DIN, bez kojih je nezamisliv rad instituta kao što su GATF, FOGRA i PTS. Takve međunarodno važeće norme detaljno određuju i opisuju: način ispitivanja, potrebnu opremu za ispitivanje, i metodologiju prikaza i analizu dobivenih rezultata. U osnovi postoji nekoliko vrsta ispitivanja papira. To su: mehanička ispitivanja, fizikalna ispitivanja, morfološka ispitivanja i kemijska ispitivanja (tablica 4).



Slika 9. Fleksibilna ambalaža izrađena od kartona s otiskom

Tablica 4. Najvažnije ispitne metode u njemačkoj papirnoj industriji

Kriterij ispitivanja	Norme za ispitivanje / uređaji za ispitivanje
<b>Mehanička svojstva</b>	
Otpornost na savijanje	DIN53112
Dužina kidanja	DIN 53112
Otpornost na pucanje	DIN 53115
Otpornost statičko probijanje	ISO 3037:1994
Otpornost na otiranje	BS 3110:1959
Uzdužni i poprečni smjer papira	Testovi savijanja, kidanja, vlaženja
Prašenje i čupanje papira	DIN 53113 ili DIN 53141
<b>Fizikalna svojstva</b>	
Gramatura papira	DIN 53104 / DIN ISO 536
Prostorna težina papira	DIN 53105
Debljina papira	FOGRA uređaj za mjerenje
Vlaga u papiru	Kontaktni kut FOGRA
Keljivost papira	Razne metode, DIN 53126
Glatkoća papira	ISO 5636 / TAPPI 460 m-46
Sjajnost papira	ISO 2813, ASTM D523 i DIN 67530
Bjelina papira	Određuje se na fotometru
Sposobnost papira da upije tiskovnu boju	DIN 53145 ili ISO 2469
Statički elektricitet	DIN 53130
Propusnost vode kroz papir	FOGRA
Transparentnost (prozirnost) i opacitet papira	DIN 53146 / ISO 2471
<b>Kemijska svojstva</b>	
pH vrijednost	DIN 53124

Da bi se postigla zadovoljavajuća otpornost tiskovne podloge od vanjskih mehaničkih utjecaja, određeni čimbenici moraju biti usklađeni. U tablici 5 prikazana je međusobna ovisnost mehaničkih svojstava papira.

Tablica 5. Papirna svojstva koja utječu na otpornost tiskovne podloge od vanjskih mehaničkih utjecaja

Krutost	Prskanje	Glatkoća	Kompresibilnost
Otiranje	Otpornost jačine pucanja	Količina premaza	Kidanje
Pucanje	Čvrstoća	Otpornost na rastezanje	Keljivost papira
Otpornost na čupanje	Glatkost površine	Cjepanje	Naljeganje

## Papiri i kartoni za ofsetni tisak

Papiri za plošni tisak moraju zadovoljiti visoke kriterije, naročito one koji se odnose na vlaknasto-sirovinski sastav i završnu obradu. Pod tim se podrazumijeva i optimalna keljenost, otpornost na utjecaj vlage, te kemijska neutralnost, naročito prema tiskovnoj formi i boji.

Na otiranje otiska značajno utječe reakcija tiskarske boje s korištenom tiskovnom podlogom. Široka paleta kvalitativno različitih tiskovnih podloga koje se danas koriste može značajno doprinjeti smanjenju ovog problema. Otiranje otiska izraženije je na tiskovnim podlogama čija površina ima grubu strukturu, kao na primjer kod mat premazanih papira. Površina tih tiskovnih podloga znatno je abrazivnija od površine glatko premazanih papira.

Veća glatkost površine papira pridonosi kako njegovoj pogodnosti za tisak, tako i kvaliteti samog otiska. Pod glatkoćom neke površine podrazumijevamo približavanje te površine idealnoj ravnini. Kod tiskovnih podloga ona ovisi o rasporedu vlakanaca na površini, količini i finoći punila, stupnju mljevenja i načinu glačanja papira. Razlikujemo mikro i makro neravnine kod tiskovnih podloga. Mikro neravnine nastaju zbog nejednakosti i neravnina vlakanaca i čestica punila koje leže na površini papira. Makro neravnine nastaju stvaranjem valova ili nakupljanjem vlakanaca na površini papira.

Uz glatkost i hrapavost upojnost tiskovnih podloga još je jedno svojstvo koje je usko povezano sa otiranjem otiska. List papira, ovisno o načinu izrade, sadrži više ili manje šupljina koje utječu na njegovu upojnost. Premala upojnost tiskovne podloge kod plošnog tiska ne omogućuje prodiranje boje u tiskovnu podlogu dovoljno brzo što rezultira mazanjem otiska. Kod prevelike upojnosti vezivo tiskarske boje prebrzo ili potpuno prodire u tiskovnu podlogu, dok pigment nevezan ostaje na površini i lako se otire.

## Karton

Kartonom (slika 10) se općenito nazivaju papiri gramature iznad 250 g/m<sup>2</sup>. Razlikujemo jednostavne i složene (višeslojne) kartone. Složeni kartoni mogu biti sastavljeni od dva ili više slojeva. Kartoni se mogu razlikovati i po kvaliteti a dijelimo ih na; kartone koji se izrađuju od otpadnih papira ili celuloze uz dodatak drvenjače i kartone koji se izrađuju od 100% izbijeljene kemijske pulpe. Kartoni od čiste celuloze se koriste za pakiranje hrane, kozmetički proizvoda, nekih duhanskih proizvoda te općenito za pakiranje skupljih proizvoda. Kvalitetniji kartoni imaju premaz, a obično su strojno glatki ili jednostrano glatki i dobro su lijepljeni. Prema sastavu i kvaliteti, kartoni imaju različitu primjenu.

Izbijeljeni karton od celuloze se dobiva od 100%-tne izbijeljene kraft celuloze. To je gust i čist materijal, prikladan za visoke zahtjeve. Neizbijeljeni karton od celuloze se dobiva od 100%-tne neizbijeljene celuloze te je prirodno smeđe boje. Karton od primarnih vlakana sadrži gornji sloj od izbijeljene celuloze, središnji sloj od drvenjače i tanki celulozni sloj na poledini. Sivi karton se u potpunosti dobiva od starog papira odnosno od materijala od sekundarnih vlakana. Karton koji sadrži stari papir se pretežno proizvodi od sekundarnih vlakana. Pokrovni sloj čini izbijeljena celuloza ili odabrani bijeli stari papir. Unutrašnji sloj se sastoji također od odabranog starog papira kao i poledina.



Slika 10. Fleksibilana ambalaža izrađena od kartona

S obzirom na postupak proizvodnje, međusobno se razlikuju papir i karton. Papir se proizvodi isključivo na strojevima s dugim i ravnim sitima, a karton kombinacijom okruglih i dugih sita. Višeslojni kartoni (*Multiply fiberboard*) proizvode se na način da se više slojeva pulpne mase gnječenjem prijanjaju i tako se stvara samo jedan sloj. Ovisno o konačnoj primjeni, duplexi i tripleksi mogu biti izrađeni iz različite pulpne

mase (kombinacija sekundarnih vlakana i 100% izbijeljene kemijske pulpe). Ti papiri (kartoni) mogu biti različito obojeni, kako u vanjskom tako i u unutarnjem sloju. Ovisno o pulpi koja se je koristila, kartoni će imati bolja ili lošija mehanička ali i optička svojstva.

### Kromo karton

Koristi se za izradu skupne i prodajne složive kartonske ambalaže (kutija), zatim za izradu korica za meki uvez knjiga, brošura, kataloga, razglednica i mnogih drugih grafičkih proizvoda. Sastavljen je iz više različitih slojeva: gornji sloj od bijeljene celuloze, srednji od drvenjače, a zadnji od nebijeljene celuloze. Pokrovni sloj od kemijske celuloze je bijeljen i premazan pigmentom. Poledinski sloj može biti deblji ili premazan pigmentom. Najveća prednost ovog kartona je sjaj, bjelina kao i mogućnost tiska visoke kvalitete. Upotrebljava se za luksuznu ambalažu u prehrambenoj industriji. Čvrstoća mu varira u ovisno o gramaturi, tj. površinskoj gustoći ( $50 \text{ g/m}^2$  -  $500 \text{ g/m}^2$ ).

### 2.3.2. Ofsetno tiskarsko bojilo

Bojilo za litografski ofsetni tisak vrlo je složenog sastava. Ono sadrži:

- *pigmente,*
- *veziva,*
- *punila,*
- *dodatke.*

Pigment daju grafičkom bojilu obojenje. To su prirodno ili umjetno dobivene obojene čestice, anorganskog ili organskog porijekla. Budući da su pigmenti čvrstog stanja, oni bojilu daju i određenu čvrstoću, masu i konzistenciju. Važno svojstvo pigmenata je pokrivenost. Pokrivenost grafičkog bojila označava njegovu sposobnost pokrivanja podloge. Po intenzitetu pokrivenosti bojila se dijele na: *pokritna, transparentna i polupokritna*. Ostala važnija svojstva pigmenata su: izdašnost, svjetlostalnost, tekstura, otpornost pigmenata prema vodi.

Punila se upotrebljavaju kao dodatak transparentnim ofsetnim bojilima. Ona ne utječu na nijansu bojila, a poboljšavaju konzistenciju te povećavaju masu. Punila moraju biti otporna prema vezivima i pigmentima. Prema porijeklu mogu se podijeliti na prirodna i umjetna. Najčešća punila za grafičke boje su: barijev sulfat, aluminijev hidrat, magnezijev karbonat, kalcijev karbonat, talk, glina itd.

Vezivo je uz pigment najvažnija komponenta tiskarskog bojila. Kao tekuća komponenta ono daje glavna svojstva tiskarskom bojilu koja su vezana za pojam tiskovnost. Moderna veziva sve češće sadrže sintetske smole, voskove, alkohole, estere i ketone. Zadaća veziva je da obavije svaku česticu pigmenata, čime se postiže jednolikost tiskarskog bojila, bolju sposobnost za tisak i dobro vezivanje bojila na tiskarsku podlogu. Po kemijskom sastavu veziva se dijele na: *sušiva uljna veziva, nesušiva kompoziciona veziva, sušiva kompoziciona veziva i hlapiva veziva*.

Uz ulja dodaju se i smole. Smole zauzimaju veoma značajno mjesto u proizvodnji ofsetnih grafičkih bojila i lakova. One se miješaju sa vezivima te bojilu daju specifična svojstva: čvrstoću, sjaj, adheziju, fleksibilnost, postojanost prema višim temperaturama, otpornost na kiseline, otpornost na lužine i bržu sušivost. Prema porijeklu smole dijelimo na prirodne i umjetne.

Osim osnovnih komponenata moderna ofsetna bojila sadrže razne dodatke kao što su: sušila, sredstva za suzbijanje mikroorganizama, sredstva za kvašenje, antioksidansi, mirisi itd. Ona poboljšavaju određena svojstva boja ili otklanjaju nepoželjne pojave u toku proizvodnog procesa ofsetnog tiska.

Sikativi ili sušila ubrzavaju sušenje bojila na tiskarskoj podlozi i to ako su veziva sposobna da oksipolimeriziraju u tanke filmove. Sušenje ofsetnog bojila na tiskovnoj podlozi može se provesti: fizički (apsorpcijom), kemijski (oksipolimerizacijom) [12,13,14].

### Bojilo za plošni tisak

Tehnika ofsetnog tiska odlikuje se otiscima koje karakterizira mekoća, ujednačenost i mirnoća tonova i polutonova, te sposobnost da se reproduciraju detalji na hrapavim i jeftinim papirima. Ofsetna bojila moraju zadovoljiti mnoge uvjete u odnosu na druge tehnike tiska. Od njih se traži dobra „duljina“, povoljna ljepljivost, optimalni viskozitet, izdašnost, dobra dispergiranoš, te ne smiju naginjati emulgiranju, toniranju i mašćenju.

Zbog upotrebe tekućine za vlaženje u ofsetnom tisku ofsetna bojila moraju biti izrađena samo od pigmenata koji su otporni prema vodi. Ispitivanja su pokazala da je optimalna količina vode koju ofsetno bojilo prima 30% - 35%. Zbog dvostrukog prijenosa u ofsetnom tisku (od tiskovne forme na ofsetnu gumu, te sa ofsetnog cilindra na tiskovnu podlogu) sloj bojila na otisku je mali (oko 1 $\mu$ m). Prema tome ofsetna bojila moraju biti izrađena iz pigmenata visoke izdašnosti i veće koncentracije. Pored toga ofsetna bojila ne smiju razarati ofsetnu gumu i izazivati njezino bubrenje. Bojilo se ne smije previše razrjeđivati, jer dolazi do slabog držanja bojila na papiru, odnosno toniranja itd [15,16].

### 2.3.3. Ofsetni lakovi

Lakovi se koriste za ukrašavanje i zaštitu grafičkih proizvoda. Lakovi za premazivanje temelje se na organskim vezivima koji mogu biti: tekućine, praškovi, te fizikalno ili kemijski sušeci materijali. Fizikalno kemijski sušeci materijali se mogu nanášati premazivanjem, prskanjem, uranjanjem i drugim postupcima obrade površine te rezultiraju zaštitnim i dekorativnim premazom sa specijalnim svojstvima. U konačnici oni trebaju stvoriti besprijekoran stvrdnuti film od laka koji će dati visoki sjaj a ujedno će i pružati mehaničku zaštitu (otpornost na otiranje). U osnovi lakove možemo podijeliti na: *lakove na bazi ulja, vododisperzivne lakove i UV lakove*.

Lakovi općenito sadrže: *veziva (stvaraju osušen film), otapala i dodatke*. Glavni sastojak laka je vezivo ili kombinacija veziva. Od veziva se očekuje da stvori tanki i ravnomjerni film, te da zajedno drže sve komponente na okupu. To će jamčiti i dobro prihvaćanje za tiskovnu podlogu. Osušeni lak treba imati sjaj te biti otporan na toplinu, postojan na razne klimatske uvjete, otporan na svijetlo i kemikalije, sjaj, i zadovoljavajuća mehanička svojstva. Osnovne komponente tiskarskih lakova prikazane su na tablici 6.

Tablica 6. Osnovne komponente tiskarskog laka

Hlapljivi sastojci	Otapala		Osušeni film laka	Lak ili lakirna boja
Nehlapljivi sastojci	Vezivna sredstva	Površinski sloj laka Omekšivači Pomoćni materijali		
	Dye	Bojila Pigmenti		
	Dodaci	Punila		

polimerne komponente

Općenito lakove možemo podijeliti u nekoliko skupina. To su lakovi koji se razlikuju:

- a) prema tipu veziva: (uljni lakovi, alkid-smolasti lakovi, kaučuk lakovi, nitrolakovi, acrylatlakovi, poliesterlakovi, polibla lakovi, epoxid-smolasti lakovi).
- b) prema načinu nanošenja: (premazni lakovi, lakovi koji se ulijevaju, lakovi koji se špricaju, lakovi u koje se uranja tiskovna podloga).



- c) prema metodi sušenja: (lakovi koji se stvrđavaju kemijskim ili fizikalnim reakcijama, hladnim odnosno vrućim stvrđavajućim lakovi, termolakovima, lakovi koji se suše na zraku, lakovi koji se stvrđavaju u vlažnim uvjetima).
- d) Prema umreženoj reakciji: (polimerizacijskom, polikondenzacijskom i poliadiacijom).
- e) Prema strukturi: (lakovi s otapalima, disperzivni lakovi, praškasti lakovi).

U formiranom sloju laka najveći udio čine umjetne smole. One su makromolekularni spojevi (nitroceluloza, polivinilska smola) ili se mogu primjenjivati niskomolekularni spojevi koji će tijekom stvrđavanja prijeći u makromolekularni spoj (nezasićene poliesterske smole, epoksid-smole). Smole su prirodni ili sintetski materijali staklasto-amorfne strukture. One su lako topive u organskim otapalima, te služe za povećanje udjela krutog materijala u vezivima, povećavaju čvrstoće filma, poboljšavaju čvrstoće prijanjanja i povećavanje sjaja. Problem kod makromolekularnih spojeva može se pronaći u nezadovoljavajućim mehaničkim svojstvima ali samo kod spojeva dovoljno visoke molekularne mase. Za uspješno rukovanje trebaju se koristiti spojevi niskog viskoziteta (niske molekularne mase).

Omekšivači su hlapljivi organski materijali uljne konzistencije. Smanjuju područje omekšavanja sintetskih polimernih veziva. Prednost im je što pri niskoj radnoj temperaturi stvaraju film laka čija je elastičnost velika.

Ofsetni lakovi mogu sadržavati i lakohlapiva otapala, koja tijekom sušenja isparavaju. Njihova je osnovna zadaća otopiti guste komponente veziva i prevesti ih u manje viskozan oblik. Prvenstveno se primjenjuju: specijalni derivati benzina, tetral, terpentinsko ulje, ksilol, metilen- klorid, cikloheksanon, aceton, metiletilketon, etilacetat, tetrahidrofur.

Lakovima se dodaci dodaju u malim količinama poboljšavajući pritom svojstva premaza. Najčešći dodaci su: *ubrzivači stvrđavanja, sredstva za sprečavanje stvaranje nabora, razvojna sredstva, sredstva za umreženje, sredstva za sprečavanje razlijevanja*. Sikativi potiču stvaranje radikala u oksidativno sušećem sloju filma, čime se ubrzava polimerizacija. Ubrzivači stvrđavanja koriste se kod lakova koji suše kemijskim reakcijama, te su oni katalizatori za umrežavajuću reakciju polimerizacije. Sredstva za sprečavanje stvaranja nabora većinom su antioksidansi. Ona pospješuju ravnomjerno sušenje u cijelom sloju premaza, čime se sprečava stvaranje nabora

(smežuranosti). Mnogo se radi na razvoju novih sredstava koja potiču stvaranje glatkih i ravnomjernih premaza. Takvi dodaci temelje se na hlapljivim otapalima koja će u dužem vremenskom periodu održavati naneseći sloj laka konstantnim. Sredstvo za umreženje omogućava zadovoljavajuću disperziju pigmenata u vezivnim sredstvima. Od dodataka dodaju se i sredstva za sprečavanje razlijevanja, dok matirajuća sredstva služe za ciljano formiranje svilenkasto-sjajnih lakiranih površina. Mehanizmi sušenja lakova mogu biti različiti. U tablici 7 prikazani su oni najčešći.

Tablica 7. Mehanizmi stvaranja tvrdog sloja sa uljnim lakom

Isparavanje tekućina iz otopina ili disperzija s makromolekularnim spojevima	Sušenje na zraku pri sobnoj temperaturi Pečenje pri povišenoj temperaturi	Fizikalno stvrdnjavanje
Hlađenje rastopljenih makromolekularnih spojeva	Rastapanje na hladnoj podlozi Rastapanje na vrućoj podlozi	
Stvaranje filma kroz kemijske reakcije poput polimerske sinteze ili polimerizacije makromolekularnih spojeva	Kemijsko stvrdnjavanje	

Otvrdnjavanje fizikalnim reakcijama primjenjuje se pri upotrebi: organskih otapala, vodenih derivata celuloze, klorkaučuka, vinilpolimera, akril- smola, stiro- butadien- kopolimera, poliestera. Ovom metodom suše se i praškasti lakovi bez otapala (poliamidi, poli-olefini) [17].

Otvrdnjavanje kemijskim reakcijama primjenjuje se u slučaju korištenja monomera koji sadrže malo otapala. Pritom je moguće kreirati sve polimerske sinteze nezasićenih polimerskih smola.

## Lakovi na bazi ulja

Lakovi na bazi ulja su lakovi koji se najdulje koriste u grafičkoj industriji. Neškodljivi su za okoliš i lagani za preradu. Nastali filmovi su žilavi, starenjem žute što negativno utječe na kvalitetu otiska. Lakiranje se izvodi jednostavno, pri čemu se koriste ofsetne tiskovne jedinice (posljednja tiskovna jedinica ako je višebojni tiskarski stroj ili nakon sušenja na jednobojnom ofsetnom tiskarskom stroju). Kod lakiranja na višebojnim tiskarskim strojevima postoji mogućnost smanjenja kvalitete lakiranja zbog nanašanje laka na neosušeno bojilo. Zbog toga se kod ovakvog lakiranja preporučuje korištenje posebnog tiskarskog stroja i lakiranja na prethodno osušenu boju. Prednost ovog lakiranja je da tiskari primjenjuju istu proceduru kao i za standardno ofsetno bojilo. Samim time vrijeme pripreme je veoma kratko i moguće je koristiti iste pomoćne kemikalije.

Lakovi na bazi ulja pretežno se sastoje od mineralnih ulja, sušivih ulja, alkidnih smola sikativa i različitih aditiva koje nemaju obojenje. Veziva mogu biti biljna ulja, laneno ulje, ulja iz drvene baze ili sojino ulje. Ofsetni lakovi ne sadrže pigmente tako da se kod klasičnog uljnog tiskarskog laka radi o jednoj nepigmentiranoj pastoznoj masi. Udio suhe tvari u ovim lakovima je oko 75%. Sušenje lakova obavlja se apsorpcijom i oksidacijom tj. prodiranjem u papir i zatim vezanjem kisika iz zraka gdje sikativi obavljaju funkciju katalizatora.

Kao i ofsetna tiskarska boja ovakvi lakovi suše oksidacijom, tj. dvostruke veze nezasićenih masnih kiselina ( $C=C$ ) privlače kisik iz zraka i uz pomoć sušila ih vežu u nove ( $C-C$ ) spojeve. Tako dolazi do 3D umreženja. Reakcije sa kisikom teško je kontrolirati a samim time i oksidacijsko sušenje. Time dolazi i do različitih popratnih reakcija. Nezasićene masne kiseline se mogu razgraditi i formirati niskomolekularne spojeve, kao što su hlapljivi ketoni, aldehidi i hidroksilni spojevi.

Kada se govori o prednostima korištenja lakova na bazi ulja, onda su to: jednostavan postupak lakiranja, nije potrebno korištenje posebnih lak agregata, lak je relativno neosjetljiv na vlagu, dobra interakcija s nealkidnim bojilima, jednostavno izvođenje parcijalnog lakiranja. Međutim, osim prednosti koje omogućuje lakiranje na bazi ulja, postoje i nedostaci koji su upotrebu ovakvog lakiranja sveli na minimum, posebno u ambalažnoj industriji. Nedostaci ovakvih lakova mogu se pronaći u sporom sušenju,

povećanom pudranju tijekom tiska, malom nanosu laka, slabom sjaju, žućenju otiska nakon određenog vremenskog perioda, neugodnom mirisu, otežanom lijepljenju na lakiranim mjestima. U industriji ambalaže lakiranje na bazi ulja potpuno je izgubilo na značenju te se gotovo i ne primjenjuje. Lakiranjem se dobije samo mehanička zaštita npr. prilikom transporta ili korištenje proizvoda dok je efekat sjaja minoran. Za postizanje boljeg estetskog izgleda treba se koristiti vododisperzivni ili UV lak [18].

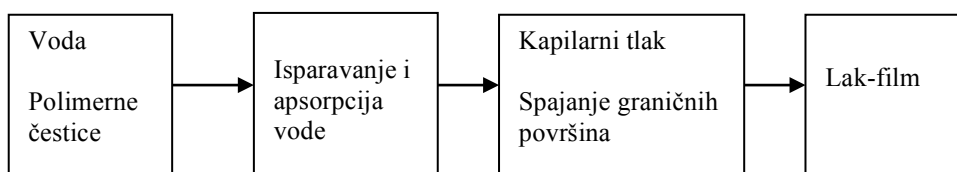
### Vododisperzivni lakovi

Vododisperzivno lakiranje izvodi se tako da voda iz laka prvo penetrira u tiskovnu podlogu da bi nakon nekoliko sekundi započelo isparavanje, ako se otisak izloži vrućem zraku i IR zračenju. Lakovi na bazi vode suše se u tunelima u koje se izvlači topli zrak čime se proces sušenja ubrzava. Ovaj tip laka prvenstveno se koristi se za lakiranje preko cijele površine iako je lakiranje moguće obavljati i parcijalno. Vododisperzivno lakiranje izvodi se preko gumene navlake na kojoj može doći do interakcije između laka i gumene navlake. To može dovesti do neželjenog taloženja laka i bojila, što rezultira čestim zaustavljanjem stroja i pranja gumene navlake. Zbog toga se koriste specijalne gumene navlake koje lakše prenose lak i manje skidaju bojilo sa prethodno formiranog otiska. Lak se na otisnuti arak nanosi anilox valjkom ili sustavom valjaka nanosača. Za ovakvu vrstu lakiranja koriste se konvencionalne ofsetne boje. Vododisperzivni lak sadrži četiri osnovne komponente. To su: *polimerna disperzija, smole topive u vodi, voda i aditivi*.

Disperzije su tekućine u kojima se nalaze raspršene čestice. Temelj vododisperzivnih lakova su različiti tipovi polimernih disperzija. Pritom se radi o modificiranim akrilatima, koje ovisno o molekularnoj strukturi mogu biti tvrdi ili meki. Da bi se stvorio film, disperzijske čestice moraju koagulirati, uslijed čega dolazi do rastapanja graničnih površina. Drugu bitnu komponentu predstavljaju smole. One u kontaktu s amonijakom postaju topive. Aditivi u laku su različite supstance koji utječu na razne karakteristike. To su: površinska napetost, umrežavanje, mazivost, otpornost na habanje, stvaranje filma itd.

Za razliku od tradicionalnog uljnog laka, vododisperzivni lak suši se penetracijom ili isparavanjem vode. Lakirana površina se tako ne bi se smjela dirati prvih 10 sekundi od formiranja otiska, dok će se u cijelosti sloj laka suši mnogo duže. Otisak otporan na ogrebotine ostvarit će se tako tek nakon potpunog sušenja bojila. Pritom je važan čimbenik tiskovna podloga.

Tablica 8. Shematski prikaz faza pri stvaranju filma sa vododisperzivnim lakom



Vododisperzivni lakovi sastoje se od fino dispergirane mješavine modificiranih akrilnih smola, vodotopivih smola, voska i aditiva u vodi. Udio suhe tvari je kod ovih lakova kreće se između 35% - 45%. Prednosti vododisperzivnih lakova su: veći sjaj laka od laka na bazi ulja, dobra mehanička zaštita od proizvoda, brzo sušenje otiska, lako pranje lak agregata (samo s vodom), nije štetan za okoliš, otisak nakon nekog vremena ne mijenja boju (ne žuti), lak nema miris (nezamjenjiv je pri uporabi mirisno neutralnih bojila), jednakomjerni faktor trenja na otisnutim i neotisnutim mjestima. Jedna veća zamjerka može se pronaći kod tiska na tanjim papirima gdje može doći do razvlačenja papira uslijed vlaženja.

U tiskarskom procesu metode nanašanja vododisperzivnih lakova mogu biti različite. Uglavnom se koriste sljedeće tiskovne jedinice: lak jedinca na ofsetnim tiskarskim strojevima (sistem nanašanja glatkim valjcima ili sistem s komornim rakelom), jedinicom za vlaženje kod ofset tiskarskih strojeva (off-line strojevi za lakiranje). Premazivanje površine moguće je provesti i na drugim tiskarskim strojevima, a to sa jedinicom za flexo-tisak (anilox valjkom), jedinicom za lakiranje gdje je lak pod niskim tlakom, jedinicom za obojavanje na ofsetnim strojevima i jedinicom za lakiranje kod ofset rotacija.

Kako bi se postiglo dobro sušenje i otisak bez oštećenja, preporuča se da se stroju doda dodatna sušara. Na taj način je moguće postići otiske visokog sjaja u visokoj brzini proizvodnje. U tom slučaju moguće je dodavanje sušare koja suši principom vrućeg zraka. Kako bi se ubrzalo sušenje bojila (otisnutih ispod laka), preporuča se korištenje infracrvenih lampi (srednje područje IR zračenja). Pritom se koriste i sustavi za hlađenje

kako bi se otisci ponovno vratili na početnu temperaturu. Temperatura otiska stoga ne smije prelaziti 35° C, kako bi se izbjeglo ljuštenje ili blokiranje bojila. Pri visokim temperaturama sloj bojila gubi početni viskozitet i prodire u sloj laka. Pri procesu sušenja važnu ulogu ima izbacivanje kontaminiranog zraka. Ukoliko ono ne postoji, postoji rizik da dođe do štetnog učinka na radnike [19].

Tablica 9. Prikaz karakteristika vododisperzivnih lakova

TEKUĆI LAK	OBRADA	SUHI LAK-FILM
visoka čvrstoća	nema skidanje laka u slojevima	sjaj
prilagođena viskoznost	bez blokiranja	otpornost na struganje
stabilnost viskoznosti	bez sušenja u jedinici za lakiranje	mogućnost recikliranja
moguća otpornost na mraz	nisko pjenjenje	fleksibilnost (pero i utor)
formiranje filma, čak i pri niskim temperaturama	Korištenje na veći broj tiskovnih podloga	čvrstoća
neoznačen	mogućnost pumpanja	bez mirisa
biorazgradiv	uglavnom korištenje bez pudranja	mogućnost lijepljenja
niska površinska napetost	niska potrošnja	ne žuti
bez organskih otapala	bez mirisa	glatkoća
bez mirisa	jednostavno čišćenje	jasni filmovi
		mogućnost tiskanja na folije
		visoko prijanjanje filma

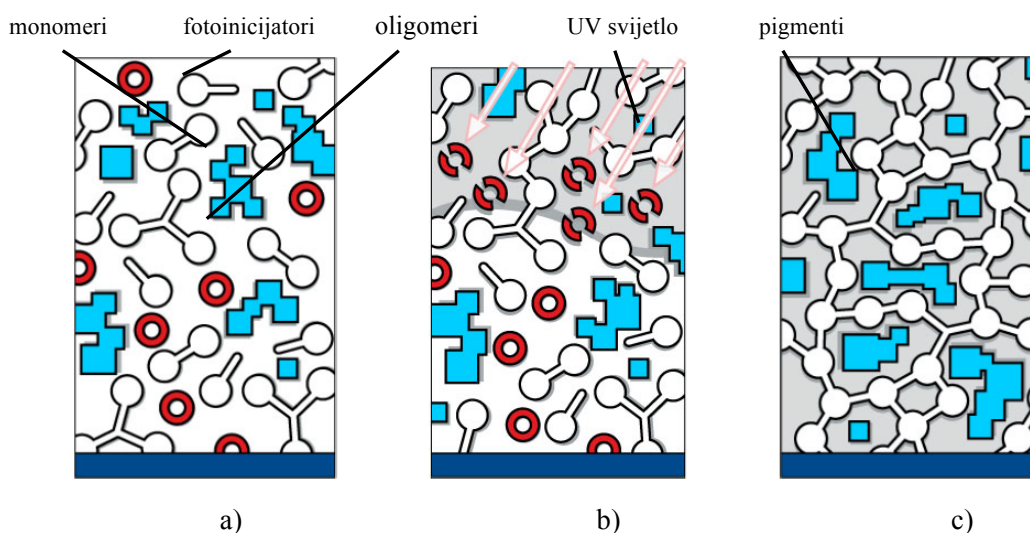
#### Primer lak

Primer lak je jedinstveni naziv za lakove koji se koriste za pred obradu površine. Primer lak je vododisperzivni lak koji povezuje sloj bojila i sloj budućeg UV laka, kako bi se spriječilo njihovo miješanje. Osim toga sloj primera izravnavati će otisnutu površinu i tako stvoriti ugrađenu podlogu, što je preduvjet za veći sjaj. Osnovni preduvjet je da primer bude suh prije nanosa UV laka. Budući da primer lak sam po sebi ima određeni sjaj, može se koristiti i kao osnovni lak bez naknadnog nanašanja drugih lakova.

## UV lakovi

Za razliku od vododisperzivnog i uljnog lakiranja, UV lakiranje omogućuje postizanje visokog efekata sjaja. Otisci UV lakom imaju i veliku glatkoću kakva se ne može postići s uljnim i vododisperzivnim lakiranjem. Nanos UV laka moguće je izvesti leterpress ili fleksografskom tiskovnom formom. Jedinica za nanašanje UV laka sadržava kromirani valjak koji preuzima lak s gumenog valjka duktora (uronjen u kadu s lakom) ili pomoću anilox valjka koji je u kontaktu s kromiranim rakelom.

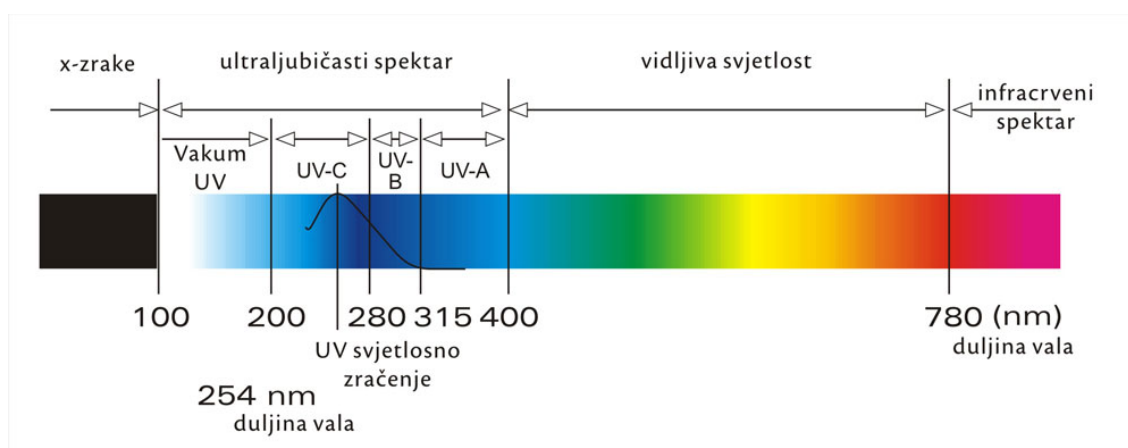
UV lakovi sastoje se od tekućih smola, aditiva i fotoinicijatora. Fotoinicijatori omogućuju pokretanje lančane reakcije umrežavanja molekula pod utjecajem UV zračenja. UV lak će tako stvoriti mrežu monomera i oligomera. Monomeri su male organske molekule, povezane kovalentnim vezama, koji grade oligomere i polimere. Oligomeri posjeduju veću molekularnu masu od monomera, te daju važna svojstva stvrdnutom filmu (kemijska postojanost, tvrdoću, sjaj i adheziju). UV lakovi se pod djelovanjem UV zračenja polimeriziraju u čvrsti film. Dakle, bez djelovanja UV zračenja ostati će tekući te neće doći do sušenja. Mehanizam sušenja (slika 11) provodi se tako da se fotoinicijatori pod utjecajem UV zračenja raspadaju na kemijski reaktivne radikale koji započinju umrežavanje monomera u čvrsti plastični film. Samim time otisnuti arak se može odmah slati u doradu.



Slika 11. Proces stvrdnjavanja laka a) tekući lak, b) proces plimerizacije, c) tvrdi film

UV lak sadrži pet komponenata. To su: *fotoinicijatori, monomeri, oligomeri, aditivi i pigmenti*. Prvenstveno to je: boja pigmentata, koncentracija pigmentata, veličina čestice i debljina filma.

UV zračenje obuhvaća elektromagnetsko zračenje s valnim duljinama manjim od okom vidljive svjetlosti, ali većim od onih koje imaju X-zrake, (kreću se u rasponu od 10 nm do 400 nm, s energijom fotona od 3 eV do 124 eV). Kada se promatra njegovo djelovanje na stvrdnjavanje filma, ultraljubičasto zračenje se obično dijeli na 3 područja: UVA ili dugovalno (400–315 nm), UVB ili srednjevalno (315–280 nm) i UVC ili kratkovalno (< 280 nm) (slika 12). UV-C zračenje je bitno za pokretanje reakcije polimerizacije UV tiskarskog bojila i UV laka, dok UV-A zračenje pruža podršku i omogućava za pokretanje reakcije. UV-B zračenje je odgovorno za visoku propusnost slojeva bojila i lakova.



Slika 12. Područje UV dijela spektra u odnosu na različite frekvencije elektromagnetskog zračenja

UV tehnologija lakiranja ima mnoge prednosti. To su: vrlo visok sjaj (cca 85%), potreba vrlo malog ili nikakvog pudranja, trenutno sušenje, mogućnost tiska na neupojne podloge (metalizirani, plastični, sintetski i dr. papiri), odlična mehanička zaštita proizvoda, mogućnost izvedbe različitih mirisa, mogućnost izvedbe različitih vizualnih efekata (biserni, metalni i sl.), jednostavno parcijalno lakiranje (spotno lakiranje), mogućnost primjene raznih dizajnerskih efekata. Negativne strane su mu relativno veliki investicijski troškovi i velika potrošnja električne energije (UV).



UV lakove koristimo pri izradi proizvoda kod kojih nam je funkcija zaštite važan faktor. Najvećim djelom koristi se u ukrašavanje ambalaže. UV lakiranjem takva ambalaža postići će veći sjaj te u konačnici veću uočljivost. Najbolji komercijalni efekt postiže se UV lakiranjem na otiscima s hibridnim bojilima gdje se na otisku istovremeno ostvaruje mat i sjajni efekt. Ako se koristi neadekvatno bojilo UV lakiranjem na otiscima se mogu pojaviti problemi. Zbog toga su napravljene različite vrste bojila kako bi se omogućilo kvalitetno lakiranje. Tako se tehnologija UV lakiranja dijeli na: *UV lakiranje na otiscima s klasičnim ofsetnim bojilima*, *UV lakiranje na otiscima s UV ofsetnim bojilima*, *UV lakiranje na otiscima s hibridnim bojilima*.

#### UV lakiranje na otiscima s klasičnim ofsetnim bojilima

Kad se UV lak nanaša na otiske otisnute s klasičnim ofsetnim bojilima, dolazi do smanjenja sjaja bojila. Također dolazi i do problema s sušenjem boje kojoj treba puno više vremena od nanesenog UV laka koji se u potpunosti osuši. Naime, kad se na svježe bojilo otisne nepropusni sloj UV laka, prekida se oksidativni proces sušenja. Jedan dio bojila prodire u tiskovnu podlogu, dok drugi reagira sa slojem laka koji prodire u mokro bojilo. Posebno je to uočljivo na dijelovima s većom pokrivenosti bojilom. Lak se zbog toga ne suši dobro te stvoreni film izgleda mat umjesto sjajan. Ovaj nepoželjni efekt smanjenja sjaja naziva se „draw-back efekt“ (efekat pozadinskog uočavanja) te se ponekad koristi kao efekt grafičkog oblikovanja. Draw-back efekt problem može se riješiti na dva načina: nanosom primera (tisak mokro na mokro) ili off-line tisak (suho na suho).

Ako se tiska principom mokro na mokro prije nanosa laka potrebno je nanijeti sloj primer laka koji će sprječavati miješanje ofsetnog bojila i UV laka. Prednost ovog lakiranja je inline lakiranje pri čemu je potrebno imati dodatnu tiskovnu jedinicu. Ovakvo lakiranje je isplativo ako imamo veliku iskorištenost stroja. Pri otiskivanju mokro na suho prije lakiranja vrši se sušenje otiska nakon čega slijedi lakiranje otisaka. Primer lak tada nije potreban, te također nije potrebna ni dodatna tiskovna jedinica. Zbog tiska u dva prolaza produžava se vrijeme proizvodnje.

## UV lakiranje na otiscima otisnutih sa UV ofsetnim bojilima

Da bi se koristila tehnologija tiska s UV bojilima i UV lakovima, tiskarski stroj mora biti konstruiran tako da između svake tiskovne jedinice postoji UV sušač. UV bojilima nije moguće tiskati na običnim ofsetnim strojevima. Za tisak UV bojilima na stroju su potrebni: kromirani prijenosni cilindri koji su otporni na UV svjetlo, uređaj za odvođenje ozona koji se stvara pri UV sušenju, te zaštitna kućišta koja štite radnika od UV zračenja i agresivnih bojila.

Budući da je UV sušenje trenutno, prije lakiranja nije potrebno nanositi sloj primer laka. Tako za nanašanje UV bojila nisu potrebne dvije lak jedinice već samo jedna. Međutim, kod korištenja ove tehnologije lakiranja potrebni su dodatni uređaji za sušenje iza svake tiskovne jedinice. Sjaj UV laka na UV ofsetnim bojilima je veći od kombinacije primer / UV lak na klasičnim ofsetnim bojilima. Najveća prednost UV bojila je trenutno sušenje tako da se vrlo jednostavno može tiskati na neupojne tiskovne podloge.

## UV lakiranje na otiscima sa hibridnim bojilima

Hibridna bojila predstavljaju kombinaciju konvencionalnih ofsetnih bojila (na bazi mineralnih ulja) te UV sušućih ofsetnih bojila. Hibridna bojila imaju sposobnost sušenja na dva načina: oksidativno sušenje i sušenje uz pomoć UV zračenja. Hibridna bojila također sadrže fotoinicijatore i polimeriziraju pod UV zračenjem. Budući da se djelom suše oksidativno, iza svake tiskovne jedinice nije potreban UV uređaj za sušenje, međutim nakon posljednje tiskovne jedinice otisak se izlaže UV zračenju. Nakon toga bojilo se skrućuje i lak se tiska na potpuno suh sloj, stoga kod UV lakiranja na hibridna bojila nije potrebno prethodno nanositi primer lak. Hibridna bojila sadrže agresivne fotoinicijatore kao i UV bojila i zbog toga je kao i kod tiska UV bojilima potrebno tiskati na stroju s dijelovima otpornim na UV svjetlo (tiskovne jedinice i izlagači uređaj).

Korištenjem hibridnih bojila jednim prolazom kroz stroj moguće je postići različite vizualne efekte. Motiv se tako može tiskati na prvoj tiskovnoj jedinici s hibridnim bojilom (koji se osuše na UV uređajima) nakon čega se otiskuju konvencionalna bojila, a završava sa nanosom UV laka. Svi tiskovni elementi otisnuti hibridnim bojilima tako daju glatku i sjajnu površinu, a svi elementi otisnuti s konvencionalnim bojilima tvore

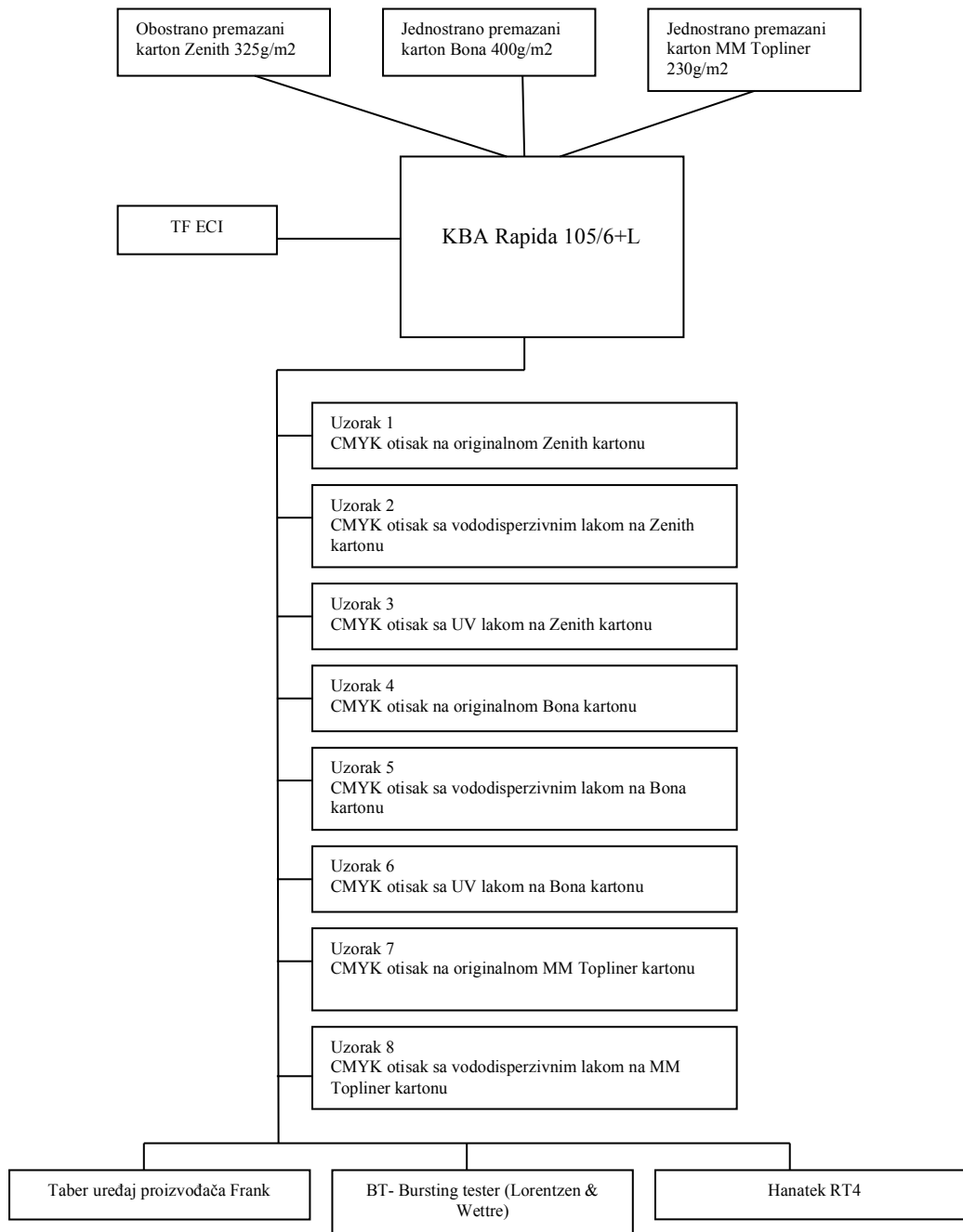
mat strukturiranu površinu. One tako vizualno slične plastičnom sloju. Isto tako moguće je parcijalno otisnuti i specijalni „hibridni lak“ prije UV lakiranja po cijeloj površini, čime se postiže mat premaz (mjesto gdje se nalazi hibridni lak) i sjajni premaz (mjesto gdje nema hibridnog laka). Na taj način omogućuje se primjena različitog dizajna, a da se pri tome ne moraju koristiti skupe fotopolimerene tiskovne forme za parcijalni nanos laka [19].

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. PLAN RADA I METODE ISTRAŽIVANJA

Za potrebe ovog rada bila je izrađena specijalna tiskovna forma ECI koja je osvijetljena na Luscher CTP-u XPose 160. Veći dio tiskovne forme zauzimali su polja za izradu ICC profila. Takva tiskovna forma još je sadržavala različite tiskovne elemente, a među njima i polja za određivanje otpornosti otisaka prema otiranju. Polja su bila veličine 5 x 5 cm. Na tiskovnoj formi nalazilo se je 8 takvih polja; cijan, magenta, žuta, crna, crvena, zelena, ljubičasto plava i CMY polje. Stroj na kojem su napravljeni otisci bila je šesterebojna KBA Rapida 105/6+L koja osim boja može otiskivati i lakove. Na taj način nastali su otisci u kombinaciji CMYK + vododisperzivni lak i CMYK + UV lak. Kao tiskovne podloge korišteni su standardni kartoni različitih debljina i gramatura koji se koriste za tisak kartonske ambalaže (Zenith, Bona i MM Topliner). Za lakiranje korišten je vododisperzivni lak (G 9/378 P-060) i UV lak (14 HC 114).

Pomoću uređaja Hanatek RT4 određena je otpornost otisaka na otiranje. Prije samog ispitivanja, polja za mjerenje izrezana su pomoću šablona na kružne uzorke promjera 5 cm. Na taj način dobivena su po 4 uzorka na kojem su otisnute dvije boje (C i M, Y i K, R i G, B i CMY). Ispitivanje je provedeno na svakom otisku na svakoj od tri korištene tiskovne podloge pod različitim uvjetima. Otisci su izlagani različitim pritiscima ( $0.344 \text{ N/cm}^2$ ,  $0.689 \text{ N/cm}^2$ ,  $1.378 \text{ N/cm}^2$ ) i brojevima okretaja (10 i 20 okretaja). Ofsetni papir koji je služio kao podloga za otiranje izrezan je na uzorke kružnog oblika promjera 14 cm. Na Lorentzen & Wettre Bursting testeru mjerilo se otpornost na jačinu pucanja (prskanja) za tri tipa kartona različitih debljina i gramatura. Za potrebe mjerenja izrezalo se 20 uzoraka dimenzija 200 x 200 mm, od toga 10 za ispitivanje s lica, a 10 za ispitivanje sa naličja. Taberovom metodom određena je krutost za tri tipa kartona različitih debljina i gramatura. Prema standardu ISO 2493 (25) za određivanje krutosti (pri savijanju) metodom Tabera predviđeno je mjerenje 20 uzoraka (po 10 iz svakog smjera) za svaki tip kartona. Uzorci se pri tome savijaju do kuta od  $15^\circ$  u lijevu i desnu stranu zbog dvostranosti kartona te se očituje vrijednost. U Originu pro 8.0 izradili su se grafički prikazi rezultata.



Slika 13. Shematski prikaz izvršenog eksperimenta

## 3.2. KORIŠTENI STROJEVI I UREĐAJI

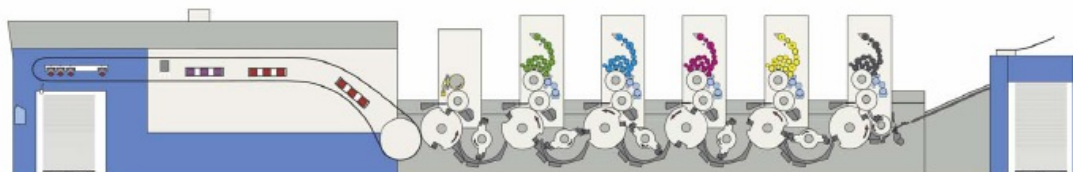
### 3.2.1. KBA Rapida 105/6+L

KBA rapida (slika 14) je ofsetni tiskarski stroj koji sadrži šest tiskovnih jedinica i jedinicu za lakiranje koja radi principom komornog rakela, te brojne tehnološke dodatke za održavanje visoke kvalitete tiska. KBA Rapida 105/6+L može vršiti lakiranje s dva tipa laka (vododisperzivnim i UV lakom).

Tablica 10. Tehničke karakteristike KBA Rapide 105/6+L

max. format za tisak kartona	740 mm x 1050 mm
max. format pod tiskom	730 mm x 1050 mm
min. format za tisak	340 mm x 480 mm
dimenzije ofset ploče	795 mm x 1060 mm
debljina ofset ploče	0,3 mm
dimenzije ofset gume	860 mm x 1070 mm
debljina ofset gume	1,95 mm
dimenzije ploče za lakiranje	795 mm x 1060 mm
debljina ploče za lakiranje	1,15 mm
hvat ulagaćih hvataljki	10 mm
min. debljina kartona	0,06 mm
max. debljina kartona	1,2 mm
max. brzina	18.000 ar./sat

Najtanja tiskovna podloga koja se otiskuje je gramature 70 g/m<sup>2</sup> dok je najdeblja gramature 500 g/m<sup>2</sup>. Time se otiskuju kartoni svih kvaliteta (od celuloznih pa do 100% recikliranih, te u kombinaciji sa laminiranim PET, PE, slojevima). Na takve tiskovne podloge moguće je tiskati sa metalnim efektima srebrne boje, zlatne i hologrami raznih oblika [18].



Slika 14. Shematski prikaz KBA Rapida 105/6+L

### 3.2.2. Hanatek RT4

Uređaj za ispitivanje otpornosti otiska na otiranje Hanatek RT4 (slika 15) je uređaj pomoću kojeg se određuje otpornost suhog otiska na skidanje sloja boje uslijed trenja koje nastaje trljanjem ispitivanog otiska i nekog drugog materijala. Pogodnosti ovog uređaja su u tome što se njime može testirati izdržljivost boje na većini otisnutih materijala (različita ambalaža, papiri, kartoni, filmovi, tekstil). Ispitivanje se provodi prema standardu BS 3110:1959 [20].

Uređaj se sastoji od dva diska različitih polumjera koji su u dodiru cijelom površinom. Na veći donji disk stavlja se ofsetni papir koji se pričvršćava pomoću prstena. Otisak se stavlja na ofsetni papir licem prema dolje te se na njega pozicionira manji disk. Uređaj radi na principu kružnih pokreta uslijed čega dolazi do otiranja otiska o bijeli ofsetni papir. Pored donjeg diska smještena je cijev s dovodom zraka pomoću koje se skida prašina s uzorka za vrijeme ispitivanja. Otiranje otiska nastaje kao posljedica trenja prilikom trljanja dvaju otisaka ili uslijed trenja koje nastaje mehaničkim djelovanjem između otiska i nekog drugog materijala. Bez obzira na kvalitetu otiska, često za vrijeme proizvodnog procesa i transporta dolazi do otiranja otiska što značajno narušava izgled grafičkog proizvoda i njegovu kvalitetu. Različite tiskovine kao što su ambalaža, časopisi, katalogi trebaju biti otisnuti grafičkom bojom koja po svojim karakteristikama pokazuje nešto veću otpornost na otiranje. Ovim testiranjem razmotriti će se utjecaj koji takva pojava ima na mehaničku otpornost suhog otiska. Za ispitivanje u ovom radu korištene su boje za ofsetni tisak koje se suše oksipolimerizacijom [21].



Slika 15: Hanatek RT4

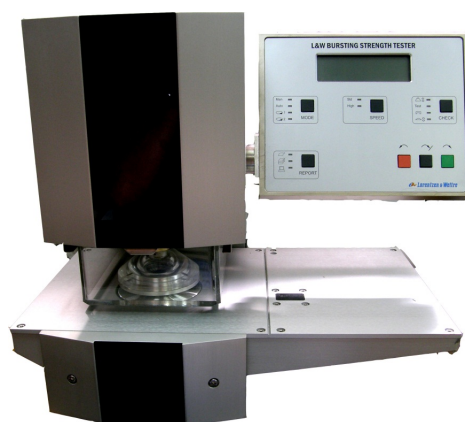
Tablica 11: Tehničke karakteristike Hanatek RT4

Standard	BS 3110
Tlak	0.5, 1.0 i 2.0 psi pritiska
Brzina	60 RPM
Težina	10 kg maks.
Dimenzije	(v) 420 x (š) 350 x (d) 250 mm

### 3.2.3. BT- Bursting tester (Lorentzen & Wettre)

Ispitivanje se obavlja na Lorentzen & Wettre Bursting testeru (slika 16), uređaju za određivanje otpornosti kartona na jačinu pucanja (prskanja). Pritisak se postupno povećava do puknuća kartona. Ipitivanje se provodi na Mullen testeru prema standardu ISO 2758 [22].

Dijelovi uređaja su plastično kućište u kojem se nalazi ploča kružnog oblika za definiranje uzorka kružnog oblika te kontroliranje pritiska do trenutka prskanja kartona, dio za ispis rezultata i digitalno sučelje za prikaz rezultata i broja uzorka. Na uređaju za izrezivanje ploča kartona oblikuje se 20 uzoraka dimenzija 200 x 200 mm, od toga 10 za ispitivanje s lica, a 10 za ispitivanje s naličja. Uzorak se umeće ispod plastičnog kućišta do kružnog oblika. Kad ga se namjesti na sredinu, pritišće se gumb za početak mjerenja. Rezultati se prikazuju na sučelju te se paralelno ispisuju na za to predviđeno mjesto. Dobiveni rezultati su izraženi u kilopaskalima (kPa).



Slika 16. Mullen tester proizvođača Lorentzen & Wettre



#### 3.2.4. Taber tester Frank

Krutost kartona za izradu fleksibilne ambalaže je vrlo važno svojstvo. Naime, krutost različito utječe na izrezivanje, žljebljenje, pregibanje, mogućnost sklapanja kutija, otpornost ambalaže na vanjske sile itd. Dokazano je da je otpornost gotove kutije (ambalaže) na lom ovisi o modulu elastičnosti koji je proporcionalan krutosti. Razlikuje se krutost pri savijanju i krutost pri rukovanju. Krutost pri savijanju je svojstvo materijala da se odupire primjenjenoj sili savijanja. Ispitivanja koja su rađena u ovom radu odnose se na krutost pri savijanju. Najveći utjecaj na krutost imaju debljina i površinska masa (gramatura). U teoriji krutost se mijenja s trećom potencijom debljine [23]. Krutost u uzdužnom smjeru je uvijek veća od krutosti u poprečnom smjeru toka vlaknaca. Što se tiče sastava materijala veću krutost imaju materijali koji su izrađeni iz pulpe s puno hemiceluloze i kraćih jako mljevenih vlaknaca.

Uređajem prema Taberu proizvođača Frank (slika 17 i 18) određena je krutost (pri savijanju) za tri tipa kartona (Zenith, Bona, MM Topliner) različitih debljina i gramatura. Uzorci su rezani na dimenzije 70 mm duljine i 38 mm širine. Mjerenje je izvršeno prema metodi Taber sukladno standardu ISO 2493 [24] za određivanje krutosti pri savijanju. Prema toj metodi uzorci se pričvršćuju hvataljkama na klatno uređaja koje se po potrebi može još dodatno opteretiti utegom. Pokretanjem poluge uzorak se počinje savijati zbog djelovanja težine klatna. U trenutku kad se oznaka na kazaljci klatna poklopi s kutem od  $15^\circ$  uređaj se zaustavlja te se na vanjskoj skali očita krutost. Krutost je izražena u rasponu od 0 do 100 jedinica krutosti. Postavljanjem dodatnih utega skala se može proširiti do maksimalno 10 000 jedinica krutosti. Za potrebe ispitivanja klatno uređaja opteretilo se s utegom od 1 000 čime je skala proširena za faktor od 10.



Slika 17. i 18. Taber uređaj proizvođača Frank

### 3.3. KORIŠTENI MATERIJALI

#### 3.3.1. Karton Zenith

Karton Zenith je visoko kvalitetni obostrano premazani karton matt sjaja i velike čvrstoće. Osim što karton sadržava premaze srednji sloj je građen od bijeljene celuloze. Visokog je volumena, omogućava dobra tiskovna svojstva te jamči optimalnu reprodukciju. Koristi se za tisak kartonske ambalaže (prehrambena, farmaceutska) [18].

Tablica 12. Tehnička specifikacija Zenitha

Debljina	510 $\mu\text{m}$
Krutost	15,9 CD – 31,2 MD
Sjaj	50% pri kutu od 75°
Gramatura	325 $\text{g}/\text{m}^2$
Bjelina	91,5%

### 3.3.2. Karton Bona GD<sub>2</sub>

Karton Bona je niskokvalitetni jednopremazani karton umjerenog sjaja, visoke gramature (400g/m<sup>2</sup>) i male čvrstoće. Osnova takvog kartona je reciklirani papir. Ovakvi kartoni prvenstveno su za manje zahtjevnu ambalažu (duhanska industrija)

Tablica 13. Tehnička specifikacija Bone

Debljina	545 µm
Gramatura	400 g/m <sup>2</sup>
Krutost	12,5 CD – 28,1 MD
Bjelina ( ISO 186)	83%

### 3.3.3. Karton MM Topliner

Karton MM Topliner je niskokvalitetni jednopremazani karton srednjeg sjaja, niske gramature (230g/ m<sup>2</sup>) i male čvrstoće. Premazan je kaolinom. Pogodan je za izvođenje procesa laminiranja, lakiranja, te može biti podvrgnut procesima lijepljenja. Koristi se u ofsetnom tisku i sitotisaku.

Tablica 14. Tehnička specifikacija MM Toplinera

Debljina	260 µm
Gramatura	230 g/m <sup>2</sup>
Bjelina	83%
Krutost ( ISO 186)	2,2 CD – 4,6 MD

### 3.3.4. Vododisperzivni lak G 9/378 P-060

Koristi se za nanašanje sa fleksotiskarskih jedinica. Posjeduje miris po amonijaku. Obojenje mu je mliječno bijelo, te je prije sušenja tekućeg agregatnog stanja. Njegova pH vrijednost pri sobnoj temperaturi (20°C) iznosi između 7-9,5 pH, dok mu je relativna gustoća 1,04 g/m<sup>3</sup>. U svom sastavu sadrži: 25 - 45% krute tvari, hlapljive organske spojeve (EC) 2,359%, (CH) 2,302%, vodu, natrijev dioktilsulfosukcinat (5-10%) i neutraliziranu otopinu amonijaka (1-5%).

### 3.3.5. UV lak 14-HC-144

UV lak 14-HC-144 je srednje viskoznosti i slabog mirisa koji se koristi za nanašanje tehnikom fleksotiska. Ne sadržava benzofenon što ga čini idealnim za neizravno nanošenje na prehrambenu ambalažu gdje postoji međusloj između laka i prehrambenih proizvoda. Namijenjen je za inline nanošenje, te daje dobar sjaj na većini papirnih i kartonskih podloga prethodno otisnutih s UV ofsetnom bojom [18].

Tablica 15. Prodajne specifikacije UV laka 14-HC-144

Mjerne vrijednosti	Standardne vrijednosti
Vizualna procjena sjaja	Kao i etalonski Standard
Viskoznost (Brookefield 25° C)	1.40 – 1.90 staloženost
Statičko klizanje	0.13 – 0.27
Težina filma	2-5 g/m <sup>2</sup>
Kinetičko klizanje	0.08 – 0.17

#### 4. REZULTATI I RASPRAVA

Jačina pucanja (BT - Bursting tester)

Na Lorentzen & Wettre Bursting testeru određena je otpornost na jačinu pucanja (prskanja) za tri tipa kartona različitih debljina i gramatura. U tablicama su izraženi rezultati otpornosti kartona na jačinu pucanja. Izračunate su srednje vrijednosti i standardna devijacija koje su također uvršene i prikazane u tablicama i grafovima. Mjerna jedinica koja se koristi je (kPa).

Tablica 16. Rezultati Mullen testa na kartonima koji nisu lakirani

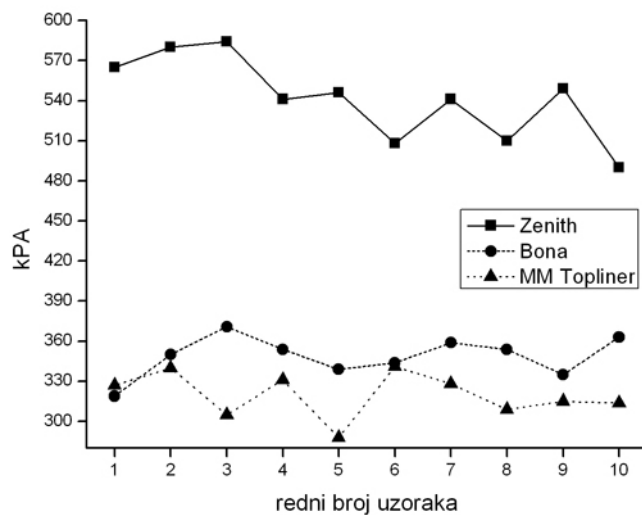
Redni broj uzorka	Rezultat Mullen testa [kPa] Zenith	Rezultat Mullen testa [kPa] Bona	Rezultat Mullen testa [kPa] MM Topliner
<b>lice</b>			
1	565	319	327
2	580	350	340
3	584	371	305
4	541	354	331
5	546	339	288
6	508	344	341
7	541	359	328
8	510	354	309
9	549	335	315
10	490	363	314
<b>x</b>	<b>541</b>	<b>349</b>	<b>320</b>
<b><math>\sigma</math></b>	<b>31</b>	<b>21</b>	<b>17</b>
<b>naličje</b>			
1	646	511	361
2	589	499	322
3	635	476	330
4	612	463	350
5	654	450	318
6	634	470	356
7	895	502	316
8	649	454	359
9	584	498	317
10	603	482	342
<b>x</b>	<b>650</b>	<b>476</b>	<b>337</b>
<b><math>\sigma</math></b>	<b>90</b>	<b>35</b>	<b>19</b>
<b>Srednja vrijednost lica i naličja</b>	<b>695</b>	<b>412</b>	<b>328</b>
<b>Srednja stand. devijacija</b>	<b>60</b>	<b>28</b>	<b>18</b>

Tablica 17. Rezultati Mullen testa na kartonima koji su lakirani vododisperzivnim lakom

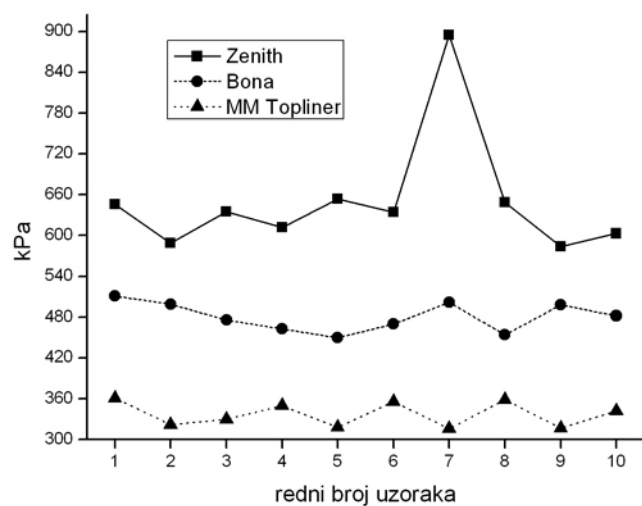
Redni broj uzorka	Rezultat Mullen testa [kPa] Zenith	Rezultat Mullen testa [kPa] Bona	Rezultat Mullen testa [kPa] MM Topliner
<b>lice</b>			
1	543	367	315
2	525	348	368
3	521	371	307
4	544	396	323
5	527	412	329
6	507	413	353
7	544	361	330
8	562	423	322
9	525	390	329
10	547	375	276
<b>x</b>	<b>534</b>	<b>386</b>	<b>325</b>
<b><math>\sigma</math></b>	<b>16</b>	<b>25</b>	<b>25</b>
<b>naličje</b>			
1	571	416	340
2	645	482	332
3	697	483	349
4	671	490	341
5	580	456	364
6	570	444	334
7	601	480	334
8	583	476	336
9	625	471	346
10	677	480	269
<b>x</b>	<b>622</b>	<b>468</b>	<b>336</b>
<b><math>\sigma</math></b>	<b>48</b>	<b>23</b>	<b>25</b>
<b>Srednja vrijednost lica i naličja</b>	<b>578</b>	<b>427</b>	<b>330</b>
<b>Srednja stand. devijacija</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>25</b>

Tablica 18. Rezultati Mullen testa na kartonima koji su lakirani UV lakom

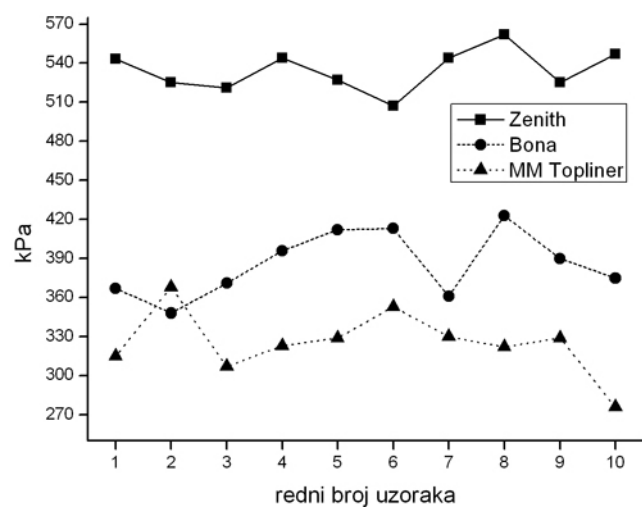
Redni broj uzorka	Rezultat Mullen testa [kPa] Zenith	Rezultat Mullen testa [kPa] Bona
<b>lice</b>		
1	562	425
2	547	386
3	531	410
4	590	375
5	544	374
6	551	363
7	534	393
8	432	418
9	571	399
10	577	388
<b>x</b>	<b>544</b>	<b>393</b>
<b><math>\sigma</math></b>	<b>44</b>	<b>20</b>
<b>naličje</b>		
1	631	467
2	654	438
3	633	505
4	615	496
5	658	575
6	610	486
7	640	503
8	677	491
9	650	459
10	616	514
<b>x</b>	<b>638</b>	<b>482</b>
<b><math>\sigma</math></b>	<b>22</b>	<b>25</b>
<b>Srednja vrijednost lica i naličja</b>	<b>591</b>	<b>437</b>
<b>Srednja stand. devijacija</b>	<b>33</b>	<b>22</b>



Slika 19. Rezultati dobiveni na kartonima koji nisu lakirani (lice)

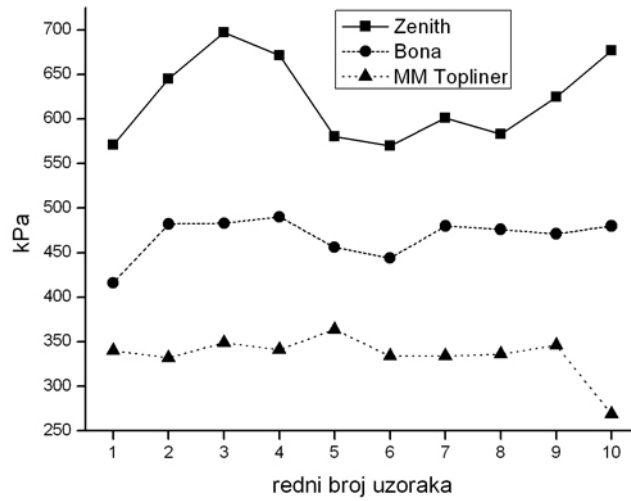


Slika 20. Rezultati dobiveni na kartonima koji nisu lakirani (naličije)

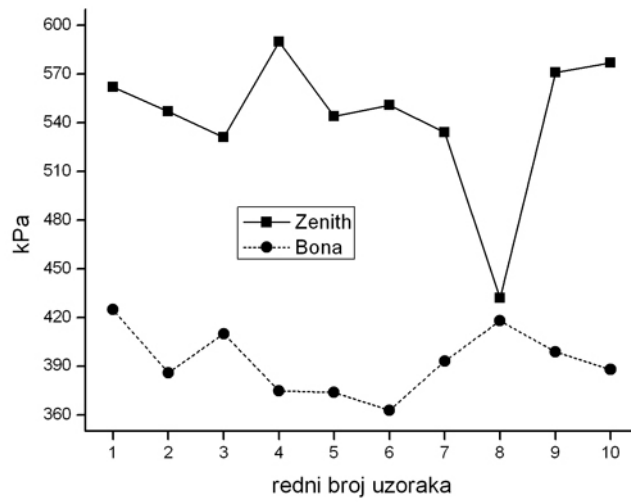


Slika 21. Rezultati dobiveni na kartonima koji su lakirani vododisperzivnim lakom (lice)

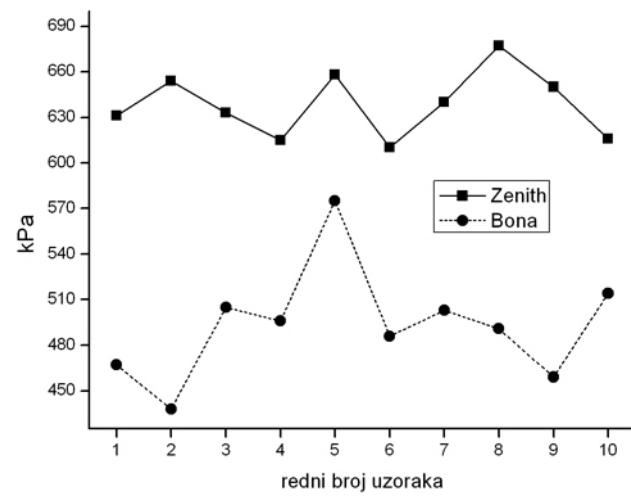




Slika 22. Rezultati dobiveni na kartonima koji su lakirani vododisperzivnim lakom (naličije)



Slika 23. Rezultati dobiveni na kartonima koji su lakirani UV lakom (lice)



Slika 24. Rezultati dobiveni na kartonima koji su lakirani UV lakom (naličije)

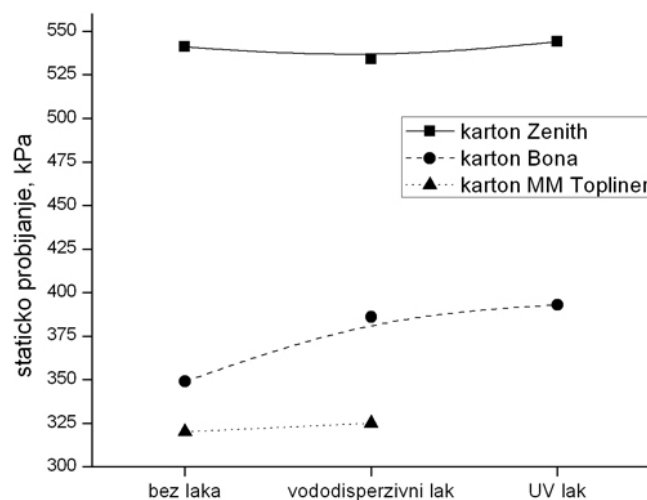
Srednje vrijednosti dobivenih rezultata (slika 25 i 26) prikazuju da je sveukupno najveći tlak potreban za prskanje materijala dobiven kod kartona Zenith (bez laka) i to od strane naličija, a iznosi 650 kPa. Najveći tlak potreban za pucanje materijala s lica dobiven isto kod kartona Zenith (UV lak), a iznosi 544 kPa. Ralog tako visokih vrijednosti može biti vezan uz njegovu visoku krutost. Srednje vrijednosti prikazuju da je sveukupno najmanji tlak potreban za pucanje materijala dobiven s lica kod kartona MM Topliner (bez laka) sa iznosom 320 kPa. Najmanji tlak koji je potreban za pucanje materijala od strane naličija dobiven je na kartonu MM Topliner (vododisperzivni lak) sa iznosom 336 kPa. S obzirom da taj karton ima najmanju gramaturu ali i krutost, takvi rezultati bili su očekivani. U pravilu bi lice trebalo biti otpornije od naličja, međutim provedena ispitivanja su pokazala da je naličje otpornije od lica u svim slučajevima.

Tablica 19: Srednje vrijednosti jačine pucanja (prskanja) kartona (lice)

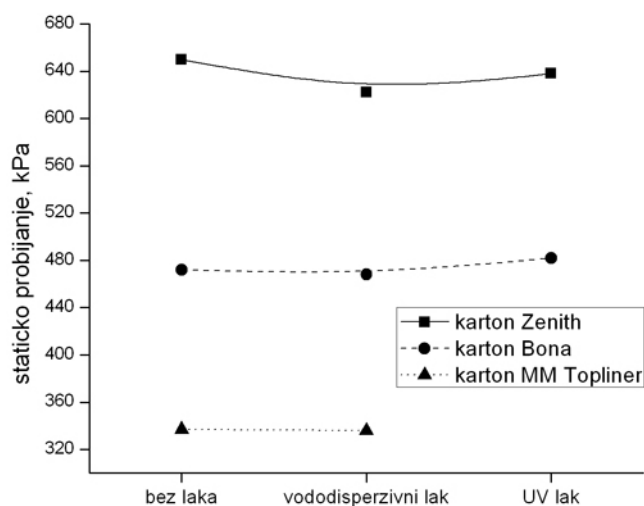
LICE [ kPa]			
premaz	bez laka	vododisperzivni lak	UV lak
karton Zenith	541	534	544
karton Bona	349	386	393
karton MM Topliner	320	325	/

Tablica 20: Srednje vrijednosti jačine pucanja (prskanja) kartona (naličje)

NALIČJE [ kPa]			
premaz	bez laka	vododisperzivni lak	UV lak
karton Zenith	650	622	638
karton Bona	472	468	482
karton MM Topliner	337	336	/



Slika 25. Srednje vrijednosti jačine pucanja (prskanja) kartona (lice)



Slika 26. Srednje vrijednosti jačine pucanja (prskanja) kartona (naličije)

Tablica 21. Rezultati srednjih vrijednosti Mullen testa poredani po dobivenim vrijednostima

Redni broj vrijednosti rezultata Mullen testa	Rezultat Mullen testa [kPa] Zenith	Rezultat Mullen testa [kPa] Bona	Rezultat Mullen testa [kPa] MM Topliner
1	650 bl, N		
2	638 UV, N		
3	622 VD, N		
4	544 UV, L		
5	541 bl, L		
6	534 VD, L		
7		482 UV, N	
8		472 bl, N	
9		468 VD, N	
10		393 UV, L	
11		386 VD, L	
12		349 bl, L	
13			337 bl, N
14			336 VD, N
15			325 VD, L
16			320 bl, L

Legenda: bl - bez laka, VD – vododisperzivni lak, UV – Ultraviolet lak, N – naličije, L – lice

Usporedbom kartona dobiveni rezultati prikazuju da su tlakovi potrebni za prskanje materijala u svim slučajevima bili najviši kod kartona Zenith bez obzira da li se radi o licu (541 kPa, 534 kPa, 544 kPa) ili naličiju (650 kPa, 622 kPa, 638 kPa). Isto tako u svim slučajevima najmanji tlakovi potrebni za prskanje kartona su dobiveni kod kartona MM Topliner bez obzira radi li se o licu (320 kPa, 325 kPa) ili naličiju (337

kPa, 336 kPa). S obzirom da su ispitivani kartoni bili različitih gramatura i debljina, može se reći da su te karakteristike utjecale na otpornost kartona na prskanje. Usporedbom rezultata lakiranih i nelakiranih materijala došlo se do zaključka da lak ne utječe na poboljšanje mehaničkih svojstava materijala (otpornost kartona na prskanje).

#### Otiranje (Hanatek RT4)

U tablicama su izraženi rezultati te su napravljene usporedbe za otiske koji nisu lakirani u odnosu na otiske lakirane različitim lakovima. Također napravljene su usporedbe za različite tipove tiskovnih podloga. Rezultati su smješteni u tablice najprije po korištenim tiskovnim podlogama, a zatim po vrsti laka. Korištena je vizualna procjena kako bi se donijele ocjene za svaku boju, lak i tiskovnu podlogu. Na kraju je pomoću pojedinačnih ocjena donešena i ukupna ocjena. Otiranje u ovom radu ocjenjeno je prema slijedećim vrijednostima:

- 1 – neprimjetno otiranje otiska
- 2 – male naznake otiranja otiska
- 3 – vidljivo otiranje otiska
- 4 – izraženo otiranje otiska
- 5 – vrlo izraženo otiranje otiska

Ovdje je potrebno napomenuti kako su određeni uvjeti pri kojima se provodio test dali rezultate koji nisu bili očekivani za određene tiskovne podloge i boje. Kod svih takvih slučajeva ispitivanje je ponavljano. Kao protupodloga na kojoj se je vizualno mjerilo količina otiranja otisaka korišten je bijeli ofsetni papir gramature  $120\text{g/m}^2$  i glatkosti po Bekku 33 sec.

Rezultati ispitivanja pokazuju velike razlike u otpornosti prema otiranju između nelakiranih kartona te kartona koji su lakirani vododisperzivnim i UV lakom. Kod nelakiranih kartona otiranje se jasno raspoznaje već i kod najmanjih pritiska i brojeva okretaja. Pri većem pritisku i broju okretaja otiranje je izraženo ili vrlo izraženo te jasno uočljivo.

Tablica 22. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje cijan i magenta otisaka na kartonu Zenith pri različitim premazima

<b>ZENITH</b>						
Boja	<b>CIJAN I MAGENTA</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Bez laka	3	3	4	3/4	4	4
Vododisperzivni lak	1	1	1	1	1	1
UV lak	1	1	1	1	1	1

Tablica 23. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje zelenih i crvenih otisaka na kartonu Zenith pri različitim premazima

<b>ZENITH</b>						
Boja	<b>ZELENA I CRVENA</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Bez laka	2	3	3	3/4	4	3/4
Vododisperzivni lak	1	1/2	1	1	1	2
UV lak	1	1	1	1	1	1

Tablica 24. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje crnih i žutih otisaka na kartonu Zenith pri različitim premazima

<b>ZENITH</b>						
Boja	<b>CRNA I ŽUTA</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Bez laka	2	2	3	3/4	3	4
Vododisperzivni lak	1	1	1	1	1	2
UV lak	1	1	1	1	1	1

Tablica 25. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje ljubičasto-plavih i CMY otisaka na kartonu Zenith pri različitim premazima

<b>ZENITH</b>						
Boja	<b>LJUBIČASTO-PLAVA I CMY</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Bez laka	2	3	3	3/4	4	4
Vododisperzivni lak	1	1	1	1	1	2
UV lak	1	1	1	1	1	1

Kartoni koji su lakirani vododisperzivnim lakom ne daju naznake otiranja. Tek pri najvećem pritisku i broju okretaja mogu se raspoznati male naznake otiranja kod pojedinih boja. Kartoni koji su lakirani UV lakom ne daju nikakve naznake otiranja ni pri najvećim pritiscima i brojevima okretaja.

Tablica 26. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje cijan i magenta otisaka na kartonu Bona pri različitim premazima

<b>BONA</b>						
Boja	<b>CIJAN I MAGENTA</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Bez laka	/	4	3	4	3	4
Vododisperzivni lak	/	1	1	1	1	1
UV lak	/	1	1	1	1	1

Tablica 27. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje zelenih i crvenih otisaka na kartonu Bona pri različitim premazima

<b>BONA</b>						
Boja	<b>ZELENA I CRVENA</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Bez laka	/	4	4	4	4/5	4/5
Vododisperzivni lak	/	1	1	1	1	1
UV lak	/	1	1	1	1	1

Tablica 28. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje crnih i žutih otisaka na kartonu Bona pri različitim premazima

<b>BONA</b>						
Boja	<b>CRNA I ŽUTA</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Bez laka	/	3	3	4	3	4
Vododisperzivni lak	/	1	1	1	1	1
UV lak	/	1	1	1	1	1

Tablica 29. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje ljubičasto-plavih i CMY otisaka na kartonu Bona pri različitim premazima

<b>BONA</b>						
Boja	<b>LJUBIČASTO-PLAVA I CMY</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Bez laka	/	3	3	5	4	4/5
Vododisperzivni lak	/	1	1	1	1	1
UV lak	/	1	1	1	1	1

Tablica 30. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje cijan i magenta otisaka na kartonu MM Topliner pri različitim premazima

<b>MM TOPLINER</b>						
Boja	<b>CIJAN I MAGENTA</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Bez laka	2	3	2/3	3/4	3	3/4
Vododisperzivni lak	1	1	1	1/2	1	2
UV lak	/	/	/	/	/	/

Tablica 31. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje zelenih i crvenih otisaka na kartonu MM Topliner pri različitim premazima

<b>MM TOPLINER</b>						
Boja	<b>ZELENA I CRVENA</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Bez laka	2	3	2	2/3	2	4/5
Vododisperzivni lak	1	1	1	1	1	2
UV lak	/	/	/	/	/	/

Tablica 32. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje crnih i žutih otisaka na kartonu MM Topliner pri različitim premazima

<b>MM TOPLINER</b>						
Boja	<b>CRNA I ŽUTA</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Bez laka	2	2/3	2	2/3	3	3/4
Vododisperzivni lak	1	1	1	1	1	2
UV lak	/	/	/	/	/	/

Tablica 33. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje ljubičasto-plavih i CMY otisaka na kartonu MM Topliner pri različitim premazima

<b>MM TOPLINER</b>						
Boja	<b>LJUBIČASTO-PLAVA I CMY</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Bez laka	2	2/3	2/3	3	3	4/5
Vododisperzivni lak	1	1	1	1	1	2
UV lak	/	/	/	/	/	/

Kako je bilo i za očekivati kartoni koji nisu lakirani pokazali su najveći stupanj otiranja u svim uvjetima provođenja eksperimenta. Najizraženije otiranje zabilježeno je na kartonu Bona koji je izrađen od recikliranih vlakana. Pretpostavlja se da je uz reciklirana vlakana i naročito manji broj premaza utjecao na jače otiranje otiska u odnosu na kartone Zenith i MM Topliner. Glatkoća površine koja se ispituje utječe na količinu otiranja otisaka na način da se glađa površina manje otire od hrapavije.

Tablica 34. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje cijan i magenta otisaka koji nisu lakirani na različitim tiskovnim podlogama

<b>BEZ LAKA</b>						
Boja	<b>CIJAN I MAGENTA</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Zenith	3	3	4	3/4	4	4
Bona	/	4	3	4	3	4
MM Topliner	2	3	2/3	3/4	3	3/4



Tablica 35. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje zelenih i crvenih otisaka koji nisu lakirani na različitim tiskovnim podlogama

<b>BEZ LAKA</b>						
Boja	<b>ZELENA I CRVENA</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Zenith	2	3	3	3/4	4	3/4
Bona	/	4	4	4	4/5	4/5
MM Topliner	2	3	2	2/3	2	4/5

Tablica 36. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje crnih i žutih otisaka koji nisu lakirani na različitim tiskovnim podlogama

<b>BEZ LAKA</b>						
Boja	<b>CRNA I ŽUTA</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Zenith	2	2	3	3/4	3	4
Bona	/	3	3	4	3	4
MM Topliner	2	2/3	2	2/3	3	3/4

Tablica 37. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje ljubičasto-plavih i CMY otisaka koji nisu lakirani na različitim tiskovnim podlogama

<b>BEZ LAKA</b>						
Boja	<b>LJUBIČASTO-PLAVA I CMY</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Zenith	2	3	3	3/4	4	4
Bona	/	3	3	5	4	4/5
MM Topliner	2	2/3	2/3	3	3	4/5

Uspoređuje li otiranje po bojama na svim kartonima koji nisu lakirani može se zaključiti da količina otiranja varira za svaku boju. Razlike u otiranju po bojama su male da bi se sa sigurnošću moglo zaključiti da se neka boja otire više od druge. Usporedbom otiranja po bojama na svim kartonima može se zaključiti da se nešto više otiru ljubičasto-plava te CMY otisak. U prosjeku najmanje su se otirali crna i žuta.

Tablica 38. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje cijan i magenta otisaka koji su lakirani vododisperzivnim lakom na različitim tiskovnim podlogama

<b>VODODISPERZIVNI LAK</b>						
Boja	<b>CIJAN I MAGENTA</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Zenith	1	1	1	1	1	1
Bona	/	1	1	1	1	1
MM Topliner	1	1	1	1/2	1	2

Tablica 39. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje zelenih i crvenih otisaka koji su lakirani vododisperzivnim lakom na različitim tiskovnim podlogama

<b>VODODISPERZIVNI LAK</b>						
Boja	<b>ZELENA I CRVENA</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Zenith	1	1/2	1	1	1	2
Bona	/	1	1	1	1	1
MM Topliner	1	1	1	1	1	2

Tablica 40. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje crnih i žutih otisaka koji su lakirani vododisperzivnim lakom na različitim tiskovnim podlogama

<b>VODODISPERZIVNI LAK</b>						
Boja	<b>CRNA I ŽUTA</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Zenith	1	1	1	1	1	2
Bona	/	1	1	1	1	1
MM Topliner	1	1	1	1	1	2

Tablica 41. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje ljubičasto-plavih i CMY otisaka koji su lakirani vododisperzivnim lakom na različitim tiskovnim podlogama

<b>VODODISPERZIVNI LAK</b>						
Boja	<b>LJUBIČASTO-PLAVA I CMY</b>					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	<b>0.344</b>		<b>0.689</b>		<b>1.378</b>	
Broj okretaja (rpm)	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
Zenith	1	1	1	1	1	2
Bona	/	1	1	1	1	1
MM Topliner	1	1	1	1	1	2

Usporedbom kartona koji su lakirani vododisperzivnim i UV lakom može se zaključiti da je količina otiranja neznatna za sve boje i kartone. Tek pri većim pritiscima i brojevima okretaja mogu se raspoznati male naznake otiranja kod kartona Zenith i MM Topliner. Lakirani otisci na kartonu Bona ne pokazuju nikakve naznake otiranja ni pri najvećim pritiscima i brojevima okretaja.

Tablica 42. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje cijan i magenta otisaka koji su lakirani UV lakom na različitim tiskovnim podlogama

UV LAK						
Boja	CIJAN I MAGENTA					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	0.344		0.689		1.378	
Broj okretaja (rpm)	10	20	10	20	10	20
Zenith	1	1	1	1	1	1
Bona	/	1	1	1	1	1
MM Topliner	/	/	/	/	/	/

Tablica 43. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje zelenih i crvenih otisaka koji su lakirani UV lakom na različitim tiskovnim podlogama

UV LAK						
Boja	ZELENA I CRVENA					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	0.344		0.689		1.378	
Broj okretaja (rpm)	10	20	10	20	10	20
Zenith	1	1	1	1	1	1
Bona	/	1	1	1	1	1
MM Topliner	/	/	/	/	/	/

Tablica 44. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje crnih i žutih otisaka koji su lakirani UV lakom na različitim tiskovnim podlogama

UV LAK						
Boja	CRNA I ŽUTA					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	0.344		0.689		1.378	
Broj okretaja (rpm)	10	20	10	20	10	20
Zenith	1	1	1	1	1	1
Bona	/	1	1	1	1	1
MM Topliner	/	/	/	/	/	/

Tablica 45. Rezultati ispitivanja otpornosti na otiranje ljubičasto-plavih i CMY otisaka koji su lakirani UV lakom na različitim tiskovnim podlogama

UV LAK						
Boja	LJUBIČASTO-PLAVA I CMY					
Tlak (N/cm <sup>2</sup> )	0.344		0.689		1.378	
Broj okretaja (rpm)	10	20	10	20	10	20
Zenith	1	1	1	1	1	1
Bona	/	1	1	1	1	1
MM Topliner	/	/	/	/	/	/

Krutost pri savijanju (Taber uređaj proizvođača Frank)

U tablici 47 i 48 prikazani su dobiveni rezultati određivanja krutosti (pri savijanju) ispitivanih kartona. Rezultati su iskazani kao srednja vrijednost 20 očitavanja krutosti po ispitivanom smjeru uzorka (po 10 za lijevo i desno savijanje i preračunati u newtone - N). Prema navedenom standardu rezultati u "Taberovim jedinicama" krutosti mogu se preračunati u silu savijanja izraženu u newtonima – N, tako da se dobiveni rezultati pomnože s 9,81 i podijele s duljinom savijanja tj. 5.18 cm te se dobije sila izražena u N. R je vrijednost koja se očituje na skali Taber uređaja i ona je izražena u "Taberovim jedinicama" krutosti (pcm).

$$F = \frac{R \cdot 9,81}{5,18} \text{ (N)} \quad (2)$$

Tablica 46. Pregled ispitivanih kartona

broj uzoraka	tip kartona	premaz	debljina	gramatura
1	Bona	bez laka	545 μm	400 g/m <sup>2</sup>
2	Bona	vododisperzivni lak	545 μm	400 g/m <sup>2</sup>
3	Bona	UV lak	545 μm	400 g/m <sup>2</sup>
4	Zenith	bez laka	510 μm	325 g/m <sup>2</sup>
5	Zenith	vododisperzivni lak	510 μm	325 g/m <sup>2</sup>
6	Zenith	UV lak	510 μm	325 g/m <sup>2</sup>
7	Topliner	bez laka	260 μm	230 g/m <sup>2</sup>
8	Topliner	vododisperzivni lak	260 μm	230 g/m <sup>2</sup>

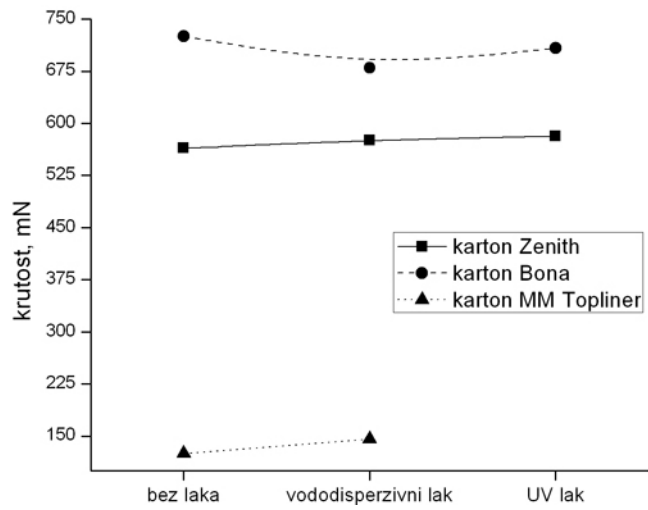
Tablica 47. Rezultati određivanja krutosti ispitivanih kartona (poprečni smjer)

KRUTOST/mN			
smjer	poprečni		
vrsta obrade	bez laka	vododisperzivni lak	UV lak
karton Zenith	306,79	304,9	348,46
karton Bona	318,16	354,14	371,18
karton MM Topliner	73,85	60,6	/

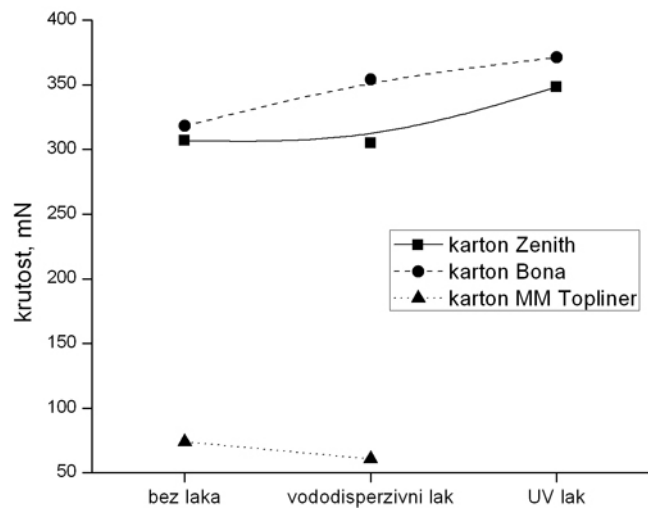
Tablica 48. Rezultati određivanja krutosti ispitivanih kartona (uzdužni smjer)

KRUTOST/mN			
smjer	uzdužni		
vrsta obrade	bez laka	vododisperzivni lak	UV lak
karton Zenith	564,35	575,72	581,4
karton Bona	725,33	679,88	708,28
karton MM Topliner	124,99	145,82	/

U tablicama 47 i 48 načelni model ponašanja (promjena krutosti promjenom debljine i gramature) svih ispitivanih kartona je u skladu s teoretskim postavkama (slika 27 i 28). Također što se tiče smjera vlakana (uzdužni i poprečni) rezultati su pokazali da su u skladu s teoretskim postavkama. Najveću krutost uzdužnog i poprečnog smjera pokazao je karton Bona koji ujedno ima najveću gramaturu i debljinu. Karton Topliner ima najmanju krutost u odnosu na ostale kartone. Takav rezultat je bio očekivan s obzirom da su njegova gramatura i debljina približno duplo manji od kartona Bona. Kartona Zenith pokazuje visoku krutost s obzirom na njegovu debljinu i gramaturu. Dobiveni rezultati vjerojatno su posljedica toga što je taj karton većinom izrađen od bijelene celuloze (primarna vlakanca) a manje recikliranih vlakanca. Moguće je da je to razlog zašto je razlika u krutosti između uzdužnog i poprečnog smjera najmanja upravo kod tog kartona. Kartoni Bona i Topliner građeni su od recikliranih vlakana. Ova dva kartona imaju izraženije razlike u krutosti u uzdužnom i poprečnom smjeru u odnosu na karton Zenith. Razlog tome vjerojatno su reciklirana vlakanca koja su kraća od primarnih vlakana. U pravilu veća gramatura i debljina materijala ujedno znači i veću krutost materijala pri savijanju.



Slika 27. Vrijednosti krutosti kartona (uzdužni smjer)



Slika 28. Vrijednosti krutosti kartona (poprečni smjer)

## 5. ZAKLJUČCI

Ispitivanjem kartona na jačinu probijanja (prskanja) željelo se utvrditi koji od korištenih uzoraka ima najveću prosječnu otpornost na prskanje. U provedenom istraživanju dobiveni su rezultati koji prikazuju da su tlakovi potrebni za prskanja materijala na svim uzorcima bili najviši kod kartona Zenith. Isto tako na svim uzorcima najmanji tlakovi potrebni za prskanje dobiveni su kod kartona Topliner. Iako bi u pravilu najveću otpornost na jačinu probijanja trebao imati karton Bona koji ima najveću gramaturu i debljinu, istraživanje je pokazalo suprotno. Razlog tomu je, vjerojatno, sama struktura kartona. Dok je karton Zenith građen većinom od primarnih vlaknaca (celuloza) koja su dugačka i gusto isprepletana, karton Bona je građen od recikliranih vlaknaca koja su znatno kraća i manje isprepletana.

Iz istraživanja provedenog za potrebe ovoga rada, možemo zaključiti da otisci koji su lakirani vododisperzivnim i UV lakom imaju mnogo veću otpornost na otiranje u odnosu na otiske koji nisu lakirani. Uzorci otisnuti standardnim otiskivanjem (CMYK) pokazuju znakove otiranja već pri malom pritisku i broju okretaja ( $0.344 \text{ N/cm}^2$  i 10 okretaja). Pri najvećem pritisku i broju okretaja ( $1.378 \text{ N/cm}^2$  i 20 okretaja) otisci pokazuju izraženo otiranje dok je kod pojedinih primjera otiranje otisaka vrlo izraženo. Otisci na kartonima koji su lakirani daju male naznake otiranja tek pri najvećem pritisku i broju okretaja. Iz provedenog istraživanja je također potvrđeno kako glatkost odnosno hrapavost površine tiskovne podloge utječe na otiranje otiska. Uspoređujući kartone došlo se do zaključka da oni utječu na otiranje otisaka, ali ne u tolikoj mjeri kao i lakovi koji su se koristili. Višestruko premazani karton Zenith pri mjerenju pokazuje najveću otpornost na otiranje od svih kartona što znači da su se otisci otisnuti na ovom kartonu najmanje otirali. Otisci koji su se najviše otirali, otisnuti su na kartonu Bona. Karton Bona izrađen je od recikliranih vlaknaca te ima samo jedan premaz. Kad promatramo odnos tiskarskih boja koje su se koristile (C i M, Y i K, R i G, B i CMY) otisnutih na istovrsnim tiskovnim podlogama, uočljivo je da postoje male razlike. Ljubičasto-plava i CMY pokazuju najmanju otpornost prema otiranju dok žuta i crna boja pokazuju najveću otpornost na otiranje.

Iz dobivenih rezultata određivanja krutosti tri različita kartona može se zaključiti da uz sve poznate teoretske postavke ovisnosti krutosti o sastavu vlaknate sirovine, pripremi sirovine, debljini, gramaturi itd., bez standardnih mjerenja nije moguće precizno pretpostaviti omjer krutosti u uzdužnom i poprečnom smjeru za različite kartone. Što se tiče smjera vlakanaca (uzdužni i poprečni), rezultati su pokazali da su u skladu s teoretskim postavkama. Najveću krutost u uzdužnom i poprečnom smjeru ima kartona Bona koji ujedno ima najveću gramaturu i debljinu. Karton Topliner ima najmanju krutost u odnosu na ostale kartone. Najmanju razliku u krutosti poprečnog i uzdužnog smjera ima kartona Zenith. Mogući razlog je što je taj karton većinom izrađen od bijelene celuloze (primarna vlakanca) koja ima duga i gusto isprepletana vlakanca dok su ostala dva kartona građena od recikliranih vlakanaca koja su kraća i manje isprepletana.



## 6. LITERATURA

1. Curaković M., Gvozdenović J.J., Lazić V.L. (1998). Uloga papirne i kartonske ambalaže u pakovanju prehrambenih proizvoda, Savremeno pakovanje, Beograd
2. Vujković I., Galić K., Vereš M. (2007). Ambalaža za pakiranje namirnica, Sveučilišni udžbenik, Zagreb
3. Tadijanović M. (2010). Kriterij izbora kartonskih materijala za ambalažu prehrambenih proizvoda, diplomski rad, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
4. Hanlon J. F., Kelsey R. J., Forcinio H. E. (1998). Handbook of package engineering - third edition, CRC press, New York
5. Gojo M. (1999). Ispitivanje fizikalno-kemijskih svojstva otopina za vlaženje, Acta Graphica 11(2), Zagreb
6. Kumar M. (1978). Standardizacija izrade i eksploatacija tiskovne forme za plošni tisak, Viša grafička škola, Zagreb
7. Bolanča S. (1997). Glavne tehnike tiska, Acta Graphica, Zagreb
8. Bolanča S. (1991). Suvremeni ofsetni tisak, Školska Knjiga, Zagreb
9. Golubović A. (1984). Svojstva i ispitivanje papira, Viša grafička škola, Zagreb
10. Golubović A. (1984). Tehnologija izrade i svojstva papira, Viša grafička škola, Zagreb
11. Majnarić I. (2004). Kvaliteta digitalnih otisaka uvjetovana starenjem tiskovne podloge, magistarski rad, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
12. Vančina V., Mikota M. (1993). Materijali u grafičkoj proizvodnji - Boje, priručnik za vježbe, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
13. [http://materijali.grf.unizg.hr/media/tiskarske%20boje\\_sastavnice.pdf](http://materijali.grf.unizg.hr/media/tiskarske%20boje_sastavnice.pdf), 12. svibnja 2013

14. Parac - Osterman Đ. (2007). Osnove o boji i sustavi vrjednovanja, Tekstilno – tehnološki fakultet Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
15. Bačić Z. (1971). Grafičke boje, Viša grafička škola, Zagreb
16. <http://www.studij dizajna.com/tkoscic/boje.pdf>, 13. svibnja 2013
17. <http://materijali.grf.unizg.hr/media/susenje%20TB.pdf>, 13. svibnja 2013
18. Macinić D. (2011). Utjecaj efekta lakiranja na optička svojstva otisaka, završni rad, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
19. Zjakić I. (2007). Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb
20. BS 3110:1959, Methods for measuring the rub resistance of print
21. <http://www.hanatekinstruments.com/Rub-and-Abrasion-Tester.html>, 15. svibnja 2013
22. ISO 2758:2001, Određivanje otpornosti jačine pucanja
23. Vančina V., Mikota M., Golubović A. (1992). Utjecaj vlage na krutost nekih premazanih kartona, Acta Graphica, Zagreb
24. ISO 2493, Određivanje krutosti pri savijanju