



Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

Martina Friščić

**INFRACRVENA ZAŠTITNA GRAFIKA U
FLEKSOTISKU SAVITLJIVE AMBALAŽE SA SPOT I
PROCESNIM BOJILIMA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2018.



University of Zagreb

FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Martina Friščić

**INFRARED SECURITY GRAPHICS IN
FLEXOGRAPHIC PRINTING ON FLEXIBLE
PACKAGING WITH SPOT AND PROCESS INKS**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2018.



Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

Martina Friščić

**INFRACRVENA ZAŠTITNA GRAFIKA U
FLEKSOTISKU SAVITLJIVE AMBALAŽE SA SPOT I
PROCESNIM BOJILIMA**

DOKTORSKI RAD

Mentorica: izv. prof. dr. sc. Ivana Žiljak Stanimirović

Zagreb, 2018.



University of Zagreb

FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Martina Friščić

**INFRARED SECURITY GRAPHICS IN
FLEXOGRAPHIC PRINTING ON FLEXIBLE
PACKAGING WITH SPOT AND PROCESS INKS**

DOCTORAL THESIS

Supervisor: associate professor dr. sc. Ivana Žiljak Stanimirović

Zagreb, 2018.

UDK BROJ: 655.326.1:621.798:655:535-1

Povjerenstvo za ocjenu doktorskoga rada:

1. izv. prof. dr. sc. Igor Zjakić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, predsjednik
2. doc. dr. sc. Suzana Pasanec Preprotić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, članica
3. doc. dr. sc. Petar Miljković, Sveučilište Sjever, Sveučilišni centar Koprivnica, vanjski član

Povjerenstvo za obranu doktorskoga rada:

1. izv. prof. dr. sc. Igor Zjakić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, predsjednik
2. doc. dr. sc. Suzana Pasanec Preprotić, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, članica
3. doc. dr. sc. Petar Miljković, Sveučilište Sjever, Sveučilišni centar Koprivnica, vanjski član
4. doc. dr. sc. Irena Bates, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, zamjenska članica
5. izv. prof. dr. sc. Martinia Ira Glogar, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, zamjenska vanjska članica

Mentorica:

izv. prof. dr. sc. Ivana Žiljak-Stanimirović, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet

Datum obrane doktorskoga rada: 23. ožujka 2018.

Mjesto obrane doktorskoga rada: Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet

Povjerenstvo za obranu doktorskoga rada donijelo je sljedeću odluku:

„Obrabila s ocjenom summa cum laude (*s najvećom pohvalom*) jednoglasnom odlukom Povjerenstva“

SAŽETAK.....	5
ABSTRACT	6
EXTENDED (STRUCTURED) SUMMARY	7
METHODOLOGY AND PLAN OF RESEARCH	8
INFORMATION	10
TRANSPARENCY	10
SAFETY	11
LINE GRAPHIC.....	11
ŽIVOTOPIS MENTORA	12
1. UVOD	14
1.1. Pregled dosadašnjih istraživanja.....	14
1.2. Cilj i hipoteze istraživanja	15
1.3. Tijek eksperimenata.....	16
1.4. Očekivani znanstveni doprinos.....	18
2. AMBALAŽA I ZAŠTITNI MEHANIZMI U PROZVODNJI PROZIRNE SAVITLJIVE POLIMERNE AMBALAŽE	19
2.1. Uloga i razvoj savitljive ambalaže.....	19
2.2. Savitljiva ambalaža prema vrsti polimernog materijala	20
2.2.1. Polietilen	22
2.2.2. Polipropilen.....	22
2.2.3. Poliester.....	23
2.2.4. Poliamid	24
2.2.5. Aluminijska folija	24
2.2.6. Metalizirane polimerne folije.....	25
2.3. Izrada prozirne savitljive polimerne ambalaže	26
2.3.1. Fleksotisak	26
2.3.1.1. Nanos mat laka na fleksotiskarskom stroju	28
2.3.2. Kaširanje (laminiranje)	32
2.3.2.1. Suho kaširanje s ljepilima bez otapala	32

2.3.2.2. Prikaz eksperimentalnog suhog kaširanja	33
2.3.2.3. Nanos hladnog vara na stroju za kaširanje	35
2.3.3. Rezanje.....	38
2.3.3.1. Laserska perforacija na gotovoj tripleks foliji.....	39
2.3.4. Konfekcioniranje – formiranje vrećica	41
2.3.4.1. Samostojeća vrećica (stand up)	42
2.3.5. Završna kontrola	46
3. MATERIJALI UPOTRIJEBLJENI U ISTRAŽIVANJU	48
3.1. Fleksotiskarska tekuća bojila za tisak u Z spektru	49
3.1.1. CIE Lab prostor boja za fleksotiskarska bojila	52
3.2. Polimerne prozirne, metalizirane i bijele folije	54
3.2.1. Barijerne polimerne folije	61
3.2.1.1. Gornje barijerne folije u dupleks varijanti	61
3.2.1.2. Donje barijerne koekstrudirane folije	63
3.3. Uređaj za utvrđivanje odaziva u NIR području pomoću spektrofotometrije.....	65
4. EKSPERIMENTALNI DIO PROJEKTIRANJA BOJILA BLIZANACA ZA IRD FLEKSOTISKARSKU TEHNOLOGIJU	72
4.1. Utvrđivanje postavki za CMYK i spot fleksotiskarska bojila	72
4.2. Projektiranje blizanaca fleksotiskarskih bojila u vizualnom V i infracrvenom Z spektru na 1000 nm.....	74
4.3. Matematički modeli blizanaca za fleksotisak na polimernoj ambalažnoj foliji	83
4.3.1. Razvijene regresijske jednadžbe za infracrveni fleksotisak.....	86
4.4. Dozvoljena tolerancija između mjerenja V i Z bojila.....	91
4.4.1. Vizualna procjena boje.....	91
4.4.2. Dozvoljena tolerancija između V i Z bojila	92
4.5. Spektrofotometrijska mjerenja blizanaca	93
4.6. Definiranje skale V i Z blizanaca s obzirom na ΔE vrijednosti	96
4.7. Završna skala V i Z blizanaca dobivena nakon višestrukih iteracija.....	112
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	116
5.1. Dodatna dvostruka informacija na savitljivoj polimernoj ambalaži.....	116

5.2.	Zaštitna sigurnosna grafika – proširenje zaštitne funkcije ambalaže	116
5.3.	Z vrijednost.....	117
5.4.	Dvoobraznost bojila (blizanci)	118
6.	PROJEKTIRANJE I IZRADA GRAFIČKOG RJEŠENJA PROZIRNE SAVITLJIVE POLIMERNE AMBALAŽE U VIZUALNOM V I INFRACRVENOM Z SPEKTRU	120
6.1.	Planiranje vidljive i skrivene slike u IRD tehnologiji	122
6.2.	Grafičko rješenje i realizacija prozirne savitljive polimerne ambalaže u proširenom V i Z spektru s CMYKIR i spot fleksotiskarskim bojilima.....	125
6.3.	Primjeri CMYKIR separacija za fleksotisak na prozirnim polimernim folijama pomoću linijske Z grafike.....	133
6.4.	Primjeri barijernog skeniranja Z grafika na prozirnim polimernim folijama.....	145
7.	PRIMJENA IRD TEHNOLOGIJE U INDIVIDUALIZACIJI I ZAŠTITI PROZIRNE SAVITLJIVE POLIMERNE AMBALAŽE	148
7.1.	Zaštita proizvođača proizvoda primjenom sigurnosne Z grafike	149
7.2.	Zaštita i pomoć proizvođaču prozirne savitljive polimerne ambalaže primjenom IRD tehnologije	150
7.3.	Proširenje informacijskog prostora pomoću Z grafike na prozirnoj savitljivoj polimernoj ambalaži	151
7.4.	Informacija namijenjena određenoj grupi promatrača izvedena primjenom dvoobraznih fleksotiskarskih bojila.....	152
7.5.	Sprečavanje krivotvorenja u fleksotisku prozirne savitljive polimerne ambalaže pomoću IRD tehnologije	153
7.6.	Primjena bar-kodova u IRD zaštiti	154
7.7.	Mehanička zaštita i IRD tehnologija prozirne savitljive polimerne ambalaže.....	156
7.8.	Primjena fleksotiskarske IRD zaštite na prozirnoj savitljivoj polimernoj ambalaži	157
8.	ZAKLJUČAK	160
9.	POPIS LITERATURE	163
10.	ŽIVOTOPIS I POPIS OBJAVLJENIH RADOVA	169
11.	POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFOVA	172
11.1.	Popis slika.....	172
11.2.	Popis tablica.....	175

11.3. Popis grafova	176
12. POPIS PRILOGA	177

SAŽETAK

U doktorskom radu obrađuje se infracrvena zaštitna grafika u fleksotisku za savitljivu ambalažu sa spot bojilima i procesnim bojilima na prozirnim, metaliziranim i matiranim materijalima. Dvostruko stanje bojila za skrivanje infracrvene grafike unutar vidljive slike postiže se tekućim bojilima u fleksotisku. Eksperimenti se provode na polimernim materijalima različitih debljina i vrsta. Proširuje se grafička tehnologija fleksotiska koja ne utječe na dizajnersko rješenje, a pogodna je u proizvodnji ambalaže. Izvode se novi parametri koji proširuju infraredesign (IRD) metodu, čime se unapređuju znanja o zaštitnom tisku u ambalažnoj industriji. Eksperimentiranjem s novim programskim rješenjima dokazuje se da je za primjenu infracrvene zaštite dovoljan postojeći repromaterijal u fleksotisku, pa zbog toga ne poskupljuje izvedba, a ni sam proizvod.

Ključne riječi: CMYKIR separacija, fleksotisak, infraredesign, prozirni ambalažni materijal, sigurnosna grafika, spektrofotometrija blizanaca bojila i Z parametar.

ABSTRACT

In Ph.D. thesis infrared security graphics in flexographic printing on flexible packaging with spot and process inks on transparent, metallic and matte materials is introduced. Dual dye properties for hiding infrared graphics within the visible image are achieved by liquid dyes in flexographic technology. Experiments are done on polymer materials of various thicknesses and types. Flexographic technology is expanded so it does not affect the design solution, and is suitable in the packaging manufacture. New parameters are performed in Infraredesign (IRD) theory which put forward the knowledge in the security printing for packaging industry. Experiments with the new software solutions prove that existing repro materials are sufficient for infrared protection implementation so the production and even the product itself is in the same price range.

Key words: CMYKIR separation, flexographic printing, infraredesign, security graphics, spectroscopy of twin dyes, transparent packaging material and Z parameter.

EXTENDED (STRUCTURED) SUMMARY

The aim of the research is the development of new technological methods of color design in flexographic printing with the aim of creating double information and protection in a visual and close infrared spectrum.

The goal of the IRD technology is to expand on polymeric, transparent, metalized and matte films of thickness from 15 to 200 μm with low coverage of liquid flotation spot and process inks to hide images (graphics) on transparent, metalized and matched flexible packaging. This is why a high demand for IRD technology has been set up to design a dual-transparent design.

In this research, infrared graphics are projected on the following polymeric and other materials: polypropylene (PPbopp), polypropylene metalized (PPmet), polypropylene cast (PPcast), polyethylene (PELD), polyester (PET) polyamide (PAbopa), aluminum (AL) foil (PET and PVC) and paper.

The colors for flexographic printing are different from inks for other printing techniques and mathematical models and experimental colors for infrared printing have been developed for them.

The basis for creating double information and protection is mathematical models for mixing flexo-color inks by IRD theory. The important properties of algorithmic mixing of process and spot flexographic ink are viscosity (color density), transparency and drying technology. Mathematical modeling determines the network of two-color inks visible in the IR and the visible spectrum. By developing a two-color network, a new information space is created to create such a ton of ink having a value of ΔE less than 3. The network sets color interdependence with more than two sources to allow a clear display of the graphs with the planned visible and invisible properties in the visual spectrum, and the same features in the IR spectrum. The expected scientific contribution is setting a new method for determining the two-color ink in flexographic printing according to IRD theory.

METHODOLOGY AND PLAN OF RESEARCH

- color measurement for flexographic printing,
- planning and mixing spot colorants with Z value in flexo with response and no response in the IR part of the spectrum,
- spectrometric and densitometric measurement of printed two-color inks using Gretag Macbeth Spectra Eye,
- CIE Lab Measurement Results, Measurement Results of Flexible Color Printing on Different Materials (Foil), Measurement Results of Z Value in Near Infrared Area,
- Creating software solutions for flexo printing based on previous results by computer processing,
- Testing of software solutions for infrared protective graphics in real-life use in flexo printing,
- designing a graphic solution in a visible part of the spectrum for flexo printing - visual graphics,
- design of hidden graphics solution for IRD technology in flexo - invisible IRD graphics,
- adjustment of visible and infrared graphics for a better playback effect, so that IRD graphics are better concealed,
- combining duplicate graphics with CMYKIR separation for flexo printing,
- Design, realization and production of digital photopolymer printing forms,
- printing on different materials (foils) on a ten color printing machine flexographic machine MIRAFLEX CM10 Eqp 54 920,
- lamination, cutting, production of bags and sleeve, the final completion of process or packaging intended for customer purposes.

In order to protect the food products and prove their authenticity, the research with the protective graphics provided by IRD technology has expanded to flexographic technology.

The duplicate image applied to flexible packaging using the IRD process with new software solutions cannot be reproduced or falsified by scanning and photocopying techniques since passing through the RGB system loses infrared information. Such a procedure does not affect the visual graphic solution.

The application of the results of this research could be a great achievement in flexographic printing of flexible polymeric packaging that will enable the protection, individualization and use of the product.

The Z value (measuring unit) in IRD technology is defined, representing the size with a 40% coverage of black coverage that has a response to a near infrared spectrum at 1000 nm, i.e. absorption at a wavelength of 1000 nm. Lower value Z gives a wider range of color tones, but the end result is less recognizable in the infrared spectrum. The higher the Z value gives the images with poor saturation. The Z-value of 40% of coverage is a compromise determined on the basis of research, by measuring the color of the prints in a visual and close infrared spectrum. In order to standardize the two-color ink network for flexographic printing, Z value is introduced on polymer transparent foils.

The flexographic inks manufacturer does not currently have a sophisticated recipe base for a two-color inks network (with or without a close IR spectrum response). In this dissertation, the software computing solutions defined the network of two-color inks for flexo printing. Thus, a new information space was created for targeted two-color inks. In this way, the procedures for making infrared design for flexographic printing and their application have been set.

The core of IRD technology in process flexo printing inks is that the same proportions of cyan, *magenta* and yellow give a gray tone. This same gray tone can be obtained by using a carbon black processor. The difference is that CMY has a very low response in close infrared spectrum, while black has a higher absorption.

By combining raster elements of process flexographic ink in CMYKIR separation, a security or double IRD graphics are created.

Spot flexographic inks are mixed from a whole set of color process and spot colors that do not have a response in the near infrared spectrum and the inks that have a response in the near infrared spectrum with the aim of showing a visible spectrum of these new spot colors at a ΔE of less than 3.

Due to the success of offset and digital press IRD, research also extends to flexographic technology in the production of flexible packaging.

Experimentation in flexo is expensive, so research is based on the IRD mathematical modeling theory in algorithms.

INFORMATION

Each food packaging should contain the following information:
the composition of the packed product with all of the additives,
the way of consumption i.e. pre-consumption preparation (if necessary - soups, pudding...),
country of origin and manufacturer,
date of production and validity period,
icons representing the packaging composition: food product (spoon and fork) and return packaging (triangle with number), recyclable packaging (green punkt),
bar code for product registration at cash register,
weight of stuffed food product.

Declarations must be in all languages of the countries where the packaged product is distributed and the font size must not be less than 8tp.

The product can be of small size, so the problem is to put all the necessary information on the packaging.

Among all those information it is desirable to point out certain information that are important only to certain group of people. This is important because of the fact that most buyers do not read the declarations because they have too much text and very small fonts. For example, for allergies only the allergen from the composition of the packaged food product may be visible in IRD charts. For manufacturers and packaging producers, important data on batches of raw material could be hidden in IRD charts. And to the final buyer a recipe for using a packed food product could be proposed.

TRANSPARENCY

Today, more and more people are using transparent packaging. The reason is that the end customer has no confidence in the manufacturers. The problem is that the printed image is actually a photo decorated in "Photoshop" or the product was additionally prepared before taking a photo by photographer. Such a product is often no longer edible because of treatment hair spray or being coated with paint etc.

This demand for the greater transparency, with the smallest surface of the print on the packaging, reduces the space for the required and desirable information. IRD image technology in the picture can help to put enough information on the packaging while keeping utmost transparency.

Products packed in packaging with the greater transparency are: bakery products, nuts, meat and meat products, juices etc.

SAFETY

Food products may be solid or liquid. Solid and powdery products are included in solid and water, juices and alcoholic beverages are included in liquid. Often times it is difficult to figure out whether the packaged food product is original because it does not differ from the original in color, size or taste. Therefore, in order to be completely assured of originality, IRD technology is used that does not change the present look of packaging, is available only to a defined observer group, no additional investment in reproduction material is required and can be unique for each packaged product separately.

LINE GRAPHIC

It allows by various shades, spacing between lines and different shapes (rosettes, vignettes, cobwebs) to create to the human eye an unrecognizable IRD line graphic within the visible line graphics. Using line graphics, the packaging still looks light and transparent, with very low coloring properties, while satisfying the customer's transparency requirement and incorporating security from counterfeiters.

The QR code and the line bar code can be printed one over the other in the same position as the design solution. One of them is printed as visible and other as a hidden IR code. Each one of them can be read separately. The reader is read by a bar (QR) code reader and hidden using a ZRGB camera with a bar (QR) code reader.

The IRD graphic solution is only available to a defined observer group. No additional investment is required in raw materials and production processes. Simply put, nothing changes. The new Z value is unique for each packed product separately. Which raises the value of the packaged product as unique.

ŽIVOTOPIS MENTORA

Izv. prof. dr. sc. *Ivana Žiljak-Stanimirović* zaposlena je na Grafičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Rođena je 26. siječnja 1978. u Zagrebu.

Studij dizajna pri Arhitektonskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu upisala je 1996., diplomirala je 1. veljače 2001. godine.

Od 2001. godine radila je kao znanstveni novak na Grafičkom fakultetu u Zagrebu.

Sveučilišni poslijediplomski znanstveni studij Grafičko inženjerstvo upisala je 2002. na Grafičkom fakultetu u Zagrebu.

Magistarski rad obranila je 21. lipnja 2005. iz područja tehničkih znanosti, polje grafička tehnologija, s naslovom „Grafika dokumenata sa spot bojama iz ultravioletnog područja”, pod mentorstvom prof. dr. sc. Darka Agića.

Doktorsko zvanje znanstvenog suradnika u znanstvenom području tehničkih znanosti na polju grafičke tehnologije stekla je 12. svibnja 2009. godine.

U znanstveno-nastavno zvanje docenta u području tehničkih znanosti na polju grafičke tehnologije izabrana je 16. studenog 2009. na Grafičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

U znanstveno zvanje višeg znanstvenog suradnika u znanstvenom području tehničkih znanosti na polju grafičke tehnologije izabrana je 29. lipnja 2010. godine.

U znanstveno zvanje znanstvenog savjetnika u znanstvenom području tehničkih znanosti na polju grafičke tehnologije izabrana je 26. studenog 2013. godine.

U znanstveno zvanje znanstvenog savjetnika u interdisciplinarnom području znanosti (na polju grafičke tehnologije i informacijskih i komunikacijskih znanosti) izabrana je 21. ožujka 2014. godine.

Znanstvena djelatnost i doprinos razvoju znanosti očituju se u otkriću i tehnologiji istodobnog upravljanja bojilima i informacijama u vizualnom i bliskom infracrvenom spektru pod zaštićenim nazivom INFRAREDESIGN® s tri prijavljena patenta i objavljenim znanstvenim radovima.

Ivana Žiljak-Stanimirović, samostalno i sa suradnicima, dobitnica je ukupno 70 domaćih i međunarodnih nagrada i odličja. Najznačajnije nagrade u Hrvatskoj su Državna nagrada za znanost za 2010. godinu za znanstveno otkriće „Kreiranje tiskarskih boja za vidljivi i infracrveni spektar”, zatim Nagrada Grada Zagreba 2010. godine i Nagrada za izvrsnost Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa 2010. godine.

1. UVOD

1.1. Pregled dosadašnjih istraživanja

Dosadašnja istraživanja u projektiranju zaštitne grafike u nevidljivom bliskom infracrvenom dijelu spektra kao IRD tehnologija provedena su u digitalnom tisku i ofsetu na papiru bijelog tona s pokrivnim neprozirnim bojilima. Ta istraživanja predstavljaju početni referentni model kod kojeg su već postignuti rezultati s uspješnom primjenom.

Godine 2009. prikazana su prva izdanja o IRD tehnologiji primjenjenoj na ambalaži od kartona *Process Color Management for Producing Double Images* [1]. Otada su napravljeni testovi na svili i tkanini [2].

Spajanjem dviju slika CMYKIR (separacije procesnih bojila vidljivih u IR dijelu spektra) metodom [3] omogućen je put općim unapređenjima sigurnosne grafike u tiskarskoj praksi. Objavljeni radovi su potvrda da je budućnost IRD teorije našla svoje mjesto u dizajnu plakata, knjiga, vojnih odora te u ambalaži lijekova [4]. Kao primjer je poštanska marka napravljena u Hrvatskoj pošti povodom obljetnice pristupa Hrvatske Europskoj uniji [5] i dizajn antiterorističke odjeće za vojsku i policiju [6].

IRD tehnologija razvila je metodu mjerenja apsorpcije svjetlosti u dva spektralna područja za različite materijale. To je omogućilo ulazak u područje slikarstva [7]. Poteškoće nastaju kada se jedan matematički model primijeni na bojila i materijale koji nisu prošli postupak utvrđivanja korelacije CMY bojila i K bojila sa zadovoljavajućom razinom izjednačavanja V i Z blizanaca. U dosadašnjim se istraživanjima sigurnosni tisak provodio s bojilima za UV zaštitu [28] i infracrvenu zaštitu, ugrađenu u vidljivu grafiku [8]. Bojilo ugljikove crne K s fluorescentnim bojilom F stvara bojilo s pozitivnom Z vrijednosti, iako je to tipično ultraljubičasto bojilo [9].

Na temelju uspjeha dosadašnjih istraživanja u ostalim tehnikama tiska, u ovoj su disertaciji izvedena rješenja za polimerne folije s pripadajućim fleksotiskarskim bojilima [10]. Bojila i folije su prozirni, stoga je i otisak proziran, što otežava postizanje nevidljive slike. Spajanje dviju slika je poseban zahvat, koji uključuje kontroliranu GCR metodu (*Grey Component Replacement* – metoda zamjene CMY boja crnom bojom). U CMYKIR separaciji se K u GCR-u upravlja vidljivom informacijom. Ova disertacija je prvi izvještaj o uspješnom

ulasku IRD-a u tisak velikih naklada na polimernim materijalima [11] s ciljem unapređenja zaštite upakiranog proizvoda.

U grafičkoj industriji se kao zaštita upotrebljava sigurnosni papir, polimerni materijali [2], folija, bojila, posebne tehnologije tiska na novčanicama, osobnim dokumentima, vrijednosnicama, tekstilu [2], metalnim i plastičnim proizvodima, ambalaži, pa tako i na savitljivoj ambalaži. Zbog širokog spektra primjene zaštitnog tiska, metode zaštite bi prije svega trebale biti povoljne.

1.2. Cilj i hipoteze istraživanja

Cilj istraživanja je razvoj novih tehnoloških postupaka projektiranja bojila u fleksotisku radi stvaranja dvostrukih informacija i zaštite u vizualnom i bliskom infracrvenom spektru.

Hipoteze ovog rada su:

1. Svojstva viskoziteta (gustoća bojila), prozirnost, tehnologija sušenja procesnih bojila i spot fleksotiskarskih bojila su baza za algoritam miješanja bojila s ciljem postizanja dvostruke slike u fleksotisku.
2. Infraredesign tehnologija se proširuje na polimerne, metalizirane i matirane materijale s ciljem skrivanja slike na prozirnoj i metaliziranoj savitljivoj ambalaži.
3. Dvostruku sliku apliciranu na savitljivu ambalažu primjenom IRD postupka s novim programskim rješenjima nije moguće reproducirati niti krivotvoriti tehnikama skeniranja i fotokopiranja.

Primjena rezultata ovog istraživanja predstavlja veliko dostignuće u fleksotiskarskoj proizvodnji savitljive polimerne ambalaže koje će omogućiti zaštitu, individualizaciju i korištenje proizvoda.

1.3. Tijek eksperimenata

Kao plan eksperimenta primijenit će se savitljiva ambalaža, kao što su vrećice i omotne folije debljine od 15 μm do 200 μm [17], izrađene kao laminati ili monofolije od: papira, aluminijske folije i polimernih materijala, kao što su: polipropilen (PPbopp), polipropilen metalizirani (PPboppmet), polipropilen *cast* (PPcast), polipropilen matirani (PPboppmat), polietilen (PELD), polietilen metalizirani (PELDmet), poliester (PET), poliester matirani (PETmat), poliester metalizirani (PETmet), poliamid (PAbopa), poliamid *cast* (PACast), rukavac folije (PET i PVC), papir i AL folija. Kao bojila upotrijebljena su fleksotiskarska bojila na bazi nitroceluloze proizvođača Huber.

Oprema upotrijebljena tijekom istraživanja:

- ZRGB infraredesign kamera
- mikrometar za mjerenje debljine folija i test-vrpca za provjeru prijanjanja bojila na foliju,
- *Spectro Eye X-Rite* uređaj za mjerenje boja u CIE Lab prostoru boja – odstupanja boja od referentnog uzorka ΔE , gustoća obojenja, prirast rasterskih elemenata, te spektrogram u vizualnom području
- standardi rasvjete: D50 – dnevno svjetlo (temperatura boje od 5000 K), D65 dnevno svjetlo (temperatura boje od 6500 K) i F11/TL84 – umjetna rasvjeta (neonsko svjetlo)
- forenzički skener Projektina 4500.

Metodologija i tijek istraživanja:

- mjerenje bojila za fleksotisak
- planiranje i miješanje spot bojila sa Z vrijednošću u fleksotisku
- spektrometrijsko i denzitometrijsko mjerenje otisnutih dvoobraznih bojila za fleksotisak
- CIE Lab mjerni rezultati, mjerni rezultati prirasta boje u tisku na različitim materijalima (folijama), rezultati mjerenja Z vrijednosti u bliskom infracrvenom području
- izrada programskih rješenja za fleksotisak na bazi prethodnih rezultata
- testiranje programskih rješenja za infracrvenu zaštitnu grafiku u realnoj primjeni u fleksotisku
- planiranje grafičkog rješenja u vidljivom dijelu spektra za fleksotisak
- planiranje skrivenog grafičkog rješenja za IRD tehnologiju u fleksotisku
- podešavanje vidljive i infracrvene grafike radi što boljeg efekta u reprodukciji

- objedinjavanje dvostruke grafike s CMYKIR separacijom za fleksotisak
- dizajn, realizacija i izrada tiskovnih formi
- otiskivanje s 10 separacija na različitim materijalima (folijama)
- kaširanje, rezanje, konfekcija i izrada rukavca.

Prva faza je postavljanje dvoobraznih bojila ili blizanaca za fleksotisak [12]. Podrazumijeva planiranje izgleda savitljive polimerne ambalaže sa svim elementima koji su otisnuti u vidljivom dijelu spektra. Ovdje je definirana kombinacija grafike i teksta u skladu sa zadanim parametrima. Nakon toga je pripremljena grafika koja je skrivena za vidljivi dio spektra, a vidljiva je samo u bliskom infracrvenom spektru. Takva je grafika pripremljena kao crno-bijela ulazna slika koja služi kao maska u proračunima miješanja bojila za IRD tisak. Vidljiva i nevidljiva grafika međusobno su ovisne te se moraju razmatrati zajedno, pomoću ZRGB infracrvene kamere (kamera sa IR filterom za promatranje u IR dijelu spektra) [13]. Proces usklađivanja podrazumijeva namještanje pozicija dviju grafika tako da odgovaraju rasponu zacrnjenosti površine koja je prikladna za infracrveni efekt. Dvije grafike podvrgavaju se CMYKIR separaciji uz nov način integriranja jedne grafike za prozirni polimerni materijal. U tom se procesu rade složeni proračuni udjela pojedinih bojila za kontinuiranu gradaciju, čiji rezultat je skrivena [11] grafika u bliskom infracrvenom spektru, na vrijednosti Z 1000 nm.

U fazi eksperimentalnog rada napravljeni su otisci s bojilima koja imaju vrijednost Z od 40 % pokrivenosti. Ta su bojila novo originalno rješenje, a nastala su u laboratoriju fleksotiskare „Rotoplast” d.o.o. Zbog specifičnosti fleksotiskarskih bojila svakog proizvođača (Huber, Sun Chemical i dr.), izvedene su kalibracije i proračuni za svaki ton bojila s kontinuiranom Z vrijednošću na različitim vrstama polimernih podloga. Miješanje tekućih fleksotiskarskih bojila ovisi o tehničkim karakteristikama svakog proizvođača. Zato su provedena testiranja, spektrometrijska i denzitometrijska mjerenja otisnutih bojila, te prilagođavanje za različite fleksotiskarske tehnike.

Nakon toga se pristupilo projektiranju grafičkog rješenja s prilagodbama za fleksotisak [24] na zadanoj vrsti materijala (folije) i njegovu prozornost. Kada je grafičko rješenje računalno prilagođeno s obzirom na zadanu tehniku tiska, izrađene su fotopolimerne tiskovne forme digitalnim putem, pomoću lasera. Nakon izrade tiskovnih formi, napravljen je fleksotisak s 10 separacija. Otisnuta folija se kaširala, rezala i formirala u vrećicu.

Tako formirana savitljiva ambalaža podvrgnuta je mjerenju *Spectro Eye X-Rite* uređajem. Uspoređena je boja za vizualni i infracrveni spektar u CIE Lab sustavu metodom ΔE .

Postupak je iterativan, pa su se mjerenja obrađivala regresijskom analizom kako bi se odredio novi sastav bojila. Cilj svake iterativne postavke bio je postići ona rješenja koja imaju vrijednost ΔE manju od 3 [29].

U daljnjim otiscima primjenjivana su grafička rješenja s planiranom skrivenom slikom. IRD rješenje za fleksotisak temelji se na vrijednosti Z, koja je konstantna i iznosi 40 %. To je dovoljno za ZRGB kameru koja snima dvije slike: vizualnu (V) i infracrvenu (Z).

1.4. Očekivani znanstveni doprinos

1. Definiranje programskih rješenja za fleksotiskarska bojila sa specifičnim svojstvima viskoziteta i transparentnosti za primjenu IRD teorije u fleksotisku savitljive polimerne ambalaže.
2. Definiranje metode stvaranja novih tekućih fleksotiskarskih bojila i njihovih kombinacija za zaštitnu tehnologiju u fleksotisku na polimernim materijalima (folijama).
3. Definiranje analitičkih i matematičkih modela radi standardizacije palete blizanaca V i IR (Z) parova bojila za fleksotisak.

2. AMBALAŽA I ZAŠTITNI MEHANIZMI U PROZVODNJI PROZIRNE SAVITLJIVE POLIMERNE AMBALAŽE

Pod pojmom ambalaže podrazumijeva se sve u što je proizvod upakiran [30]. Ambalaža ima više funkcija: štiti proizvod od nepovoljnih vanjskih utjecaja, kao što su temperaturne oscilacije, povećana vlažnost zraka, udarci, trenja, prljanja prašinom i dr.

Čine ju posude različitog oblika (načinjene od različitih materijala, u kojima se roba drži tijekom transporta) i tanji savitljivi materijali koji su izrezani na odgovarajuće dimenzije, grafički obrađeni, a služe za zamatanje roba.

Može se podijeliti u različite skupine s obzirom na odabrano zajedničko svojstvo, a to je ambalažni materijal. Osnovna namjena u prometu roba: prema mjestu transporta (kontinentalna i prekomorska), prema trajnosti (povratna i nepovratna), prema funkciji (prodajna, skupna i transportna), prema vrijednosti (više puta upotrebljiva, potrošna), prema fizičkim svojstvima (kruta, polukruta i meka) i dr.

Radi se o širokom spektru materijala koje treba zaštititi i unaprijediti. Cilj ove disertacije je ponuditi nova rješenja u dizajnu [27], zaštititi i individualizaciji ambalaže te uporabi.

2.1. Uloga i razvoj savitljive ambalaže

Godine 1907. započinje era plastične krute samostojeće ambalaže. Pojavom tanjih polimernih materijala 1950. godine, započinje razvoj fleksibilne (savitljive) ambalaže. To su polimerni materijali [23], aluminijske folije i papir kao monofolije ili kao laminati u debljini od 15 μm do 200 μm (sl. 2.1.).

Slika 2.1. Polimerna savitljiva laminirana ambalaža različitih namjena.



Razvojem savitljive ambalaže, radi konkurentnosti i gospodarske moći, krivotvorenje je postalo jedan od vodećih problema cijelog svijeta. Namjena ovog rada je postizanje sigurnosti i zaštite bez dodatnih ulaganja, uporabom standardnih repromaterijala i postupaka izrade.

2.2. Savitljiva ambalaža prema vrsti polimernog materijala

Materijali su najvažniji elementi u kreiranju ambalaže. O njima ovisi izbor tehnologije za proizvodnju, kvaliteta, izgled, oblik, namjena, način uporabe i cijena. Prema materijalu od kojeg je izrađena, ambalaža se dijeli na: papirnatu, kartonsku, metalnu, staklenu, drvenu i tekstilnu te ambalažu od polimernih materijala, koja može biti višeslojna (sl. 2.2.).

Slika 2.2. PET rukavac (lijevo) i dupleks PET/PE (desno).



Rukavac (sl. 2.2.) se izrađuje od PVC-a 50 µm i PET-a 50 µm. Zbog različitih aplikacija, za tisak rukavca upotrebljavaju se posebna bojila koja podnose visoku temperaturu i vlagu. Tisak se nalazi s unutarnje strane. Prilikom formiranja rukavca upotrebljava se tetrahidrofuran, koji lijepi foliju i formira crijevo. To se crijevo aplicira na krutu ambalažu (plastične ili staklene kontejnere – bočice).

Na svim navedenim materijalima moguće je primijeniti IRD tehnologiju. Zato su potrebna IRD istraživanja za svaku vrstu materijala, za svaku tehniku tiska i za svaku vrstu spot bojila i procesnih bojila. Potrebno je odrediti kolorne postavke tih bojila ovisno o podlozi i tehnici tiska za projektiranje infracrvenih zaštitnih grafika.

Polimerni materijali upotrebljavaju se za izradu ambalaže od 1950. godine [17]. Zbog dobrih svojstava i niske cijene, zamijenili su neke prirodne materijale, osobito metal, drvo i staklo. Proizvode se u gotovo svim ambalažnim oblicima.

Zahvaljujući svojim specifičnim svojstvima polimerni materijali [23] (folije) omogućili su razvoj novih metoda pakiranja, kao što je pakiranje u modificiranoj atmosferi u prodajnim jedinicama prilagođenima potrebama kupca, čime je produljena svježina prehrambenih proizvoda [32].

Kombiniranjem i spajanjem više vrsta različitih materijala u obliku folija dobivaju se ambalažni materijali željenih svojstava i relativno niske cijene, a nazivaju se višeslojni ambalažni materijali (folije) ili laminati [31]. Upotrebljavaju se za pakiranje roba kada klasični materijali ne zadovoljavaju uvjete svojim svojstvima ili cijenom, ili nisu prilagođeni suvremenoj opremi za pakiranje. Tema ove disertacije su polimerni materijali (folije) [26], zbog svojih pristupačnih karakteristika: cijene, savitljivosti i barijernih svojstava prema vanjskim utjecajima.

Pri izradi ambalažnih materijala slojevitih struktura upotrebljavaju se različite polimerne folije (PE, PP, PA i dr.), papir, karton, te aluminijska folija. Svim polimernim materijalima zajedničko je da imaju malu gustoću, teško su topljivi, kemijski su inertni i podložni su razgradnji pri utjecaju topline na relativno niskim temperaturama. Imaju vrlo dobra tehnološka svojstva, lako se mehanički oblikuju uz mali utrošak rada, energije i vremena. Zahvaljujući plastičnosti moguće je uz primjenu velikog broja postupaka prerade proizvesti proizvode vrlo različitih oblika i svojstava. Proizvodi se obliku tanke folije, te se nanose u tankom sloju i na drugi materijal. [18].

Za svaku vrstu polimernih folija izrađena je zasebna mreža dvoobraznih bojila koja je provedena za IRD, jer je izrada usko vezana za karakteristike svake pojedine folije.

2.2.1. Polietilen

Polietilen (PE) je najjednostavniji poliugljikovodik i jedan od najpoznatijih polimera današnjice. Proizvodi se polimerizacijom etilena $[-CH_2-CH_2-]$.

Budući da bojilo loše prijanja uz PE foliju, ako se želi nanijeti bojilo, površinu treba obraditi posebnim postupcima (kloriranje, oksidacija ili utjecaj tihog električnog izbijanja). Električno izbijanje je djelovanje elektriciteta kojim se stvara mikrostruktura na površini PE-a.

Folije su meke, gipke (zadržavaju gipkost i pri $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ za pakiranje namirnica koje se zamrzavaju), rastezljive i prozirne.

Za folije se upotrebljavaju PE-LD (visoka čvrstoća) i PE-HD (čvrste, krute, postojane pri $110\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Najviše se upotrebljavaju za izradu vreća, vrećica i laminata. Povećanjem gustoće rastu barijerna svojstva prema pari, plinovima i postojanost na otapala. Kod laminata se upotrebljavaju kao unutarnji sloj, vrlo rijetko kao vanjski sloj.

Slika 2.3. Granulat PE-LDa i ekstruder za proizvodnju PE-LD folije.



Na slici 2.3. prikazan je granulirani polietilen koji se rastavlja u plastičnu masu iz koje se uz pomoć ekstrudera izvlači polietilensko crijevo definirane debljine (ovisno o potrebama pakirnice). Tako izrađeno crijevo se obrezuje sa strana kako bi se dobila folija koja se namata na kartonski tuljak. Na taj način nastaje polietilenska folija u roli za daljnju upotrebu.

2.2.2. Polipropilen

Svojstva polipropilena su slična svojstvima polietilena, s gledišta ambalaže. Razlikuju se po tome što polipropilen nema voštani opip kao PE, ima veću čvrstoću i svojstva mu se manje mijenjaju porastom temperature. Polipropilen (PP) $[-CH_2-CH(CH_3)-]$ je netoksičan, postojan je na djelovanje vode i otapala, kemijski postojan prema sastojcima namirnica, uključujući

masnoće, čak i pri povišenoj temperaturi. Upotrebljava se za izradu laminata i transportnih vreća. Osjetljiv je na niske temperature, već pri 0 °C postaje krhak. Ako se u njega želi pakirati zamrznute namirnice, potrebno je istegnute zagrijane folije. Time se poboljšavaju mehanička svojstva i postojanost pri vrlo niskim temperaturama (do -50 °C). Veća otpornost prema UV zračenju [28] ostvaruje se dodatkom stabilizatora pri dobivanju polipropilena.

PP folije koje se upotrebljavaju pri izradi laminata su bezbojne, prozirne, glatke i sjajne, otporne na povišenu temperaturu. Služe za pakiranje proizvoda u vrućem stanju i za robu koja se mora naknadno sterilizirati.

2.2.3. Poliester

Među poliesterima najviše se primjenjuje poli(etilen-tereftalat) (PET) [-OC-C₆H₄-COO-CH₂-CH₂-O-]. To je plastomerni linearni poliester visoke molekulske mase, relativno visokog tališta (iznad 100 °C) i visokog stupnja kristalnosti, odličnih mehaničkih svojstava, kemijske i toplinske postojanosti. Zahvaljujući maloj masi, proziranosti, otpornosti na povišenu temperaturu i drugim dobrim svojstvima ambalaža od PET-a je u velikoj mjeri zamijenila staklenu ambalažu za pakiranje kozmetičkih, farmaceutskih i prehrambenih proizvoda [32]. Njezin osnovni nedostatak je otežana prerada zbog relativno spore kristalizacije iz taljevine, što zahtijeva održavanje temperature prerade u uskim granicama.

Slika 2.4. Poliesterska folija.



Na slici 2.4. prikazana je PET folija debljine 12 µm. Ona je sjajne i kristalno prozirne strukture. Pogodna je za tisak, ali nije upotrebljiva za izradu ambalaže kao samostalni materijal zbog nemogućnosti da se rastali i spoji sama sa sobom tj. da se zavari. Upotrebljava se uvijek u kombinaciji s drugim materijalima.

2.2.4. Poliamid

Poliamid (PA) $[-OC-(CH_2)_n-NH-]$ karakteriziraju dobra mehanička svojstva i otpornost na trenje. Zbog visoke cijene, njegova je primjena u proizvodnji ambalaže ograničena samo na rješavanje specifičnih problema pakiranja. Pretežno se upotrebljava za izradu laminata u kombinaciji s drugim plastomerima: polietilenom, polipropilenom i aluminijskom folijom ili papirom. Zbog dobrih mehaničkih svojstava, male propustljivosti za kisik, velike čvrstoće šava dobivenog postupkom zavarivanja i dobrog prijanjanja tiska upotrebljava se prije svega kao vanjski sloj. Poliamidna folija je istog izgleda kao poliesterska folija. Pogodna je za tisak, ali ne i za izradu ambalaže, pa se upotrebljava isključivo u kombinaciji s drugim polimernim folijama. Upotrebljava se uglavnom u debljini 15 μm . Zbog svojih higroskopskih svojstava, navlači vlagu iz prostora, pa je mogućnost istezanja folije veća, što narušava funkcionalnost i izgled folije, a kasnije i vrećice.

2.2.5. Aluminijska folija

Aluminij (AL) je općenito mekan i žilav materijal, ali ne i elastičan. Aluminijska folija kao materijal upotrebljava se za zamatanje prehrambenih proizvoda, ali i kao materijal za izradu laminata. Aluminij se neznatno omekšava zagrijavanjem, a na niskim temperaturama ne postaje krhak, što ga čini pogodnim za pakiranje prehrambenih proizvoda koji se toplinski steriliziraju ili zamrzavaju. Budući da ne propušta vodu, masnoće, vodenu paru i plinove (iznimka su folije do 20 μm , koje djelomično propuštaju plinove), prikladan je za pakiranje higroskopskih, aromatičnih i drugih proizvoda koji ne smiju stupiti u interakciju s okolinom.

Nedostatak aluminijske folije je njeno krutost. Ako se laminira prevelikim silama, pri formiranju ambalaže može doći do pucanja aluminijske folije i narušavanja barijernih svojstava.

Slika 2.5. Aluminijska folija.

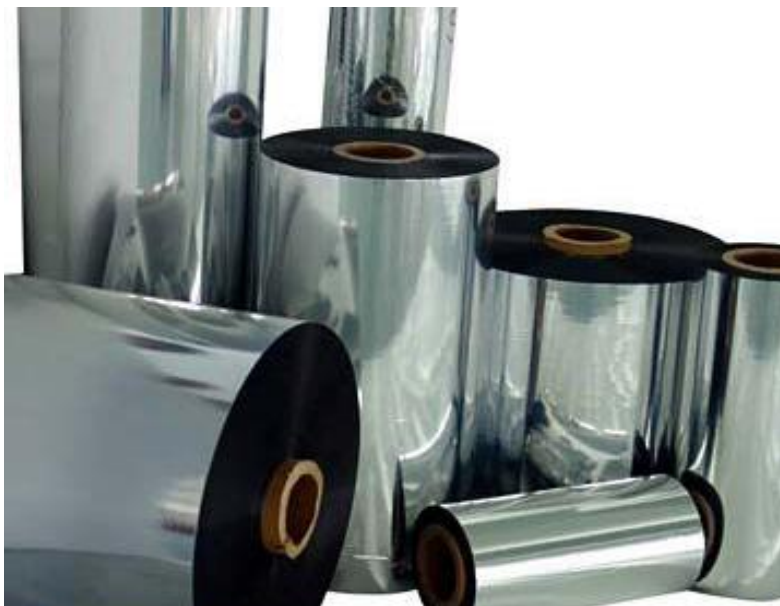


Na slici 2.5. prikazana je aluminijska folija, koja se uglavnom upotrebljava u debljini od 7 do 12 μm , u kombinaciji s polimernim folijama. Rola aluminijske folije osjetljiva je na udarce zbog svoje krte strukture. Čim se pojavi udubljenje na roli, ona postaje neupotrebljiva za izradu višeslojne ambalaže [31].

2.2.6. Metalizirane polimerne folije

U novije se vrijeme kao zamjenski materijal za aluminijsku foliju upotrebljavaju monoaksijalno i biaksijalno orijentirani polipropileni s metalizacijom (OPP i BOPP folije) i metalizirani PE, odličnih barijernih i mehaničkih svojstava. Metalizacijom višeslojnog polimernog materijala smanjuje se propustljivost elektromagnetskog zračenja, čak više od 90 %, te su uvelike poboljšana barijerna svojstva na plin, vlagu i svjetlo. Poboljšanje barijernih svojstava ovisi o debljini sloja nanesenog metala i raspodjeli na površini folije.

Slika 2.6. Metalizirana polimerna folija.



Na slici 2.6. prikazan je skup folija oslojenih aluminijem. To su: polietilenska, poliesterska i polipropilenska folija. Ne postoje ograničenja, svaka polimerna folija je prozirna, matirana ili metalizirana.

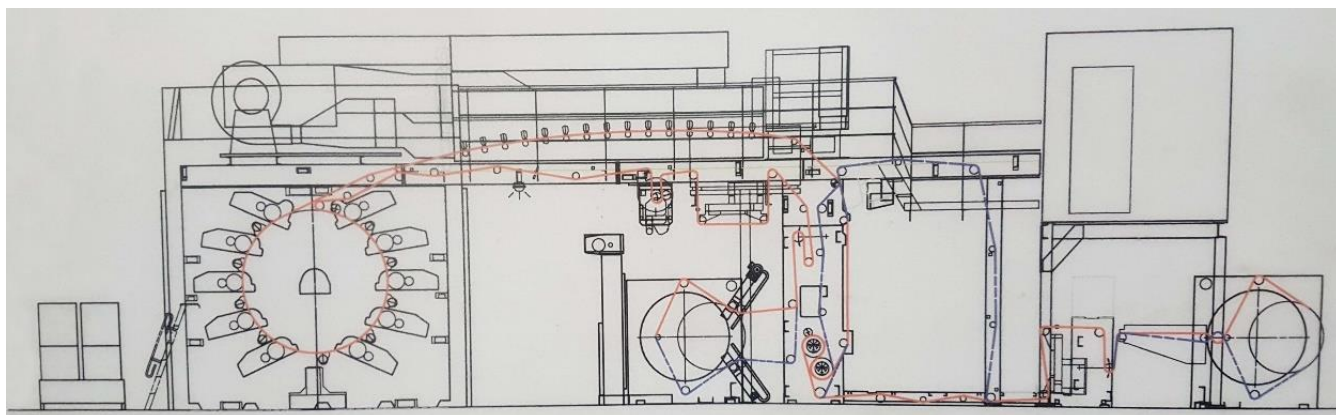
2.3. Izrada prozirne savitljive polimerne ambalaže

2.3.1. Fleksotisak

Fotopolimerna tiskovna forma napravljena je digitalnim procesom, laserskom obradom. Osvjetljivač laserom obrađuje karbonski sloj na tiskovnoj formi. Tim se postupkom formira latentna slika. Nakon toga se tiskovna forma uranja u kemikaliju *Gravosol solvent*, te se četkama iščetkava neosvijetljeni karbonski sloj sa slobodnih površina. Takva tiskovna forma suši se *Philipsovim* UVA i UVC lampama. Kada završi cijeli postupak, započinje stabilizacija tiskovne forme, koja traje 24 sata.

Tiskovne forme (separacije) montiraju se na tiskovne valjke, koji su različitih opsega. Ovisno o koraku tj. visini krajnjeg proizvoda (npr. vrećice), tiskovne se forme montiraju na pripadajući valjak. Tiskovna forma montira se uz pomoć obostrano ljepljive trake (duplofana proizvođača Lohmann ili 3M), koja može biti mekša ili tvrđa, ovisno o tome treba li povećati ili smanji nanos bojila na tiskovnu podlogu (foliju). Mekšom će se trakom nanijeti manje bojila, a tvrđom više.

Slika 2.7. Nacrt tiskarskog stroja: Windmoller & Holscher Miraflex.



Izvor fotoilustracije s tiskarskog stroja, izvor: Rotoplast d.o.o.

Bojila se nalaze u pumpama. Ona se pod tlakom ubrizgavaju u komoru koja je prislonjena na aniloks valjak. Višak se uklanja rakel noževima kako bi na valjku ostala točno određena količina aniloksa, odnosno količina određena linijaturom aniloks valjka i dubinom rasterskih čašica. Linijatura aniloks valjka varira u odnosu na kvalitetu i zahtjevnost tiska, te se svaka separacija mora definirati s ispravnim nanosom aniloks valjka kako bi se spriječilo zapunjavanje rastera tiskovne forme zbog prevelikog nanosa ili poroznost nanosa i slabi tonaliteta zbog premalog nanosa.

Tiskovna podloga (folija) prolazi između tiskovne forme i temeljnog cilindra, koji se okreću u suprotnim smjerovima različitim obodnim brzinama. Nakon otiskivanja svake separacije, bojilo se suši vrućim zrakom (temperatura puhalice od 50 do 80 °C) prije nanosa sljedeće separacije, te se provodi finalno sušenje nakon otiskivanja svih separacija u glavnom tunelu. Temperatura od 60 °C za sušenje, provodi se na brzini od 400 metara u minuti i 45 °C na brzini od 100 metara u minuti. Temperature variraju u ovisnosti o brzini tiska i količini separacija tj. samog nanosa bojila te o vrsti materijala na kojem se tiska [19]. Na namataču otisnute folije za potrebe IRD tehnologije ugrađena je ZRGB kamera, spojena na tiskarski stroj, kako bi se kontrolirala dvostruka grafika na prozirnem materijalu (foliji).

Za tisak savitljive polimerne ambalaže upotrebljavaju se polimerne [30], matirane i metalizirane folije, koje mogu biti različitih svojstava za različitu upotrebu npr. barijerne folije, otporne na prolaz kisika i vodene pare te metalizirane folije otporne na prolaz svjetlosti. Sve te folije mogu biti različitih debljina u mikrometrima [μm]. Bitno svojstvo svake folije za tisak grafičkog rješenja je njegova površinska napetost, koja iznosi od 38 do 42 [dynes/cm] po ASTM D-2578 metodi. Ovisno o vrsti folije, istegnuće (ako ono postoji) mora biti minimalno (mjeri se u postocima $\pm 5\%$), kako bi se svaka separacija lakše uskladila. Za pakirnicu (ambalažera) je bitno svojstvo svake folije kliznost filma Dinamic C.O.F. (*coefficient of friction*) po normi DIN 53375, koja je u rasponu od 0.1 do 0.35, te temperatura zavara od 105 °C do 140 °C. Svi ti parametri i njihovi rasponi vrijednosti ovise o vrsti folije [20].

Na polimernim folijama provedena su IRD istraživanja na kojima su definirane kolorne postavke. Kolorne postavke ovise o vrsti folije na koju se tiskaju. To znači da ista kombinacija rastera procesnih ili spot bojila ne mora dati zadovoljavajuće rezultate na svim navedenim folijama. Zato se probnim tiskom blizanaca definirala mreža dvoobraznosti [12] i tada se pristupilo obradi dizajna [27] s dobivenim blizancima. Nakon računalne obrade i izrade tiskovnih formi, tiskalo se konvencionalnom metodom s konvencionalnim repromaterijalima.

Slika 2.8. Deseterobojni fleksografski stroj za tisak MIRAFLEKS CM10 Eqp 54 920.



Izvor fotografije: Rotoplast d.o.o.

Na slici 2.8. prikazan je tiskarski stroj na kojemu su provedena istraživanja. Deseterobojni stroj s agregatima smještenim oko centralnog cilindra. Na njemu se tiskaju istodobno procesna bojila, spot bojila i bijela, te se nanose lakovi ovisno o zahtjevu dizajna i o slobodnim agregatima.

2.3.1.1. Nanos mat laka na fleksotiskarskom stroju

Kako bi dizajnerskom rješenju [27] savitljive polimerne ambalaže dodijelili novu dimenziju i privlačnost, odnosno povećali prodajnu moć upakiranog proizvoda, uvedena je nova tehnologija u fleksotisku, a to je nanos mat laka u registru ili nanos 100 % pokrivenosti. Mat lak može dodatno promijeniti (naglasiti) neke dijelove dizajna i zbog toga postaje interesantan i uočljiv krajnjim potrošačima (sl. 2.9.).

Slika 2.9. Nanos mat laka na tripleks foliju.



Slika 2.10. Nanos mat laka na dupleks foliju.



Na slici 2.10. prikazana je gornja barijerna dupleks folija s nanosom mat laka, radi prirodnijeg izgleda otisnutog dizajna papira (efekt papira) [27].

Mat lak je proizveden na nitroceluloznoj bazi (NC bazi). Kemijski sastav je isti kao i kod fleksotiskarskog tekućeg bojila. Sastoji se od n-propanola, etanola i etoksipropanola. Ima viskozitet, kao i sva bojila našeg dobavljača Huber, od 21 do 23 sekunde po normi DIN 4 (1 dl zapremine i promjera istjecanja 4 mm). COF (kliznost) – dinamički treba biti od 0.25 do 0.35, ovisno o količini nanosa mat laka. Taj COF idealan je za nesmetani rad pakirnih strojeva. Maksimalna temperatura mat laka koju može izdržati bez oštećenja je 180 °C [19].

Mat lak se nanosi na tripleks foliju (sl. 2.9.), izrađenu od obostrano obrađenog (kemijski i korona) PET-a, aluminija i PELD-a. Mat lak nanosi se i na dupleks foliju (sl. 2.10.) izrađenu od obostrano obrađenog (kemijski i korona) PET-a i PELD-a ili na monofoliju obostrano obrađenog PP-a.

Polimerna folija na koju se nanosi mat lak mora biti obostrano obrađena (sl. 2.11.). Svojstva obostrano obrađenog PET-a opisana su u tablici 3.5., str. 55. S jedne strane PET je obrađen kemijski. Djelovanjem kemikalija stvara se mikrostruktura na površinskom sloju polimerne folije. Ona služi za prijanjanje fleksotiskarskoj tekućeg bojila na foliju. Ta se strana nalazi s unutarnje strane u višeslojnoj foliji između bojila i druge folije. Postupkom kaširanja nanosi se ljepilo i tako se spaja s drugom folijom.

Nakon otiskivanja bojila na poliestersku foliju, na stranu koja je kemijski obrađena nanosi se mat lak na suprotnu stranu od tiska, tj. na koronom obrađenu stranu. Korona strana obrađena je pomoću struje. Tako je stvorena mikrostruktura na koju prijanja mat lak. Lakirana poliesterska folija kašira se u višeslojnu foliju [31] tako da je tisak okrenut prema laminatu (kaširanoj foliji), a mat lak ostaje izvana.

Slika 2.11. Obostrano obrađeni PET, označen testnom tintom za poliestersku foliju.



Mat lak se nanosi drugim prolaskom polimerne folije kroz fleksotiskarski stroj. Ako postoji preokretna stanica, moguće je otisnuti mat lak s druge strane u istom prolazu kroz stroj. Temperatura sušenja mat laka u tunelu fleksotiskarskog stroja, kao i za bojila, iznosi 50 ° do 70 °C, ovisno o brzini tiska. Proces je detaljno opisan u poglavlju 2.3.1. Ovisno o željenoj jačini mat efekta, nanos mat laka je od 1.5 do 2.5 g/m². Što je veći nanos, to je jači mat efekt. Mat lak se može nanijeti preko cijele površine dizajnerskog rješenja ili segmentno u registru.

Za oba nanosa se upotrebljava isti tehnološki postupak kao i kod otiskivanja fleksotiskarskih tekućih bojila. Za 100 % nanosa upotrebljava se ton-valjak, koji je izbrušen na širinu 6 mm užu od širine polimerne folije na koju se tiska, ali 4 mm širu od širine tiskovne površine. Kod segmentnog nanosa izrađuje se tiskovna forma koja se montira na tiskovni cilindar (valjak) pomoću mikrotočaka, radi usklađivanja sa definiranim segmentom dizajna [27], odnosno u registru. Pozicija mat laka je točno definirano mjesto, bez mogućnosti prevelikog pomaka prilikom otiskivanja mat laka. Tolerancija pomaka je od 0.5 mm do 1 mm. Takvu minimalnu toleranciju omogućuju kontrolne kamere koje prate otisnutu foliju s mat lakom i upozoravaju sustav da repositionira foliju u odnosu na poziciju tiskovne forme. Tim se postupkom sprečava međusobno razilaženje otiska i tiskovne forme za mat lak.

Prilikom nanosa mat laka važno je držati se tehnološkog procesa fleksotiska prema unaprijed zadanim parametrima, a to su: miješanje bojila, brzina tiska, sušenje, napetost folije na transportnim valjcima i sila namatanja.

Definirane napetosti prema vrsti polimerne folije ovise o širini materijala i fleksotiskarskom stroju na kojem se tiska. Proizvođač stroja izrađuje individualiziranu krivulju, prema kojoj se definira napetost folije u [N]. Napetosti su važne za svaku polimernu foliju zbog sprečavanja istezanja, koje utječe na točno pozicioniranje mat laka na dizajnerskom rješenju.

Ako su sile veće od definiranih, bojilo će se preslikati (počupati) na suprotnu stranu folije tj. na vanjsku stranu. Osim toga, može se i mat lak preslikati na unutarnju stranu folije tj. na bojilo. Treće je da će se folija istegnuti i tako produžiti zadanu visinu buduće vrećice, te će pakirnica imati problema pri samom pakiranju. Takva folija više nije za upotrebu u proizvodnom procesu jer je dizajnersko rješenje uništeno.

2.3.2. Kaširanje (laminiranje)

Proizvodnjom laminata prozirne savitljive polimerne ambalaže folije se kaširaju (laminiraju). Tako se povećavaju barijerna svojstva i time štiti upakirani proizvod. Laminacija nije potrebna samo kada se radi o monofoliji.

Razne proizvedene folije (polimerne folije, aluminijska folija i različiti papiri) spajaju se lijepljenjem. Taj se postupak proizvodnje višeslojnih folija naziva kaširanje. Ovisno o vrsti i svojstvima ljepila (adheziva), postupci kaširanja dijele se na:

- suho kaširanje – upotrebljava se ljepilo otopljeno u organskom otapalu
- suho kaširanje bez otapala – upotrebljava se tekuće ljepilo bez otapala
- mokro kaširanje – upotrebljava se ljepilo otopljeno u vodi
- kaširanje voskovima – kao adheziv upotrebljava se vosak
- ekstruzijsko kaširanje – kao adheziv upotrebljava se plastomer (koekstrudirane folije).

Takvim se postupcima kaširanja proizvode višeslojne folije [31], odnosno spajaju međusobno polimerne ambalažne folije. Također se spajaju s metaliziranim folijama, papirima, ili papiri s metaliziranim folijama i dr.

Najčešće se kombiniraju različite pojedinačne folije dobrih barijernih karakteristika na vodenu paru, plinove, mikroorganizme, svjetlost i dr. Postupkom kaširanja spajaju se s folijama dobrih termovarivih svojstava unutarnjeg sloja.

Kaširanje polimernih folija utječe na vidljivost infracrvene grafike jer kaširana prozirna polimerna folija mijenja ton otisnutog bojila. Zato su, osim na otisnutim folijama, testiranja provedena i na laminatima.

2.3.2.1. Suho kaširanje s ljepilima bez otapala

Suho kaširanje primjenjuje se za proizvodnju najkvalitetnijih laminata. Kao adhezivi se upotrebljavaju dvokomponentna termoaktivna ljepila. Pripremaju se miješanjem dviju komponenti neposredno prije upotrebe, uz dodatak lakohlapljivog razrjeđivača.

Kod postupka spajanja upotrebljava se tekuće ljepilo sa 100 % suhe tvari.

Ljepilo se ne otapa, niti se razblažuje otapalima, već se radna viskoznost postiže temperiranjem. Takvo temperirano ljepilo nanosi se na ambalažnu foliju, koja se u kratkom roku spaja s drugom ambalažnom folijom, te se spojena folija namata u rolu.

Postupak kaširanja sastoji se od odmatanja folije A i njenog prolaska kroz stanicu za nanošenje ljepila, u kojoj se ljepilo dozira. Folija B se odmatava s uređaja za odmatanje i spaja s folijom A pomoću kaširnog valjaka. Tako spojena ambalažna folija namatava se pomoću uređaja za namatanje. Pripremljena rola dupleks folije umrežava se 48 sati.

Prije suhog kaširanja obično se jedna folija otisne s unutarnje strane, pa se tako otisak nađe između dviju folija. Bojilo za fleksotisak [25] mora biti otporno na utjecaj ljepila i na temperaturu. Količina nanesenog ljepila pri takvom postupku kaširanja je od 1.0 do 1.5g/m², a vrlo rijetko prelazi 2.0g/m².

Osnovna prednost takvog kaširanja je povoljna energetska bilanca, jer se energija troši samo za temperiranje ljepila. Značajna je i ekološka prednost, jer se ne upotrebljavaju otapala.

Negativna strana je što se postupak ne može primijeniti za izradu ambalažnih folija za sve namjene. Suho kaširanje je pogodno za spajanje različitih polimernih folija, aluminijskih folija, papira oplemenjenih voskom i dr. [17]. Ovisno radi li se o dvoslojnoj, troslojnoj ili višeslojnoj foliji, izrada zahtijeva jednu ili više faza kaširanja.

2.3.2.2. Prikaz eksperimentalnog suhog kaširanja

Da bi se dvije folije spojile, treba nanijeti ljepilo koje će ih držati zajedno. Prilikom kaširanja dviju folija upotrebljava se dvokomponentno ljepilo. Ljepilo čini baza (Polurene FP 415) i otvrdivač (Polurene FP 133B). Kako bi kvaliteta lijepljenja bila zadovoljavajuća, omjer količine baze i otvrdivača je 100:60. Ljepilo se nanosi pomoću kaširnog valjka različitih dimenzija. Gramatura ljepila koja se nanosi je 1.8 g/m².

Kaširni valjak na foliju nanosi ljepilo u rasponu užem od 8 mm od same širine folije, a šire od tiskovnog formata za 4 mm. Tako se sprečava da prilikom pritiska valjka na foliju ne dođe do curenja ljepila izvan folije. Ovisno o širini folije i tiska, bira se širina kaširnog valjka.

Ljepilo koje se upotrebljava prilikom kaširanja nalazi se pokraj stroja u odvojenim spremnicima, svaka komponenta posebno. Količina ljepila dozira se pomoću sustava pumpi. Dvije folije spajaju se tek u stroju (sl. 2.12.) između kaširnog valjka i spremnika za dvokomponentno ljepilo.

Slika 2.12. Kaširanje na stroju Nordmeccanica Super Simplex.



Izvor fotografije: Rotoplast d.o.o.

Prvo kaširanje je proces spajanja dviju folija, obično aluminijske folije debljine 8 μm i polietilenske folije debljine od 30 do 100 μm . Aluminij daje čvrstoću ambalaži i barijeru na izmjenu plinova, a polietilen zavarivanjem omogućava formiranje savitljive ambalaže. Polietilen je sloj koji je u direktnom kontaktu s upakiranim proizvodom. Kaširanjem se dobiva laminat koji ima bolja kemijska i mehanička svojstva od pojedinačnih folija koje sudjeluju u kaširanju.

Dvokomponentno ljepilo nanosi se na aluminijsku foliju koja s ljepilom putuje do polietilenske folije, te se one zbog pritiska transportnih valjaka spajaju u dupleks foliju. Prilikom kaširanja dupleksa svaka folija ima karakterističnu silu napetosti folije. Ona ovisi o vrsti folije: za aluminij je 92 N, a za polietilen 67 N. Nakon spajanja, dupleks folija ima silu 166 N.

Nakon prvog kaširanja dobiven je dupleks koji se skladišti u posebnu prostoriju unutar tiskare. Unutar te prostorije kontrolira se relativna vlažnost i temperatura. U prostoru za dozrijevanje relativna vlažnosti treba biti 68 %, a temperatura minimalno 20 °C. Rola dupleksa AL/PE dozrijeva minimalno 24 sata. To je vrijeme potrebno da ljepilo prodre u strukturu folije i da dođe do međusobnog umrežavanja. Tako završava faza prvog kaširanja.

Sljedeća faza je drugo kaširanje, tj. spajanje dupleks folije (aluminij/polietilen) i otisnute poliesterske folije u novi proizvod – tripleks foliju. U drugom kaširanju dolazi do spajanja dupleksa s poliestrom debljine 12 μm . Poliester će biti nositelj vizualnih i skrivenih infracrvenih (V i Z) informacija koje će biti otisnute unutar dizajnerskog rješenja.

Druga faza kaširanja radi se na istom stroju (sl. 2.12.). S jedne strane stroja se postavlja rola dupleks folije, a s druge strane otisnuta poliesterska folija. Gotova tripleks folija namata se u rolu s unutarnje strane stroja za kaširanje.

Sila dupleks folije je 166 N, a poliesterske folije 55 N, te je konačna sila napetosti kaširane tripleks folije 410 N. Da bi se spojile dvije folije, treba nanijeti ljepilo koje će ih držati zajedno. Za kaširanje dupleks i poliesterske folije upotrebljava se ljepilo istih karakteristika kao i kod prve faze kaširanja. Razlika je samo u količini ljepila koje se nanosi.

Kod drugog kaširanja nanosi se 2.0 g/m^2 ljepila. U procesu kaširanja se dvokomponentno ljepilo nanosi na dupleks, na stranu aluminijske. Dupleks folija s ljepilom putuje do poliesterske folije te se pod utjecajem pritiska transportnih valjaka spajaju u tripleks foliju. Nakon kaširanja tripleks folije rola se odvozi u prostoriju za dozrijevanje. Rola tripleks folije dozrijeva 48 sati do faze rezanja. Time završava faza drugog kaširanja. Na isti način se može izraditi kvadrupleks i ostala višeslojna savitljiva polimerna ambalaža [30].

2.3.2.3. Nanos hladnog vara na stroju za kaširanje

Hladni var, odnosno *cold seal*, služi za pakiranje proizvoda osjetljivih na toplinu, kao što je čokolada, te je potrebno zapakirati proizvod bez upotrebljavanja topline. Tako se postiže veća brzina pakiranja na stroju, ali je takva vrsta pakiranja znatno skuplja od klasičnog vara uz djelovanje topline. Pakiranja hladnim varom zahtijevaju složeniji tehnološki proces izrade. Ambalaža s hladnim varom omogućava lako otvaranje savitljive polimerne ambalaže i ponovno zatvaranje.

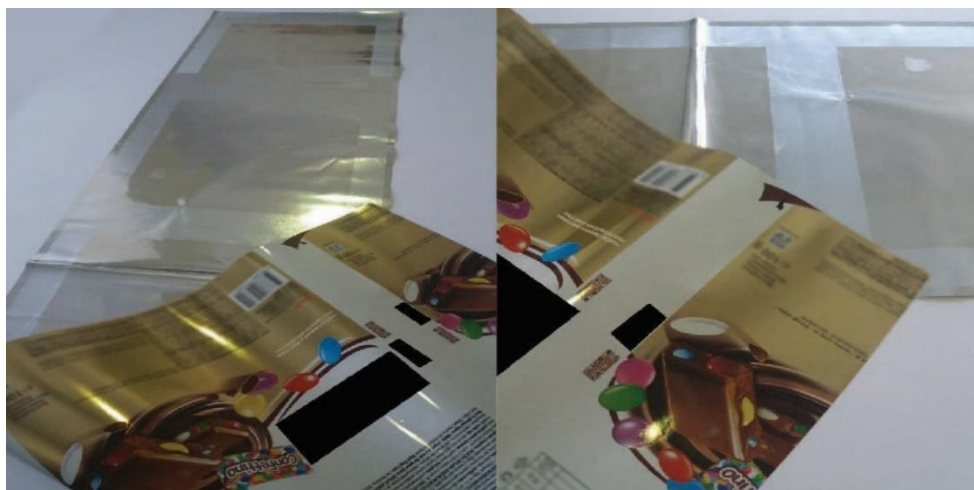
Ovisno o tome radi li se o monofoliji, dupleks ili tripleks foliji, hladni var se nanosi u registru na suprotnu stranu od samog dizajna. Mora se nanijeti točno u zonama vara. Kako bi se hladni var nanio točno u zoni vara, treba gravirati valjak.

Slika 2.13. Gravirani valjak za nanos hladnog vara.



Slika 2.13. prikazuje gravirani valjak dubine $56\ \mu\text{m}$ i otvorenosti čašice od $250\ \mu\text{m}$. Tekući hladni var zagrijava se na sobnu temperaturu. Ulijeva se u posudu na stroju za kaširanje (sl. 2.12.) i nakon nanošenja na foliju suši se u tunelu temperaturom od 100 do $110\ \text{°C}$, pri brzini od $100\ \text{m/min}$. Tim postavkama osiguran je nanos hladnog vara od 3 do $5\ \text{g/m}^2$. Kako bi nanos bio vidljiv, hladni var je mliječnog obojenja. U protivnom se ne bi moglo vidjeti je li hladni var uopće nanesen i koja je njegova pozicija (sl. 2.14.).

Slika 2.14. Nanos hladnog vara na unutarnjoj strani folije za pakiranje čokolade.



Na slici 2.14. je prikazan primjer nanosa hladnog vara na ambalažu lako topljivog proizvoda. Pozicioniran je na rubovima dupleks folije kako bi se proizvod mogao upakirati u polimernu savitljivu foliju. Vrijednosti nanosa hladnog vara prikazane na slici 2.14. su:

1. viskozitet hladnog vara na 20°C je 16 +/-2 sekunde [DIN cup 4 mm]
2. gustoća 0.98 g/m³
3. PH vrijednosti 9.9
4. krute tvari sadrži 55 %.

Polimerne folije koje se upotrebljavaju moraju biti pogodne za nanos hladnog vara. Kod monofolija na stranu na koju se tiska mora biti nanesen premaz protiv sljepljivanja *release*. On služi da se sloj hladnog vara ne bi zalijepio unutar role na tiskanu stranu folije. Kod dupleks i tripleks folija premaz *release* nanosi se na suprotnu stranu od tiska tj. na vanjsku stranu folije. Premaz *release* ima COF od 0.20 do 0.30, i sadrži 37 % krute tvari. Korona obrađenost folije (djelovanjem elektriciteta radi prijanjanja hladnog vara na foliju) na koju se nanosi hladni var treba biti od 38 do 42 [dynes/cm]. Folija na koju se tiska i s kojom se kašira opisane su u tablici 3.6., str. 56.

Otisnuta folija sa suprotne (vanjske) strane od tiska ima premaz *release*. Takva se folija kašira s folijom na koju se u drugoj fazi proizvodnje nanosi hladni var. Na kaširanu dupleks foliju u drugom prolazu nanosi se hladni var u registru pomoću graviranog valjka (sl. 2.13.). Kada ne bi bila dovoljna količina nanosa hladnog vara ili kada bi došlo do pomaka pozicije nanosa, proizvod se ne bi mogao zapakirati. Folija s nanesenim hladnim varom odmah se nakon nanosa može rezati i isporučivati pakirnici.

Napetosti unutar role definirane su u [N]. Ovisno o širini, debljini folije i o stroju za kaširanje folije na koju se nanosi hladni var. Proizvođač stroja za kaširanje izrađuje individualiziranu krivulju prema kojoj se definira napetost folije unutar role.

Folija s hladnim varom treba se skladištiti u zatvorenim prostorijama na temperaturi između 5° i 30°C, zaštićena od direktnog djelovanja svjetlosti i topline. Preporučuje se da se folija upotrijebi za proces pakiranja proizvoda u roku od 6 do 12 mjeseci, ovisno o tipu ambalaže. Rok upotrebe izrađene folije je 6 mjeseci ako se skladišti prema određenim uvjetima.

2.3.3. Rezanje

Kako bi se pristupilo izradi prozirne savitljive polimerne ambalaže, foliju treba izrezati na definirani format i namotati na odgovarajući promjer tuljka. Promjer tuljka i smjer namatanja definirani su ograničenjima pakirnog stroja.

Prije samog procesa rezanja stroj (sl. 2.15.) treba pripremiti za rezanje, pozicioniranjem noževa (krugorezača). Razmak između krugorezača definiran je širinom folije koja je određena veličinom alata pakirnog stroja (sl. 2.19.). Na rubovima svake matične role izrezuje se tehnološki otpad. Koliko se linija izrezuje iz matične role, toliko treba postaviti krugorezača. Iz jedne ulazne nastaje više izlaznih rola.

Na stroju za rezanje nalazi se fotočelija koja prati uzdužnu reznu liniju. Fotočelija kontrolira i poravnava foliju ako rezanje ne prati definiranu liniju reza. Ona je ujedno i brojač komada, odnosno prati dužinu folije.

Rezač ima i mjerač brzine rada stroja koja se mjeri metrima u minuti. Unutarnji promjer role (promjer tuljka) na koji se namata folija je uniformiran – 76 mm i 152 mm [17]. To su standardni promjeri osovina pakirnih strojeva na kojima se formiraju vrećice. Svaka se izrezana rola omata i na nju se lijepi etiketa sa svim potrebnim podacima. Time završava faza rezanja, a slijedi završna kontrola ili faza formiranja vrećica, ovisno u kojem je formatu naručen proizvod (rola ili vrećica).

Slika 2.15. Krugorezač Dyesenbery.



Izvor fotografije: Rotoplast d.o.o.

Na slici 2.15. prikazan je rezač folije koji reže noževima ili žiletima. Prije početka rezanja na definiranu dimenziju, noževe s razmaknicama treba posložiti na osovinu. Taj postupak traje od pola sata do sat vremena, ovisno u koliko se linija reže tj. koliko noževa treba postaviti na osovinu. Nakon pripreme stroja, na jednu se stranu na osovinu natakne matična rola, a s druge se strane namata folija na definiranu dimenziju u više linija.

2.3.3.1. Laserska perforacija na gotovoj tripleks foliji

Laserska perforacija na gotovoj tripleks foliji služi za lakše otvaranje upakiranog pojedinačnog proizvoda, npr. pojedinačnog pakiranja kave i sokova u granulama. Perforacija je izvedena točkasto, kao ravna crta (sl. 2.16.), samo kao crta (sl. 2.17.) ili neki drugi oblik, ovisno o zahtjevu pakirnice.

Slika 2.16. Točkasta laserska perforacija u obliku ravne crte na tripleks foliji.



Slika 2.17. Laserska perforacija u obliku ravne crte na tripleks foliji.



Laserska glava je ugrađena na krugorezač (sl. 2.15.). U istom se prolazu folija laserski obrađuje i obrezuje. Brzina rada lasera i krugorezača ovisi o veličini i obliku laserske perforacije, a obično iznosi 100 m/min.

Laserska perforacija primjenjuje se isključivo na tripleks folijama. Djelovanjem laserske zrake, probija se samo poliester, dok aluminijska folija čini barijeru za daljnje probijanje. To osigurava svježinu i čuva aromu upakiranog proizvoda, te omogućuje lako otvaranje.

Jačina lasera se regulira i o njoj ovisi sila trganja. Ako je preslaba sila trganja, otvaranje je otežano. Ako je prejaka, dolazi do pucanja laserski obrađene folije prilikom pakiranja proizvoda. Veliku ulogu u sili trganja ima i polietilenska folija, ugrađena u tripleks foliju. PELD folija ima tendenciju rastezanja. Zato se proizvodi prema posebnoj recepturi, koja sadrži granulat niskog MFI-a. Tako izrađena folija lakše se trga.

Laserska perforacija se izvodi na točno definiranom mjestu. Mjesto laserske perforacije definirano je dizajnerskim rješenjem. Prikazano je u iscrtkanom obliku, zbog lakšeg otvaranja.

Slika 2.18. Laserska perforacija za lakše otvaranje pojedinačnog pakiranja.



Na slici 2.18. prikazana je laserska perforacija, pozicionirana pomoću crtica zbog lakšeg otvaranja savitljive polimerne ambalaže.

2.3.4. Konfekcioniranje – formiranje vrećica

Konfekcioniranje vrećica ovisi o zahtjevu pakirnice. Prozirna savitljiva polimerna ambalaža isporučuje se u roli ili u vrećicama različitih tipova i dimenzija [21].

Tipovi vrećica su:

- vakuum vrećice (dodaci: s džepom, patentnim zatvaračem i ručkom)
- samostojeće ili *stand up* vrećice (dodaci: s patentnim zatvaračem i ručkom)
- vrećice sa *tren* varom (dodaci: s utorom, preklopom, perforacijom, eurolohom, ultrasoničnim varom i s mogućnosti umetanja samoljepljive trake)
- stojeće vrećice s leđnim ili bočnim varom s mogućnošću termovarenja rubova
- ležeće vrećice sa središnjim varom
- polietilenske vrećice sa skrivenim varom u boku
- DKT vrećice sa ili bez ojačanja
- *flexy loop* vrećice
- specijalne vrećice za pakiranje rezanog duhana.

Slika 2.19. Konfekcijski stroj GSD 450-Z Kina.



Izvor fotografije: Rotoplast d.o.o.

Na slici 2.19. prikazan je stroj za izradu ležećih i stojećih vrećica s mogućnošću izrade utora s obje strane i zapeglavanja sva četiri ruba radi veće stabilnosti stojeće vrećice.

2.3.4.1. Samostojeća vrećica (stand up)

Samostojeća vrećica je praktična i lijepo izgleda, a primjenjuje se za pakiranje hrane ili ukrasnih vrećica za poklon (sl. 2.20.).

Slika 2.20. Samostojeće vrećice.



Samostojeća vrećica zahtijeva posebne alate, koji ovise o širini vrećice. Alati u obliku slova U definiraju dno samostojeće vrećice s utorom (sl. 2.21.).

Slika 2.21. Dno samostojeće vrećice.



Visina vrećice ovisi o uzdužnim grijačima, koji mogu biti različitih dužina (sl. 2.22.).

Slika 2.22. Uzdužni var samostojeće vrećice.



U vrhu vrećice se može ugraditi (zavariti, rastaliti – djelovanjem topline zalijepiti) patentni zatvarač kako bi se samostojeća vrećica mogla višestruko otvarati i zatvarati (sl. 2.23.).

Slika 2.23. Patentni zatvarač ugrađen u samostojeću vrećicu.



Moguće je izrezati, perforirati, euroloh ili DKT ručku kako bi se vrećica mogla objesiti ili nositi u ruci (sl. 2.24.).

Slika 2.24. Banana i euroloh ručka.



Na liniji označenoj za rezanje (znak škarica) na vrhu vrećice nalazi se perforirani zarez (sl. 2.25.) radi lakšeg početnog otvaranja samostojeće vrećice.

Slika 2.25. Perforirani zarez na samostojećoj vrećici.



Sva četiri vrha moguće je zaobliti alatom za uglovanje. Zaobljeni vrhovi (sl. 2.26.) vrećice pridonose izgledu samostojeće vrećice.

Slika 2.26. Samostojeće vrećice sa zaobljenim vrhovima.



Slika 2.27. Uvučeni dizajn unutar samostojeće vrećice i dizajn (boja) napušten do rubova vrećice.



Elementi dizajna prikazani na slici 2.27. moraju biti smješteni tako da ne ugrožavaju formiranje vrećica na stroju za konfekcioniranje. To znači da dizajn sa strane vrećice mora biti istog tona bojila (najefikasnije je puni ton) ili da sa strane uopće nema bojila (sl. 2.27.). Zbog ograničenja noža i napetosti folije, na stroju za konfekcioniranje dolazi do pomaka pri rezanju. Nož nikada ne reže točno između dviju vrećica. Najčešće dolazi do pomaka od 1 do 2 mm. Kod formiranja dna vrećice važno je da dizajn dna i početak donjeg dijela vrećice ne budu projektirani „na nulu”. To znači da dizajn vrećice treba imati napust u dno samostojeće vrećice (sl. 2.21.). Prednji i stražnji vrh vrećice obrezuju se na stroju za konfekcioniranje. Zato je rez na vrhu vrećice precizan bez pomaka.

Na stroju za izradu samostojećih vrećica moguće je izraditi vrećicu s krivocrtnim varovima u različitim oblicima (sl. 2.28.). Pritom treba izraditi poseban alat za svaki tip vrećice.

Slika 2.28. Krivocrtna vrećica u obliku majice.

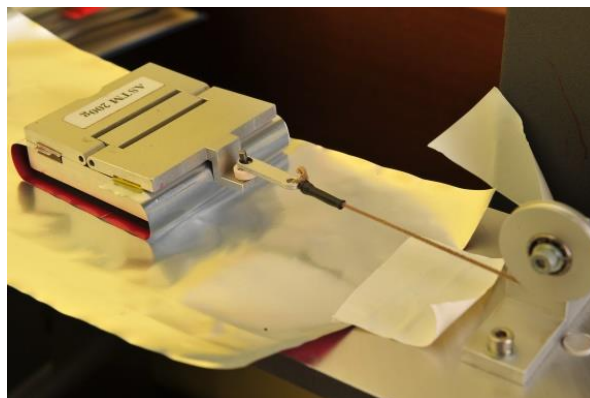


2.3.5. Završna kontrola

Završna kontrola je posljednja faza proizvodnje savitljive polimerne ambalaže. Nasumično uzeti uzorci iz naklade odnose se u laboratorij gdje se ispituje kvaliteta gotovog proizvoda. Proizvod treba imati zadovoljavajuću kvalitetu i proći sve testove. Bez odobrenja ovlaštene osobe iz laboratorija za kontrolu kvalitete proizvod (folija ili vrećice) se ne može isporučiti naručitelju.

Testiranje se provodi na RDM TEST EQUIPMENT uređajima. Prvi test je mjerenje koeficijenta trenja (C.O.F.) između dviju folija. Jedna folija se postavlja na tzv. traku, a druga se pričvršćuje za uteg od 200 g s donje strane. Uteg je pomoću žice povezan za centralni dio instrumenta za mjerenje. Put koji uteg prevali prilikom jednog mjerenja je 100 mm. Unutarnji sloj (PE) tripleks folije pričvrsti se za uteg i za traku kako bi bilo moguće izmjeriti trenje između polietilenske folije. Sila trenja je 0.15 g/m^2 (sl. 2.29.).

Slika 2.29. Uređaj RDM TEST EQUIPMENT.



Izvor: Rotoplast d.o.o.

Drugi test je test delaminacije između poliesterske i aluminijske folije (sl. 2.30.). Tripleks se izreže u trakicu širine 15 mm. U posebnom uređaju folija se zavari, a time će var rastopiti foliju. Var je ujedno i početna točka od koje delaminacija počinje. Za ovo se mjerenje upotrebljava isti uređaj, ali druga funkcija. Aluminijski i poliesterski slojevi se na mjestu vara ručno odvoje. Aluminijski sloj se zajedno s polietilenom umetne u donju hvataljku, a poliesterski u gornju. Razmak između hvataljki, tj. pređeni put na kraju mjerenja, iznosi 100 mm. Prvi uzorak širine 15 mm uzima se tako da je dužina uzorka okomita na os valjaka u tisku.

Dobivena sila delaminacije je od 1.5 do 2.0 N. Test je odrađen i s uzorkom čija je dužina paralelna s osi valjaka u tisku. Dobivena sila je 1,65 N (sl. 2.30.i 2.31.).

Slika 2.30. Uređaj SST-3XS Seal/Tensil. Slika 2.31. Uzorak okomit na os valjka.



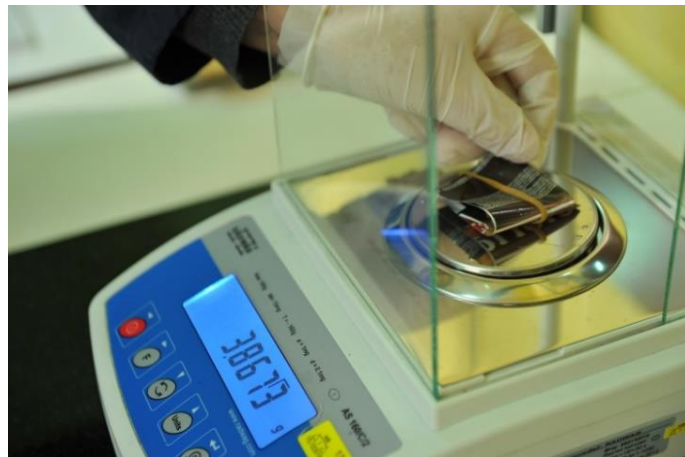
Izvor: Rotoplast d.o.o.

Izvor: Rotoplast d.o.o.

Treći test je vaganje triju uzoraka dimenzija 100 x 100 mm (sl. 2.32.). Svaki od uzoraka izvagan je na specijalnoj analitičkoj vagi. Mase se bilježe te se uzima njihova srednja vrijednost. Nakon obavljenih mjerenja, zaključuje se da je proizvod ispravan i izdaje se dopuštenje za isporuku proizvoda pakirnici.

Ako je isporuka u vrećicama, tada se od folije zavarivanjem formiraju vrećice.

Slika 2.32. Analitička vaga.



Izvor: Rotoplast d.o.o.

Uza sve zahtjeve u kontroli kvalitete savitljive polimerne ambalaže, poseban zahtjev odnosi se na infracrvenu skrivenu grafiku, gdje se uz uobičajene kontrolne aktivnosti ZRGB kamerom [13] provjerava otisnuta infracrvena Z grafika.

Isporukom gotove prozirne savitljive polimerne ambalaže pakirnici završen je cijeli proizvodni proces ambalažnog proizvoda.

3. MATERIJALI UPOTRIJEBLJENI U ISTRAŽIVANJU

U ovom su istraživanju projektirane infracrvene grafike na polimernim folijama različitih mehaničkih i kemijskih svojstava s bojilima za fleksotisak koja se razlikuju od bojila za ostale tiskarske tehnike, pa su za njih razvijeni matematički modeli i eksperimentalne kolone postavke za infracrveni tisak. Specifičnost bojila za fleksotisak [25] je da su u tekućem stanju, za razliku od gustih bojila za ofset ili bojila za digitalni tisak suhog tonera. Druga razlika je što su bojila za fleksotisak slabo pokrivna, a nanose se na polimerne prozirne folije, dok su bojila za ofset i digitalni tisak pokrivna. Time je postavljen visoki zahtjev IRD tehnologije, gdje se planira dizajn s dvostrukim prozirnim slikama.

Utvrđene su razlike u dobivenim rezultatima skrivanja informacija između ofseta, digitalnog tiska i fleksotiska na različitim, gore navedenim folijama. Postavljene su procedure miješanja procesnih bojila i spot bojila na dva načina: prije tiska, te algoritamsko miješanje bojila za vrijeme fleksotiska. Projektiraju se „nevidljive grafike” za komercijalne proizvode i grafike koje štite i pakirnicu i tiskaru.

3.1. Fleksotiskarska tekuća bojila za tisak u Z spektru

Bojila se dijele na rasterska bojila i na spot bojila s određenim kolornim indeksom za fleksotisak punih površina. Od njih se izrađuje široki spektar drugih bojila. Kako se može iščitati iz tablice 3.1., njihov je sastav vrlo sličan. Radi se o tome da se iz baznih (procesnih) bojila može dobiti većina spot bojila, pa je i njihov sastav vrlo sličan. I druge komponente dodaju se u istom omjeru.

U ovom su radu definirana infracrvena bojila koja su povezana sa svojim parovima „blizancima” kako bi se stvorila skrivena slika [14]. Bojila za fleksotisak su tekuća i slabo pokrivna [25], pa zato predstavljaju izazov u tisku na prozirnim materijalima (folijama) u IRD tehnologiji. Time je otežano skrivanje zaštitne crno-bijele slike u kolornoj grafici.

Bojila koja se upotrebljavaju u fleksotisku odgovaraju sigurnosnim standardima radi sprečavanja neželjenih interakcija. Ona su po svom kemijskom sastavu na bazi alkohola, koji brzo hlapi i ima nisku točku zapaljenja. Zato u pogonu mora postojati ventilacijski sustav koji odvodi onečišćeni zrak i dovodi čisti. Zahvaljujući tome je smanjen rizik od požara i očuvano je zdravlje djelatnika u proizvodnji. Fleksotiskarska bojila imaju nizak viskozitet i veoma veliku izdašnost. Sadrže velik broj krutih tvari. Otisci otisnuti fleksotiskarskim bojama visokog su sjaja, imaju dobru topljivost i maksimalnu stabilnost u tisku.

U usporedbi s ostalim tehnikama, fleksotisak [24] je jedinstven što se tiče izbora tiskovnih podloga. U suvremenom tržišnom gospodarstvu uočljiva je sve veća briga za okoliš s ciljem sprečavanja onečišćenja zraka, vode i tla, te briga za potencijalni rizik za zdravlje osoba koje borave u prostorijama u kojima hlape otapala iz bojila.

Za tisak ambalaže upotrebljavaju se tri tipa fleksotiskarskih bojila:

- na bazi alkohola (vezivo na bazi alkohola)
- na bazi vode (vezivo na bazi vode)
- UV.

Bojila na bazi alkohola se primjenjuju na neupojnim aluminijskim i polimernim folijama. Otisak se suši isparavanjem alkohola i izlaganjem visokoj temperaturi. Na otisku ostaje 25 % suhe tvari, a alkohol koji čini 75 %, ishlapi. Po normi DIN4 bojilo za fleksotisak mora biti od 21 do 23 sekunde viskoziteta (1 dl zapremine i promjera istjecanja 4 mm). Takav viskozitet (gustoća bojila) predstavlja veliku zadaću za primjenu IRD tehnologije.

Kada se bojila naručuju, uzimaju se gušća, s viskozitetom od 32 do 40 sekundi po DIN4. U tako dostavljeno bojilo umiješa se solvent (86 % alkohol, 8 % etil i 8 % etoksipropanol) u omjeru propisanom u tehničkom listu za svako bojilo (tablica 3.2.). Na taj se način dovodi do viskoziteta 29 sekundi, ali kod samog rada, radi radne temperature (doziranja), viskozitet je od 21 do 23 sekunde. Kada treba korigirati viskozitet na fleksotiskarskom stroju, upotrebljava se etanol bez dodavanja etoksipropanola. Brzina tiska se kreće od 300 do 500 m/min.

Tablica 3.1. Tehnička i kemijska svojstva procesnih i spot bojila.

Bojila	Kolor indeks	Etoksipropanol [%]	Etanole [%]	Etilacetat [%]	Nitroceluloza [%]	Propipil-acetat	Propan-2.ol [%]	Titanfosfat kompleks [%]	1-metoksi-2-propanol [%]	C.I. Pigment
Čijan raster	P.B. 15-4	30-50	15-20	5-10	5-10		1-2.5	1-2.5	≤0.25	
Magenta raster	P.R. 57-1	30-50	10-15	5-10	5-10		1-2.5	1.2.5	≤0.25	
Žuta raster	P.Y. 13	20-30	20-30	5-10	5-10		1-2.5	1-2.5		
Crna raster	P.Bk 7	30-50	10-15	5-10	3 - ≤5		1-2.5	1-2.5	≤0.25	
Purpurna raster	P.R. 81-1	15-20	30-50	5-10	5-10			1-2.5	1-2.5	5-10 red 81-5
Hladna siva raster		15-20	20-30	5-10	5-10		1-2.5	1-2.5		
Zlatna 872 raster	P.M. 1	5-10	50-60	5-10	3 - ≤5	3 - ≤5	≤1			
Narančasta	P.O. 034	5-10	40-50	10-15	5-10		2.5-5	≤0.2		
Zelena	P.G. 7	5-10	40-50	10-15	5-10		2.5-5	≤0.25		
Ljubičasta	P.V. 23	5-10	40-50	10-15	5-10		2.5-5	≤0.25		10-15 violet 3
Topla crvena	P.R. 48-2	2.5-5	40-50	10-15	5-10		2.5-5	≤0.25		
Bijela			40-50	5-10			≤0.25			

Tablica 3.2. Mješavina bojila tehnički prilagođena fleksotisku.

Boja u količini od 100 g	Masa dodanog solventa kako bi viskozitet bojila bio 22 sek. o normi DIN4 [g]
Žuta	28
Narančasta	17
Topla crvena	27
Magenta	35
Ljubičasta	44
Cijan	34
Zelena	6
Crna	26
Bijela	18

Proizvođači bojila za fleksotisak su Huber, Sun Chemical, Flint i dr. Bojila se sastoje od:

1. 10 do 25 % pigmenta
2. 15 do 25 % sistemskog aditiva (veziva)
3. 40 do 60 % solvenata (alkoholnog otapala)
4. 5 do 10 % aditiva
5. Životinjskog ili biljnog podrijetla otopljenog u alkoholu. Pigmenti su zaslužni za obojenje.
6. Smole na bazi nitroceluloze ili poliuretana. One vežu pigmente za podlogu.
7. Nositelji sušenja. Kao bazni solvent upotrebljava se mješavina etanola i etil-acetata u omjeru 95:5. Količinskim udjelom otapala u bojilu se regulira viskoznost.
8. Za kontrolu sušenja upotrebljava se etoksipropanol u preporučenoj količini od 5 %.
Za pojačavanje sile adhezije na polimerne folije upotrebljava se *adhesionpromotor* u maksimalnoj količini od 6 %.
9. Za zaštitu površinskog tiska od otiranja upotrebljava se voštana pasta u maksimalnoj količini od 5 %,
10. Za poboljšanje organoleptičkih svojstava upotrebljavaju se arome za grafička bojila u količini od 1 %,
11. *Antiblock* aditiv za smanjivanje sljepljivanja folije dodaje se u bojila u maksimalnoj količini 5 %,

12. *Antistatic* aditiv za smanjenje statičkog elektriciteta dodaje se u bojila u maksimalnoj količini 3%.

Kako bi se bojilo zaštitilo od otiranja, otisnuta folija može se lakirati. Lak može biti sjajni ili matirani. Aditivi koji se mogu dodati u lak poboljšavaju njegova svojstva, kao što su: termostabilnost na visokim temperaturama i kliznost pri dodatku slip aditiva.

Cjelokupni sastav fleksotiskarskih bojila i njihovih aditiva utječe na stvaranje parova blizanaca procesnih bojila i spot za infracrveni IRD fleksotisak. Pri tome je za svako potrebno odrediti nove kolorne postavke, formulacije i recepture.

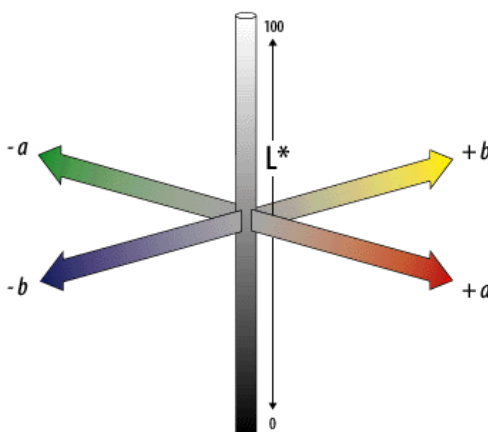
3.1.1. CIE Lab prostor boja za fleksotiskarska bojila

Bojila su definirana trima karakteristikama: tonom, svjetlinom i zasićenjem (sl. 3.3.). Opisuju se u dijagramu trima koordinatama, odnosno u cilindričnom koordinatnom sustavu.

Na psihofizičke karakteristike nadovezuju se fizikalne veličine:

- Ton predstavlja dominantnu valnu duljinu.
- Zasićenje predstavlja čistoću pobude.
- Svjetlina predstavlja fizikalnu veličinu osvjetljenja.

Slika 3.3. CIE LAB sustav.



Izvor: http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/cielab.html

Bojila na otisku mjere se spektrofotometrom Gretag Macbeth Spectro Eye (sl. 3.17., str. 66.), kojim se kontrolira gustoća obojenja i prirast. Gustoća obojenja i prirast su u direktnoj vezi s nanosom bojila aniloks valjcima na tiskovnu formu. Razlikuju se linijaturom – brojem i

veličinom rasterskih čašica (tablica 3.4.). Što je manja linijatura rasterskog (aniloks) valjka, to je veći nanos bojila. Riječ je o grubljem valjku s većim čašicama.

Tablica 3.4. Linijatura rasterskog (aniloks) valjka.

Linijatura rasterskog valjaka [mm]	Volumen aniloks (raster) valjka [cm ³]
400	4.5
255	8
200	10
160	13
140	15
120	16

U ovoj disertaciji definirane su kolorne postavke za izradu infaredesigna Z grafike u fleksotisku. Njih nije moguće naći u komercijalnim programima poput *Adobe Photoshopa*. Prvi testovi bili su uspješni nakon konvencionalnog izračunavanja kolornih postavki za procesni fleksotisak. To je omogućilo određivanje Z vrijednosti mnogih individualiziranih fleksotiskarskih bojila, algoritamski, bez testiranja u barijernom IR skeneru.

3.2. Polimerne prozirne, metalizirane i bijele folije

Poliester (PET) se kao folija u debljini od 12 μm upotrebljava u proizvodnji prozirne savitljive polimerne ambalaže (tablica 3.5.). Upotrebljava se kao laminat s aluminijskom i polietilenskom folijom u obliku tripleks i kvadrupleks folija za pakiranje (npr. kave) ili u obliku dupleks dvoslojnih folija s polietilenom za pakiranje (npr. riže).

Poliester (PET) se ne može upotrebljavati kao samostalni materijal jer ga nije moguće zavariti, pa se njime ne može formirati vrećica. Poliester je folija pogodna za tisak i kaširanje zbog svoje visoke obrađenosti (kemijski/korona). Zato se poliesterska folija upotrebljava u višeslojnoj ambalaži.

Poliesterska folija koja je matirana (tablica 3.5.) daje mat efekt cijelom grafičkom rješenju bez dodatnog ulaganja u bojila. To je jedina razlika od obične poliesterske folije, koja je sjajna.

Poliesterska metalizirana folija daje metalik efekt, ali se pritom ne smije podložiti bijelo bojilo. PETmet se razlikuje od ostalih vrsta poliesterske folije po tome što nije prozirna.

Obostrano kemijski obrađena poliesterska folija (tablica 3.5.) upotrebljava se za obostrani tisak. Na unutarnju se stranu nanosi tisak grafičkog rješenja, a na drugu stranu segmentno mat lak. Na taj se način postiže da je dio grafičkog rješenja matiran, a dio sjajan.

Barijerna poliesterska folija (tablica 3.5.) upotrebljava se za izradu gornjih folija i za izradu vrećica koje omogućuju upakiranom proizvodu duži rok trajanja. Ta vrsta poliesterske folije ima poseban premaz koji utječe na propusnost kisika i vodene pare.

Za svaku vrstu PET-a, bio on proziran ili ne, provedena su zasebna istraživanja i izrada parova bojila blizanaca za vizualni i infracrveni tisak skrivenih Z grafika.

Tablica 3.5. Tehnička svojstva poliesterske folije (PET).

SVOJSTVA	Metode kontrole	Jedinice	PET	PET mat		PET met.	PET obostrani	PET xaqua
Debljina		μm	12	12		12	12	12
Kvantiteta		m ² /kg	59.6	59.7		60	59.7	57.47
Zamagljenost	ASTM D1003	%	2.3 – 4.0	33 – 40		/	2.5	3.8
Optička gustoća	Interna metoda	/	/	/		2.1 – 2.2	/	/
Prozirnost	ASTM D1003	%	90	/		/	90	/
Sjajnost na mat strani (60°)	ASTM D2457	%	/	42		/	/	/
Sjajnost (60°)	ASTM D2457-97	%	/	/		800	/	/
Koeficijent trenja – kliznost	ASTM D1894		0.32 – 0.55	0.40 – 0.55		0.50 – 0.75	0.44 – 0.48	0.35 – 0.50
Čvrstoća do pucanja – uzdužno	ASTM D882	Kg/cm ² N/mm ²	1900 – 2200	1900		1900 – 2200	2200	255
Čvrstoća do pucanja – poprečno	ASTM D882	Kg/cm ² N/mm ²	1900 – 2300	1900 – 2000		1900 – 2300	2300	245
Istezanje do pucanja – uzdužno	ASTM D882	%	100 – 130	100 – 130		100 – 125	125	130
Istezanje do pucanja – poprečno	ASTM D882	%	85 – 125	90 – 125		90 – 120	120	135
Kemijski tretirana strana	ASTM D2578	Dyne/cm	52	52		52	56	≥42
Korona tretirana strana	ASTM D2578	Dyne/cm	42 – 44	42 – 44		42 – 44	54	/
Propusnost na kisik	ASTM D3985-95 37.7 Deg. 0 %rh	cc/m ² 24h	/	/		/	130	≤1
Propusnost na vodenu paru	ISO 151061:03 23 Deg. 90 %rh	g/m ² 24h					40	

Polipropilen (PP) (tablica 3.6.) se kao folija u debljini od 20 do 40 μm upotrebljava u proizvodnji savitljive ambalaže. Uglavnom se sam sa sobom laminira u raznim varijantama (dupleks folija) ili kao monofolija za pakiranje tjestenine, keksa i dr. Polipropilenska folija je pogodna i za tisak, zbog svoje površinske obrade. Osim toga, ima sposobnost zavarivanja i od nje se može formirati vrećica. Etiketna polipropilenska prozirna i bijela folija (tablica 3.6.) se upotrebljava za izradu etiketa koje se ne vare, nego se na njih nanosi ljepilo, odnosno, radi se o hladnom varu. Kod etiketnog polipropilena vrlo je bitna kliznost, zbog velike brzine pakiranja.

Polipropilen *cast* (tablica 3.6) je elastičan materijal. Pogodan je kod pakiranja proizvoda oštrih rubova, npr. tjestenine, dok obični polipropilen lako puca.

Metalizirana polipropilenska folija (tablica 3.6.) uglavnom je unutarnji sloj laminata koji služi kao barijera za očuvanje aroma.

Tablica 3.6. Tehnička svojstva polipropilenske folije (PP).

SVOJSTVA	Metode kontrole	Jedinice	PP bopp	PP bopp etiketni	PPmat, cold seal release	PP bopp bijeli etiketni	PP bopp met	PPmet cold seal release	PP bopp bijeli	PP cast	PP cast
Debljina		μm	20, 25, 30	40	18	38, 47	20, 25, 30	20	28, 35	38	25
Kvantiteta		m^2/kg	54.9 44.0 36.6	27.5	61.7	42.4, 34.3	54.9, 44.0, 36.6	54.9	48.1, 38.5	34.31	22.57
Zamagljenost	ASTM D1003	%	2.0 – 2.8	2.6	75	/	/	/	/	≤ 3	≤ 3
Prozirnost	ASTM D1003	%	/	/	/	25, 23	/	/	31, 26	/	/
Optička gustoća	Interna metoda	/	/	/		/	2.0 - 2.2	2.1	/	/	/
Sjajnost (45°C)	ASTM D2457	%	85	85	10mat 50sjaj	90	/	/	85	≥ 90	≥ 90
Koeficijent trenja – kliznost	ASTM D1894		0,25 – 0,3	0,25 – 0,3	0.3	0,25	0,3	0.2	0,25	$\leq 0,20$	0,20 - 0,40
Čvrstoća do pucanja – uzdužno	ASTM D882	N/mm^2	140	130 - 140	130	90	140	140	100	≥ 35	≥ 25
Čvrstoća do pucanja – poprečno	ASTM D882	N/mm^2	280	280 - 300	240	150	280	280	200	≥ 25	≥ 10

Istezanje do pucanja – uzdužno	ASTM D882	%	180	180	200	115	180	160	130	≥400	≥220
Istezanje do pucanja – poprečno	ASTM D882	%	50	50	60	30	50	50	45	≥300	≥250
Površinska napetost	ASTM D2578	mN/m	36 - 39	36 - 39	38	36 - 39	36	38	36 - 39	38	38
Jakost zavara	Interna metoda 130°C 0.5 s	°C	105-140	/	/	/	105 - 140	180	75 - 140	125-135	125-132
Propusnost na kisik	ASTMD3985 23°C-0 % rh	cm ³ / m ² /d						150			
Propusnost na vodenu paru	ASTMF1249 38°C-90 % rh	g/ m ² /d			7.8			0.7			

Poliamid (PA) (tablica 3.7.) je materijal koji se kao folija u debljini od 15 µm upotrebljava u proizvodnji savitljive polimerne ambalaže. Upotrebljava se kao dupleks folija s polietilenom. Sama poliamidna folija ne može se variti. Upotrebljava se za proizvode koji se zamrzavaju, odnosno one koji se čuvaju na temperaturama ispod 0 °C. Poliamidna folija ima dobra barijerna svojstva. Ona je higroskopna, odnosno preuzima vlagu iz zraka, pa se mora skladištiti omotana, te je podložna istegnuću.

Tablica 3.7. Tehnička svojstva poliamidne folije (PA).

SVOJSTVA	Metode kontrole	Jedinice	PA
Debljina		µm	15
Kvantiteta		m ² /kg	58.40
Zamagljenost	ASTM D1003	%	2.7 – 3.4
Sjajnost (45°C)	ASTM D2457	%	105
Koeficijent trenja – kliznost	ASTM D1894		0,29 - 0,58
Čvrstoća do pucanja – uzdužno	ASTM D882	Mpa	250
Čvrstoća do pucanja – poprečno	ASTM D882	Mpa	290
Istezanje do pucanja – uzdužno	ASTM D882	%	120 - 145
Istezanje do pucanja – poprečno	ASTM D882	%	100 - 101
Korona obrađena strana	ASTM D2578	Dyne/cm	53 - 54
Jakost varenja	ASTM F88	°C	/

Tiskovna podloga papir/polietilen (tablica 3.8.) je kompozitni materijal koji se upotrebljava u proizvodnji savitljive polimerne ambalaže u različitim kombinacijama, uglavnom za pakiranje začina. Prednost te kombinacije materijala je lako otvaranje tj. trganje. Tiska se na papiru, a polietilenska folija služi za zavarivanje, odnosno formiranje vrećice. Ograničena su barijerna svojstva, jer su oba materijala propusna na plinove i vodenu paru.

Tablica 3.8. Tehnička svojstva papira/PE.

SVOJSTVA	Metode kontrole	Jedinice	Papir 60 + 30 pe	Papir 50 + 20 pe	Papir 50 + 30 pe
Kvantiteta	ISO 536	g/m ²	90	70	80
Sjajnost (75 °C)	TAPPI T 480	%	75	74	74
Neprozirnost	ISO 2471	%	78	76	76
Glatkoća prednje strane	ISO 5627	sec.	2000	2400	2400
Svjetlina	ISO 2470	%	84	84	84
Trganje – uzdužno	ISO 1974	mN	280	220	220
Trganje – poprečno	ISO 1974	mN	310	250	250
Pucanje – uzdužno	ISO 1924	kN/m	3.7	3	3
Pucanje – poprečno	ISO 1924	kN/m	2.2	1.7	1.7

Polietilenska folija (PE) upotrebljava se u raznim debljinama (tablica 3.9.) u proizvodnji savitljive polimerne ambalaže. Ambalažna folija može biti monofolija, dupleks, tripleks ili kvadrupleks. Polietilenska folija nema barijerna svojstva, ali se od nje lako formiraju vrećice. Za krajnji proizvod ima transportnu i skladišnu funkciju ili se upakirani proizvod mora zamrznuti. Posebne recepture omogućuju proširenje njene primjene u mnogim kombinacijama.

Vrste polietilenske folije prema recepturama (namjeni) su: polietilenska antistatička folija za pakiranje praškastih proizvoda, vakuum za vakumiranje, *easy open* za lako otvaranje nakon zavarivanja, duboko zamrzavanje kako bi izdržala kao monofolija na niskim temperaturama, polietilen „laser“ koji se lako trga nakon laserske perforacije (ne razvlači se), *hottack*, koji se može zavariti na visokoj temperaturi uz kratki pritisak čeljusti (za brzi pakirni stroj).

Tablica 3.9. Tehnička svojstva polietilenske folije (PE).

SVOJSTVA	Metoda kontrole	Jedinice	PE-LDpro 20 do 40 µm	PE-LDpro 40 do 80 µm	PE-LDpro 80 do 140 µm
Debljina	DIN 53370	µm	20-40	40-80	80-140
Kvantiteta	DIN 53479	g/m ²	18,48-36,96	36,96-73,92	73,92-129,36
Ukupna kvantiteta	DIN 53365	g/m ²	18,48-36,96	36,96-73,92	73,92-129,36
Kvantiteta boje	DIN 53365	g/m ²	1,50-2,50	1,50-2,50	1,50-2,50
Početna temperatura zavara + raspon	OPMA	N/15mm	105°C-135°C	105°C-135°C	105°C-145°C
Koeficijent trenja – kliznost	DIN 53375	COF	0,10-0,40	0,10-0,40	0,10-0,40
Ostatak otapala	DIN 51405	mg/m ²	max. 10	max. 10	max. 10
Jakost varenja	DIN 53357	N /15mm	2,00-4,50	2,00-4,50	2,00-4,50

Na svim navedenim materijalima (folijama) napravljena su IRD testiranja bojila blizanaca za infracrveni fleksotisak s istim originalnim fleksotiskarskim bojilima na bazi nitroceluloza. Bez obzira na njihov specifičan kemijski sastav, njihove tehničke karakteristike, radilo se o prozirnem, bijelom, metaliziranom, matiranom ili djelomično matiranom materijalu, rezultati testiranja su bili uspješni.

Polimerne folije za proizvodnju savitljive polimerne ambalaže karakteriziraju:

1. Debljina – radi se o vrlo tankim folijama,
2. Kvantiteta – specifična težina pomnožena s debljinom folije daje masu konačne ambalaže (laminata),
3. Optičke karakteristike – zamagljenost, sjajnost, mat, metalizacija, koje izravno utječu na IRD grafičko rješenje,
4. Koeficijent trenja – kliznost (hrapavost) folije, koja utječe na brzinu pakiranja. Što je folija klizavija, lakše klizi po alatima stroja za pakiranje,
5. Istezanje i pucanje – fizikalna svojstva koja su bitna prilikom definicije napetosti role na stroju za izradu laminata i vrećica,
6. Kemijsko tretiranje i korona tretiranje – obrađenost folije djelovanjem kemikalija ili struje. Folije moraju biti obrađene (imati mikrostrukturu) kako bi na njih moglo prijanjati bojilo i kako bi se mogle kaširati. Obradenost je važno svojstvo za IRD tehnologiju, koja ovisi o količini nanosa bojila na foliju,
7. Jakost zavara – potrebna je kako bi se mogla formirati vrećica. O njoj ovisi kojom će se brzinom pakirati i je li potrebno kaširati foliju, jer se neke folije ne mogu variti,
8. Ostatak otapala – radi se o količini alkohola koja nije ishlapila tj. o bojilu koje se nije u potpunosti posušilo. Ovo je bitna karakteristika koja utječe na sile veze u laminatu i na migraciju toksičnih tvari.

Testiranja su provedena za svaki materijal posebno, jer su njihova fizikalna i kemijska svojstva u potpunosti različita. Većina polimernih folija su prozirne, što predstavlja otežavajuću okolnost prilikom stvaranja dvostrukih IRD grafika [15].

Polimerne folije za izradu savitljive ambalaže tanke su i uglavnom prozirne. Zajedno s fleksotiskarskim bojilima koja su slabopokrivna, predstavljale su izazov pri izradi ove disertacije.

Polimerne folije podložne su istegnuću. IRD otisak postojan je, bez obzira na njihovo istegnuće. Izrada mreže dvoobraznih bojila za fleksotisak vrlo je kompleksna [12]. Bez obzira na to radilo se o sjajnoj, mat ili metaliziranoj foliji, uspješno su napravljene blizanci tj. parovi jednakog tona u vidljivom dijelu spektra i različitog odaziva u Z dijelu spektra na 1000 nm.

3.2.1. Barijerne polimerne folije

Barijerne polimerne folije upotrebljavaju se za pakiranje lako pokvarljivih prehrambenih proizvoda [32], npr. mesa, mesnih preradevina, sireva.

S obzirom na konstrukciju barijernih folija, postoje gornje i donje folije. Njihovu barijeru čini sloj evoh, koji određuje propusnost folije na kisik i vodenu paru u jedinici vremena. Propusnost se regulira debljinom evoh sloja.

Donje folije predstavljaju posude za pakiranje u koje se pakira proizvod. To su monofolije koje su višeslojno koekstrudirane.

Gornje folije predstavljaju poklopac – etiketu, kako bi se kadica zatvorila. Izrađuju se u dupleks varijanti kombinacije PET/PEevoh [18].

3.2.1.1. Gornje barijerne folije u dupleks varijanti

Poliesterska se folija otiskuje, zatim kašira s barijernom polietilenskom folijom i na kraju obrezuje na zadanu dimenziju. Na slici 3.10. vidi se primjer jedne takve folije. Prilikom procesa obrade folije važno je definirati napetosti folije na stroju i namatanja na rolu kako bi se spriječilo uzdužno istezanje. Bolje je da je dužina gornje folije nešto kraća od definirane tj. da korak (dužina) ide u minus. Tolerancija na korak uglavnom je u intervalu od 0.5 do 1 mm na traženi korak od pakirnice, a ovisi o pakirnom stroju na kojem se pakira. Ako gotova folija nije u definiranoj toleranciji, neće se moći uskladiti pakiranje gornje folije s donjom, odnosno dizajnersko rješenje neće doći točno na određeni dio posude za pakiranje.

Slika 3.10. Gornja barijerna dupleks folija zavarena na posudu za pakiranje.



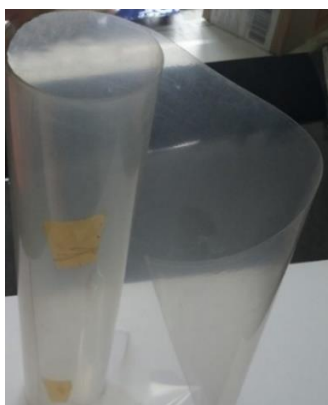
Tablica 3.11. Tehnička svojstva barijerne gornje folije PE/EVOH/PE.

Min. temp.	COF	Čvrstoća do pucanja		Istezanje do pucanja		Sjajnost 20°	Zamagljenost	W.V.T.R. 38°C - 90% RH	O.T.R. 23°C -0% R.H.	Masa	Debljin	Deblji	Metoda
		ASTM D-882	ASTM D-882	ASTM D-882	ASTM D-882								
°C	/	Poprečno N/15mm	Uzdužno N/15mm	Poprečno %	Uzdužno %	/	%	g/sqm-24h	Cc/sqm-24h-bar	g/m²	µm	µm	Mjerna jedinica
MI-004-BP	ASTM D-1894					M-006-BP	M-005-BP	ASTM E-398	ASTM D-3985	MI-003-BP	MI-002-BP	MI-001-BP	
120	0.30	≥8	≥8	≥100	≥100	≥10	≤25	≤20.5	≤2.0	28.75	4	30	
120	0.30	≥8	≥8	≥100	≥100	≥10	≤25	≤17.0	≤2.6	33.07	3	35	
120	0.30	≥10	≥10	≥100	≥100	≥10	≤25	≤15.0	≤2.6	37.7	3	40	
120	0.30	≥10	≥10	≥100	≥100	≥10	≤25	≤15.5	≤1.5	38.25	5	40	
120	0.30	≥10	≥10	≥100	≥100	≥10	≤25	≤13.5	≤2.6	42.27	3	45	
120	0.30	≥10	≥10	≥100	≥100	≥10	≤25	≤13.5	≤1.5	42.87	5	45	
120	0.30	≥10	≥10	≥100	≥100	≥10	≤25	≤12.0	≤2.6	46.93	3	50	
120	0.30	≥15	≥15	≥200	≥150	≥10	≤25	≤9.0	≤1.5	65.92	5	70	
120	0.30	≥15	≥15	≥200	≥150	≥10	≤25	≤9.0	≤0.75	67.31	10	70	
120	0.30	≥15	≥15	≥200	≥150	≥10	≤25	≤8.0	≤1.5	70.55	5	75	
120	0.30	≥15	≥15	≥200	≥150	≥10	≤25	≤7.5	≤2.6	74.63	3	80	
120	0.30	≥15	≥15	≥200	≥150	≥10	≤25	≤7.5	≤1.5	75.15	5	80	
120	0.30	≥15	≥15	≥200	≥150	≥10	≤25	≤8.0	≤0.75	76.55	40	80	
120	0.30	≥20	≥15	≥200	≥200	≥10	≤25	≤7.0	≤1.5	84.37	5	90	

3.2.1.2. Donje barijerne koekstrudirane folije

Donje folije se sastoje od PP/PA/EVOH/PA/PE, koje su visoko barijerne, ili srednje barijerne folije PP/PA/PA/PE. U tom sastavu vode se kao mekše termoformirajuće donje folije koje se oblikuju u kadice iz folije prema unaprijed određenom alatu. Tvrđe termoformirajuće folije su u sastavu materijala APET/PE srednje barijerne ili visoko barijerne APET/EVOH/PE. Donja barijerna folija je mnogo deblja od gornje (sl. 3.12.). Njena se debljina kreće od 100 do 500 μm .

Slika 3.12. Donja barijerna folija.



Pod djelovanjem topline prilikom izvlačenja folije, donja folija na pakirnom stroju poprima oblik kalupa, što se naziva termoformiranje (sl. 3.13.). Dubina izvlačenja kadice ovisi o debljini folije. Vrlo je važno držati se uputa dobavljača folije vezanih za debljinu izvlačenja, jer u protivnom dolazi do preistezanja ili pucanja donje folije, pa folija gubi svoja barijerna svojstva. Na donju foliju se uglavnom ne tiska. Ona je obično obojena u različitim nijansama ili je prozirna. Služi kao barijerna kadica u koju se pakiraju lako kvarljivi prehrambeni proizvodi. Na nju se pod djelovanjem topline vari gornja barijerna folija. Pritom je važan sastav gornjeg sloja donje i gornje folije kako bi se mogle zavariti jedna za drugu. Najčešći sloj za zavar je PELD ili PP. Gornje i donje folije mogu imati i dodatne karakteristike, kao što su *peel*, za lakše otvaranje, ili *reclose*, za ponovno zatvaranje, ili sloj protiv maglenja, tzv. *antifog*, koji ima djelovanje da se folija ne magli.

Slika 3.13. Termoformirana kadica (posuda za pakiranje) – donja folija.



Tablica 3.14. Tehnička svojstva barijerne donje folije PP/PA/PE.

	Metoda	Mjerna jedinica	Tolerancija							
Debljina	MI-001-BP	μm	±7 %	90	100	115	125	135	150	175
Masa	MI-003-BP	g/m ²	±7 %	86.97	96.86	111.5	120.54	130.93	145.46	169.62
O.T.R. 23°C - 0% R.H.	ASTM D-3985	Cc/sqm-24h-bar	/	≤65	≤56	≤48	≤45	≤41	≤37	≤32
W.V.T.R. 38°C - 90% R.H.	ASTM E-398	g/sqm-24h	/	≤5.5	≤5.0	≤4.5	≤4.5	≤4.0	≤4.0	≤3.0
Zamagljenost	M-005-BP	%	/	≤50	≤50	≤50	≤50	≤50	≤50	≤50
Sjajnost 20°	M-006-BP	/	/	≥5	≥5	≥5	≥5	≥5	≥5	≥5
Istezanje do pucanja	ASTM D-882	Uzdužno %	/	≥200	≥250	≥250	≥250	≥250	≥250	≥250
	ASTM D-882	Poprečno %	/	≥200	≥250	≥250	≥250	≥250	≥250	≥250
Čvrstoća do pucanja	ASTM D-882	Uzdužno N/15mm	/	≥15	≥20	≥20	≥20	≥20	≥20	≥20
	ASTM D-882	Poprečno N/15mm	/	≥20	≥20	≥20	≥20	≥20	≥20	≥20
Min. temperatura zavara	MI-004-BP	°C	/	120	120	120	120	120	120	120

Tablica 3.15. Tehnička svojstva barijerne donje folije APET/PE PEEL.

	Metoda	Mjerna jedinica	Tolerancija			
Debljina	/	μm	±5%	240	300	115
O.T.R. 23°C - 0 % R.H.	ASTM D-3985	cc/ m ³ /24h	/	≤4	≤19	≤48
W.V.T.R. 38°C - 90 % R.H.	/	g/m ² /24h	/	≤9	≤6	≤4.5
Istezanje do pucanja	UNI-EN-ISO 527-3	Uzdužno %	±10%	7.5	9	≥250
	UNI-EN-ISO 527-3	Poprečno %	±10%	7.5	7	≥250
Čvrstoća do pucanja	UNI-EN-ISO 527-3	Uzdužno MPa	±5	50	55	≥20
	UNI-EN-ISO 527-3	Poprečno MPa	±5	51	51	≥20

3.3. Uređaj za utvrđivanje odaziva u NIR području pomoću spektrofotometrije

Spektrofotometrija je metoda određivanja koncentracije tvari u uzorku mjerenjem količine apsorbirane svjetlosti. Spektrofotometrija podrazumijeva mjerenja u vidljivom, ultraljubičastom i bliskom infracrvenom spektru. Za mjerenje u spektrofotometriji upotrebljava se spektrofotometar. Spektrofotometar je uređaj za mjerenje intenziteta svjetlosti. Uređaj koji s pomoću baždarene ljestvice omogućuje mjerenje intenziteta i valnih duljina apsorpcijskih i emisijskih spektara uzorka pobuđenih fotonima različitih energija, pri čemu se rabe fotografske metode memoriranja spektara. Osim spektrofotometrijskih, njime se provode i denzitometrijska mjerenja. Služi za mjerenje i kontrolu otiska s konvencionalnim bojilima i spot zaštitnim bojilima.

Kalibracija spektrofotometra je nužna. Za kalibraciju se upotrebljavaju standardne prozirne i neprozirne podloge tj. folije koje se razlikuju po vrsti polimera.

Način mjerenja spektrofotometrom Gretag Macbeth Spektro Eye (sl. 3.17.).

Bojila se kalibriraju u programu *INK formulation*. Provodi se mjerenjem boja spektrofotometrom ili upisivanjem Lab vrijednosti, ili odabirom iz digitalne spot skale. Kada se odrede vrijednosti boje, odabire se tip (mat ili sjajna) i vrsta podloge (bijela ili prozirna). Na temelju određenih vrijednosti nudi se bazni recept. Ovisno o rasvjeti, boje imaju drukčiju nijansu. Standardna rasvjeta je: D50 – dnevno svjetlo (temperatura od 5000 K), D65 – dnevno svjetlo (temperatura od 6500 K), F11/TL84 – umjetna rasvjeta, npr. neonsko svjetlo. Bit je da u standardnim uvjetima bojila ne odstupaju od svog blizanca, koji je temelj infracrvene skrivene grafike [16]. Mjerenja se provode na otisnutim korolnim klinovima punog tona (sl. 3.16.) te na rasteru tonskih vrijednosti 80 %, 40 % i 3 %.

Slika 3.16. Klinovi i rezna crta.



Slika 3.17. Gretag Macbeth Spektro Eye uređaj.



Tehničke karakteristike uređaja prikazanog na slici 3.17.:

- raspon valnih duljina: 380 - 730 nm
- optička razlučivost: 10 nm (interno 3.3 nm)
- raspon mjerenja: 0 – 2,5 D (denzitometrija)
- geometrija 45°/0°: ISO 13655:2009; DIN 5033
- mjerna površina: promjer 4.5 mm
- denzitometrijski standardi: ISO Status A, ISO Status E, ISO Status I, ISO Status T
DIN 16536, DIN 16536, NB, SPI
- standardni promatrač: 2°/10°
- standardni izvori svjetla: A, C, D50, D65, D75, F2, F7, F11 i F12 i
- RS232

Izmjereni otisak na supstratu bijelog PP-a. Podloga ima Lab vrijednosti:

L=92

a=0,3

b=0,2

Illuminat D50 – osvjetljenje

Promatrač 2° – kut rasvjete

Polarizacijski filter

Viskoznost 22 sek.

Kod tiska većih površina sa spot bojilima upotrebljava se 120-linijski rastrirani valjak (aniloks) radi nanosa punog tona. Nanos iznosi 16 g/m² i debljina nanosa bojila je 100 %. Otisci rađeni 400-linijskim aniloks valjkom koji nanosi 4.5 g/m² imaju debljinu nanosa od 43 %.

Magenta s vrijednostima Lab 37.28 76.24 10.04 ima odaziv u crvenom dijelu spektra (od 650 do 750 nm), vrijednosti oko 80 %, i neznatno u plavom 5 %.

Narančasta 021 (Lab 62.07 60.70 93.71) ima mali odaziv u žutom i u crvenom dijelu spektra (od 580 do 750 nm), vrijednosti oko 80 %.

Crvena (Lab 53.52 73.11 54.02) ima odaziv u crvenom dijelu spektra (od 650 do 750 nm), vrijednosti oko 80 %.

Zelena (Lab 63.16 -78.29 9.90) ima odaziv u plavom i u žutom dijelu spektra (od 450 do 600 nm), vrijednosti oko 60 %.

Cijan (Lab 45.56 -39.96 -52.52) ima odaziv većim dijelom u plavom i dijelom u žutom dijelu spektra (od 450 do 580 nm) vrijednosti oko 60 %.

Žuta (Lab 85.34 -1.02 111.50) ima odaziv u žutom i u crvenom dijelu spektra (od 580 do 650 nm) vrijednosti oko 80 %.

Crna (Lab 0.63 0.46 0.50) nema odaziva.

Tablica 3.19. Gustoća obojenja.

	<i>min.</i>	<i>ciljana</i>	<i>max.</i>
<i>cijan</i>	1,33	1,38	1,43
<i>magenta</i>	1,38	1,43	1,48
<i>žuta</i>	1,2	1,25	1,3
<i>crna</i>	1,53	1,58	1,63

Prirast na otisku na 80 % je dodatnih 10 %. Taj prirast nastaje u trenutku pritiska aniloks valjka na tiskovnu formu. Prirast na 40 % je dodatnih 15 %. Taj se prirast događa pritiskom tiskovne forme na foliju. Ako je prirast na 80 % dodatnih 10 %, a na 40 % dodatnih 15 %, onda je zasićenje na 3 % dodatnih 10 %. Ako je prirast jači, pri montiranju tiskovne forme na tiskovni cilindar upotrebljava se mekša dvostruko ljepljiva traka.

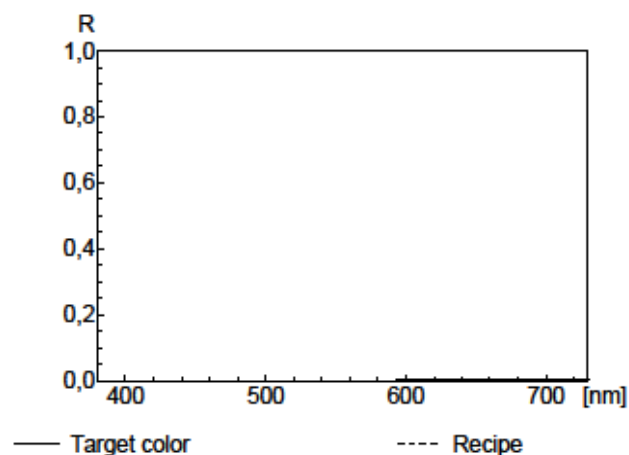
Slika 3.19. Otisnuta spot i procesna bojila s ručnim dotiskivačem i prikaz u Z infracrvenom dijelu spektra.



Na slici 3.19. vidi se da na uzorku snimljenom ZRGB kamerom [13], koji je u vizualnom dijelu spektra imao različita obojenja, u IR dijelu spektra odaziv imaju samo crna i plava refleksi.

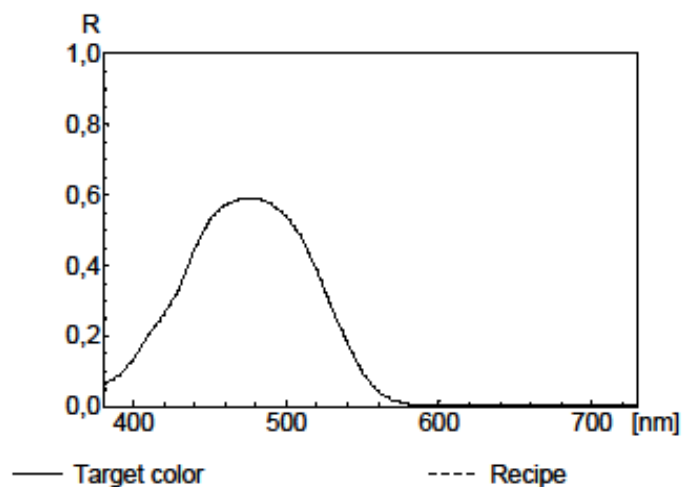
Spektralna krivulja bojila prikazana je postotkom reflektivnosti (graf 3.20.). Vodoravna koordinata predstavlja valnu duljinu u nanometrima [nm] od UV prema IR od 380 nm do 740 nm [8], dok okomita koordinata predstavlja koeficijent refleksije (reflektanciju). Refleksija je u rasponu od 0 % do 100 % i prikazuje se kao 0 (nema je) i 1 (maksimalna refleksija).

Graf 3.20. Spektralna krivulja procesne crne.



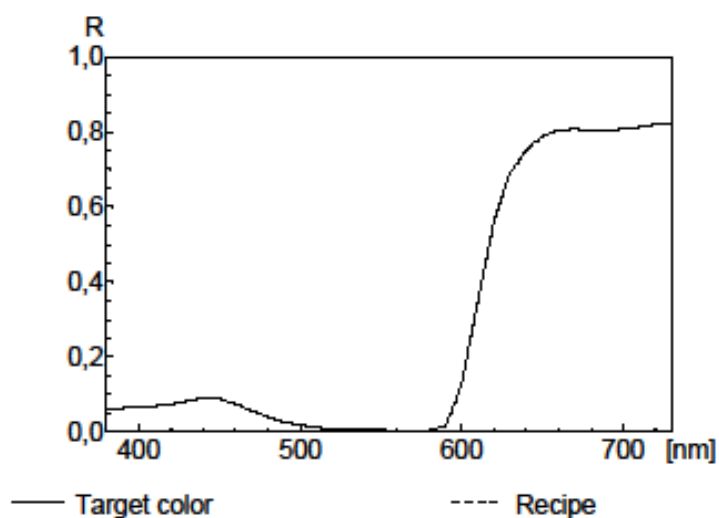
U prikazu grafa 3.20. je crno bojilo koje nema refleksije i ono se u potpunosti apsorbira na svim valnim duljinama tj. u cijelom vidljivom spektru. Upotrebljava se u NIR dijelu, gdje je crno bojilo vidljivo (ima odaziv), pa se miješa u određenom postotku s drugim spot bojilima i procesnim bojilima.

Graf 3.21. Spektralna krivulja procesnog cijana.



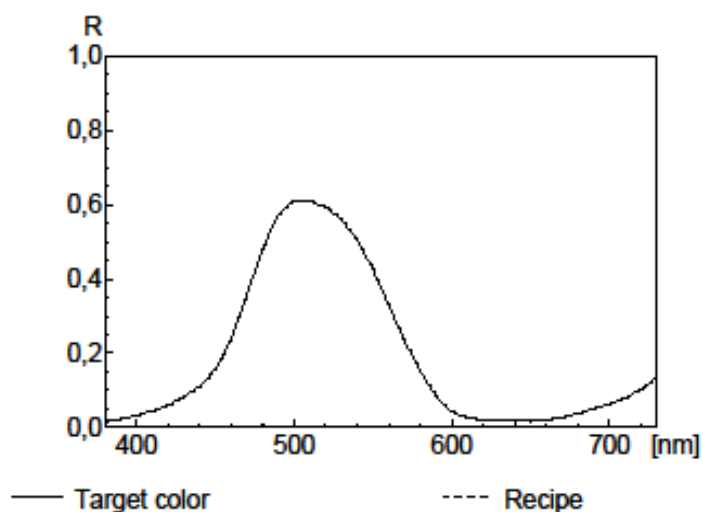
Graf 3.21. prikazuje cijan s rasponom refleksije između 400 i 550 nm. Najveću vrijednost, od 60 %, ima na 480 nm. Nakon 550 nm cijan se apsorbira, odnosno nema refleksije. U NIR spektru nema odaziv.

Graf 3.22. Spektralna krivulja procesne žute.



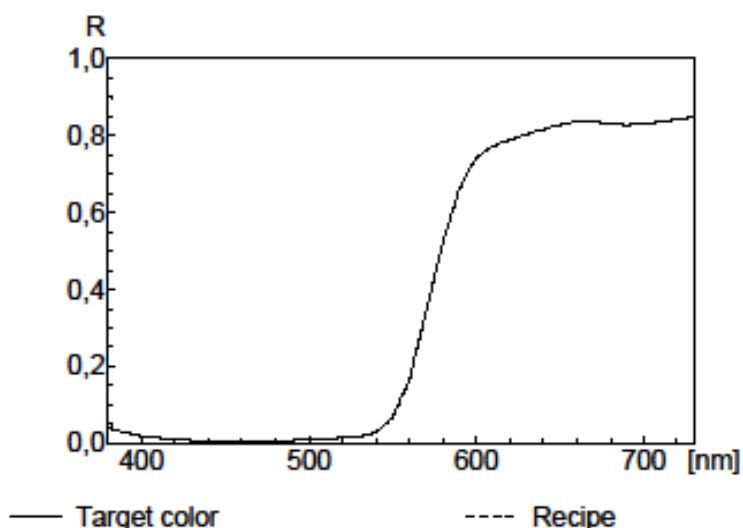
Graf 3.22. prikazuje žuto bojilo koje ima malu refleksiju od 400 do 500 nm, te se nakon 500 nm u potpunosti apsorbira sve do 600 nm. Nakon 600 nm naglo raste od 0 % do 80 % refleksije. Žuto bojilo u NIR spektru u opće nema odaziva, što je vidljivo na slici 3.19.

Graf 3.23. Spektralna krivulja spot zelene.

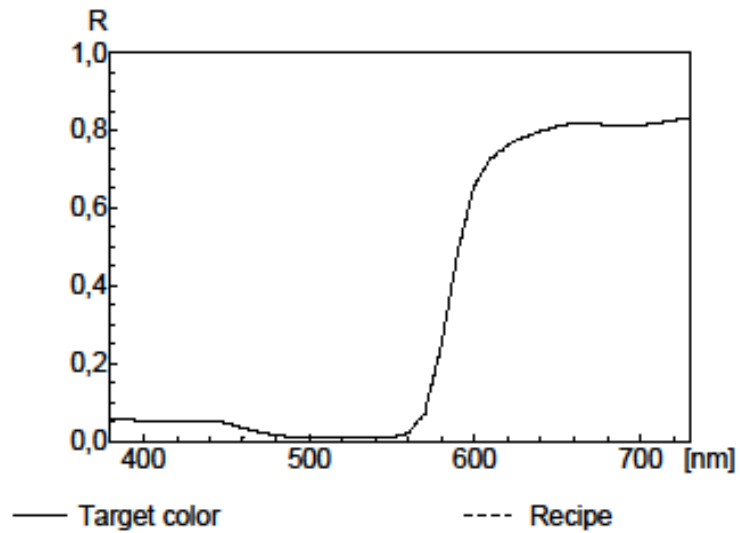


Graf 3.23. prikazuje zeleno bojilo koje služi u mješaonici za izradu drugih spot bojila, miješanjem prema recepturi prikazanoj na pantone skali. Njegova refleksija raste postupno od 400 nm sve do njegovog maksimuma na 500 nm, koji iznosi 60 %. Nakon 500 nm postupno pada sve do 680 nm, gdje ima refleksiju 0 %. Nakon 700 nm počinje rasti, što znači da ima refleksiju u NIR spektru.

Graf 3.24. Spektralna krivulja spot narančaste 021.



Graf 3.25. Spektralna krivulja spot crvene.



Grafovi 3.24. i 3.25. prikazuju narančasto i crveno bojilo, koja imaju neznatnu refleksiju od 400 do 550 nm. Nakon 550 nm naglo raste od 0 % sve do 90 % refleksije. Tu vrijednost zadržavaju i nakon 700 nm. Narančasto i crveno bojilo u NIR spektru imaju vrlo mali odaziv.

Spektrofotografijom se pronalaze blizanci [14] sličnih nijansi u vidljivom dijelu spektra, ali potpuno različitog odazva u NIR spektru, tj. stvara se crno-bijela slika.

4. EKSPERIMENTALNI DIO PROJEKTIRANJA BOJILA BLIZANACA ZA IRD FLEKSOTISKARSKU TEHNOLOGIJU

4.1. Utvrđivanje postavki za CMYK i spot fleksotiskarska bojila

Teorija odaziva i miješanja procesnih bojila u svrhu odaziva u NIR spektru proširuje se na infraredesign teoriju, Z - separaciju sa spot bojilima za fleksotisak. Razvoj infraredesigna proširuje se na spot bojila kao novo otkriće upravljanja bojilima u tisku na polimernim folijama. Postavljene su relacije dvostrukih stanja spot tonova kao novi standard u komunikaciji između dizajnera, proizvođača i tiskare. Standardna bojila do sada nisu projektirana za valna područja izvan vidljivog dijela spektra i dvostrukih stanja. Premda uspješne, one ne ulaze u pitanje apsorpcije svjetla izvan vidnog područja ljudskog oka.

Ambalaža je posebno područje u grafičkoj tehnologiji, za koju je potrebno projektirati nove komunikacijske i zaštitne elemente, posebno za zahtjevno područje fleksotiska. Zato postoji potreba za dvostrukim informacijama i korištenjem sigurnosnog IRD tiska.

Kod mnogih upakiranih proizvoda (ambalaže) postoji potreba za dvostrukim informacijama i korištenjem sigurnosnog tiska. IRD metoda pokazala se kao idealna metoda iz dva razloga:

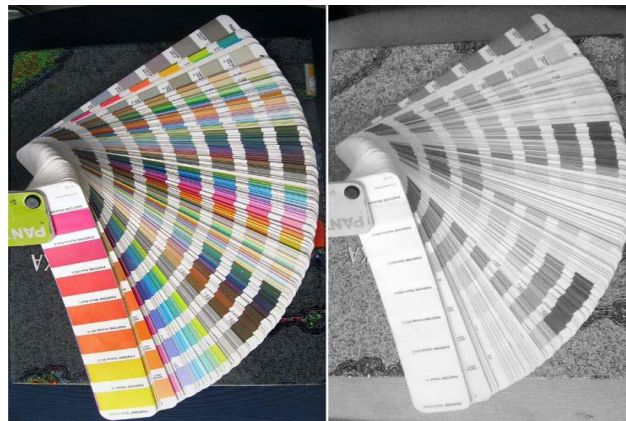
prvi razlog je što se upotrebljavaju iste pantone komponente miješanja, što znači da nema dodatnog troška nabave posebnih zaštitnih bojila. Pri tome treba stvarati vlastite recepte dvoobraznosti, odnosno dvostrukih bojila za fleksotisak [25]. Dvostruko stanje su bojila istoga tona u vizualnom spektru, nasuprot različitom odazivu u infracrvenom spektru.

Drugi razlog je što se nove recepture projektiraju za određene poslove unutar tiskare, pa se time štite svi u lancu izrade grafičkog proizvoda. Recepture za polimerne folije su jedinstvene i potpuno drukčije od sastava bojila za druge tehnike tiska i druge materijale. Također treba napraviti nove postavke za separaciju istodobne upotrebe procesnih bojila i spot bojila. Eksperimenti su napravljeni za tehnologiju na polimernim folijama.

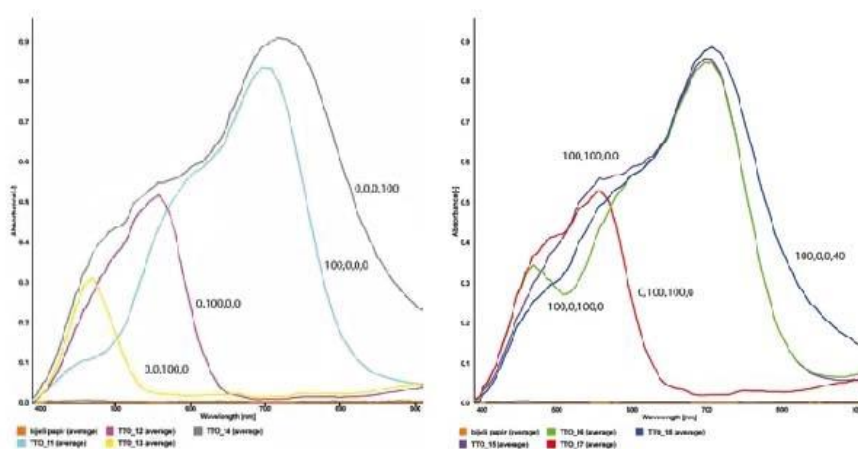
Fleksotiskarske reprodukcije imaju prednosti pred papirnatim grafičkim rješenjima jer su prozirne, što omogućava da se proizvod vidi. Folije se ne mogu smočiti i uništiti, te ne može doći do otiranja, jer je bojilo s unutarnje strane. Teže dolazi do pucanja prilikom pakiranja. Bolja je kliznost polimernih folija, što omogućuje brže pakiranje.

Na slici 4.1. prikazana je Pantone skala s dvjema kamerama. ZRGB kamera je pokazala da većina bojila nema nikakav odziv u infracrvenom spektru. Većina Pantone bojila ima odziv u bliskom infracrvenom spektru. Mnogi eksperimenti na različitim materijalima pokrenuli su ideju za testiranje bojila za fleksotisak na polimernim folijama.

Slika 4.1. Pantone skala u vizualnom i infracrvenom (Z) spektru, ZRGB kamera.



Graf 4.2. Spektri procesnih bojila i njihovih mješavina.

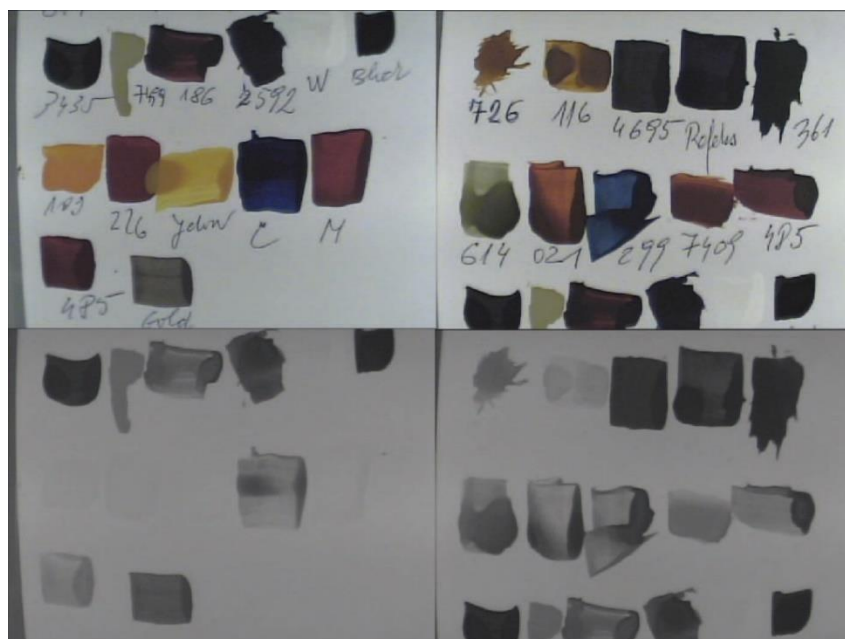


Kako je vidljivo iz grafa 4.2. (grafički prikaz lijevo), žuta, *magenta* i cijan nemaju odaziva u NIR spektru, dok karbonska crna ima odaziv. Temelj IRD tehnologije je upravo crno karbonsko bojilo. Svako bojilo dodatkom određenog postotka crnoga povećava prostor apsorpcijskih svojstava u nevidljivi prostor do 900 nm. Iz prikaza je također vidljivo da sva procesna bojila dosežu svoj maksimum, a nakon njega njihova vrijednost počinje padati. Na 700 nm je vrijednost *magenta* i žute nula, dok je cijan još uvijek postojan sve od 800 nm, gdje je njegova vrijednost nula. Na grafu 4.2. (grafički prikaz desno) su prikazane 100 % mješavine procesnih bojila. Bilo koja njihova kombinacija daje vrijednost nula tj. nema odaziva. Samo u kombinaciji s 40 % crne bilo koje od procesnih bojila ima odaziv.

4.2. Projektiranje blizanaca fleksotiskarskih bojila u vizualnom V i infracrvenom Z spektru na 1000 nm

Projektiranje infracrvenih dvostrukih bojila blizanaca za fleksotiskarsku tehnologiju otežava visoka cijena grafičke fotopolimerne tiskovne forme te podešavanje strojeva koji su namijenjeni velikim nakladama [22]. Zato su prvi eksperimenti provedeni kistom (sl. 4.3.) i ručnim otiskivačem tj. malim anlikos valjkom (sl. 4.4., 4.5.1. i 4.5.2.), koji prikazuje fleksotiskarski otisak nanosa punog tona. U prvim eksperimentima dobiveni su zadovoljavajući rezultati, zahvaljujući opsežnim pripremama mjerenja refleksije i apsorpcije spot tekućih komponenti. Sva promatrana spot bojila su mješavina njihovih 14 osnovnih komponenti. Takav pripremljeni otisak snimljen je ZRGB kamerom kako bi se u prvoj fazi eksperimenta utvrdilo Z stanje.

Slika 4.3. Spot bojila i procesna bojila za fleksotisak u vizualnom i infracrvenom (Z) spektru.

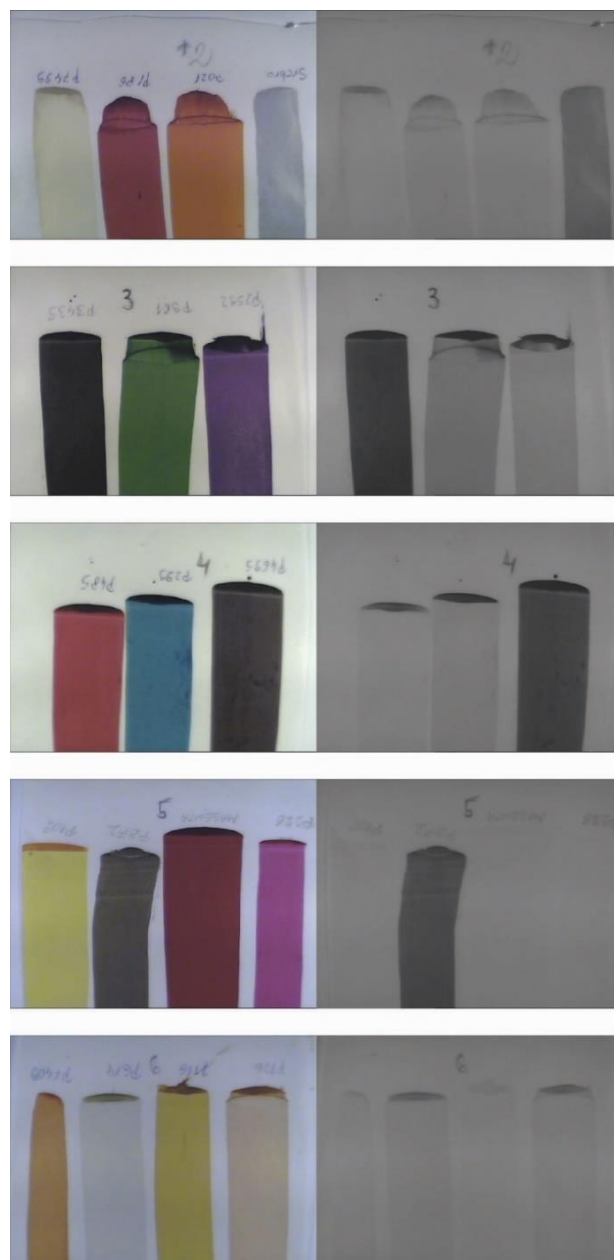


Izabrana su spot bojila koja u originalnoj postavci imaju pozitivnu Z vrijednost. Od toga su izuzeta ona s indeksima pantone br. 100, pantone br. 226, žuta, magenta i bijela. Cijan ima stanovitu pozitivnu vrijednost, prema ovom testu znatno veću nego cijan za različite ofsetne tiskarske prakse. Takav podatak upućuje na iscrpna određivanja kolornih postavki za tekuća fleksobojila. Najjednostavniji bi bio tisak sa samo dva bojila, jedno pored drugog, ali bi zahtijevao mnogo vremena eksperimentiranja u samom procesu tiska. Zato se intervenira u

sustavu nanosa. Svaki ton mora se realizirati u golemom broju različitih dvojnosti, odnosno dvostrukih stanja u V (vizualnom) i Z (infracrvenom) spektru.

Kist se nije pokazao kao sigurno sredstvo za definiranje Z vrijednosti. Njime nije moguće sa sigurnošću prikazati odaziv u NIR spektru. Kistom se ne može kontrolirati nanos bojila, a što je veći nanos, time je i ton boje tamniji, pa se može prikazati krivo Z stanje. Nakon kista, eksperimenti su rađeni ručnim otiskivačem tj. malim anlikos valjkom (sl. 4.4.), koji može vjerodostojnije prikazati fleksotiskarsku reprodukciju. Iz primjera su se mogla odvojiti bojila sa i bez odaziva u NIR spektru.

Slika 4.4. Spot bojila i procesna bojila za fleksotisak u vizualnom i infracrvenom (Z) spektru otisnuta ručnim otiskivačem.



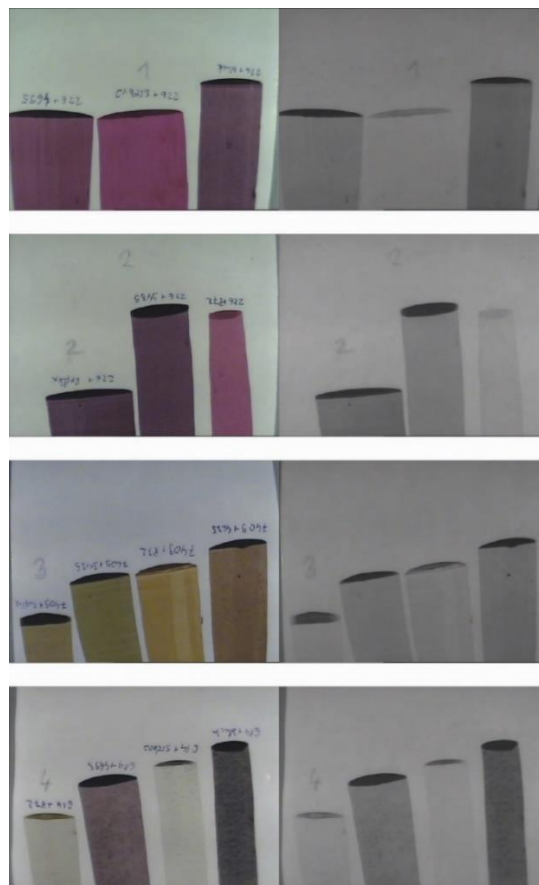
Iz slike 4.4. vidi se da svako spot bojilo koje ne sadrži crno bojilo (karbonskog sastava) nema odaziva u NIR spektru. Srebrna i zlatna pantone br. 872 imaju odaziv u NIR spektru zbog prisutnosti metalnih čestica srebra i zlata u samom bojilu.

Bojilima se dodaje Z bojilo s udjelom od 40 % (radi mogućnosti odaziva na 1000 nm) u svrhu upravljanja u infracrvenom spektru.

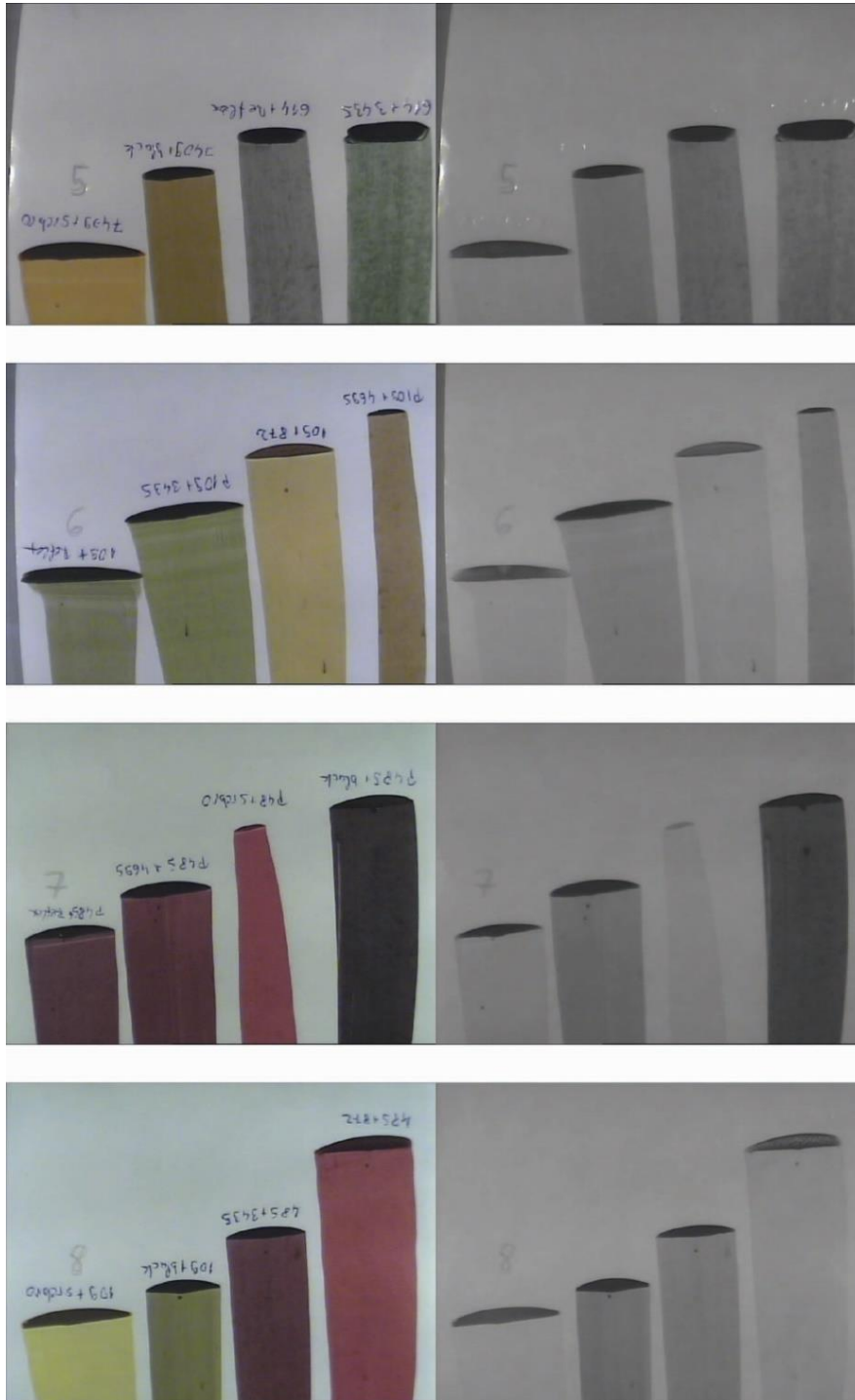
U ispitivanju se određuju nove recepture miješanja bojila istog tona različitih Z vrijednosti. Ona koja nisu imala odaziv u prvom dijelu eksperimenta prikazana su kao bijela boja. U malim postocima miješana su s bojilima koja imaju jako dobar odaziv i koja su prikazana kao crna boja.

To su: crna, srebrna, zlatna pantone br. 872, smeđa pantone br. 4695 i pantone br. zelenožuta 3435. Tim je eksperimentom dobiven isti ton u vidljivom dijelu spektra, a razičitog odaziva u bliskom infracrvenom spektru (od 750 do 1000 nm) s odazivom i bez odaziva, kao što je prikazano na slikama 4.5.1. i 4.5.2. Time se stvara Z sastav s dvostrukim svojstvima vidljivosti na 1000 nm.

Slika 4.5.1. Spot bojila i procesna bojila s dodatkom od 40 % Z bojila za fleksotisak u vizualnom i infracrvenom (Z) spektru, otisnuta ručnim otiskivačem.














































































Slika 4.5.2. Spot bojila i procesna bojila s dodatkom od 40 % Z bojila za fleksotisak u vizualnom i infracrvenom (Z) spektru, otisnuta ručnim otiskivačem.



Na slici 4.5.2. prikazane su pantone bojila u kombinaciji s dodatkom od 40 % druge pantone ili crne kako bi se njihov odaziv definirao i spojio s njegovim blizancem.

Tablica 4.6. Bojila za fleksotisak.

Rb.	RGB	Z parametar	Sivilo	Vidno	Z	G
726	82,61,58	33	42			
116	122,94,58	4	44			
116x	66,54,59	10	45			
4695	43,43,43	53	48			
Refleksna plava	41,40,45	24	51			
361	39,43,53	27	52			
614	139,143,142	7	17			
614x	59,55,89	25	45			
021	130,81,65	6	34			
299	46,52,85	14	43			
7409	139,96,95	6	30			
485	103,73,89	9	49			
3435	46,46,44	29	40			
7489	104,106,79	16	24			
186	74,56,68	7	37			
2592	47,49,72	23	39			
Bijela	180,184,183	1	-2			
Crna	34,36,47	32	51			
109	137,101,73	2	29			
226	86,48,59	0	37			
Žuta	150,142,92	0	7			
Cijan	40,40,75	4	46			
<i>Magenta</i>	97,58,64	1	44			
485x	78,54,65	5	44			
Zlatna boja	73,70,74	20	32			

U tablici 4.6. definirane su numeričke vrijednosti Lab i Z parametra potrebne za daljnje istraživanje. Tamna bojila (crna, smeđa i plava) te bojila koja sadrže metale (zlatna i srebrna)

imaju odaziva u bliskom infracrvenom dijelu spektra, dok ostala imaju slab odaziv ili ga uopće nemaju.

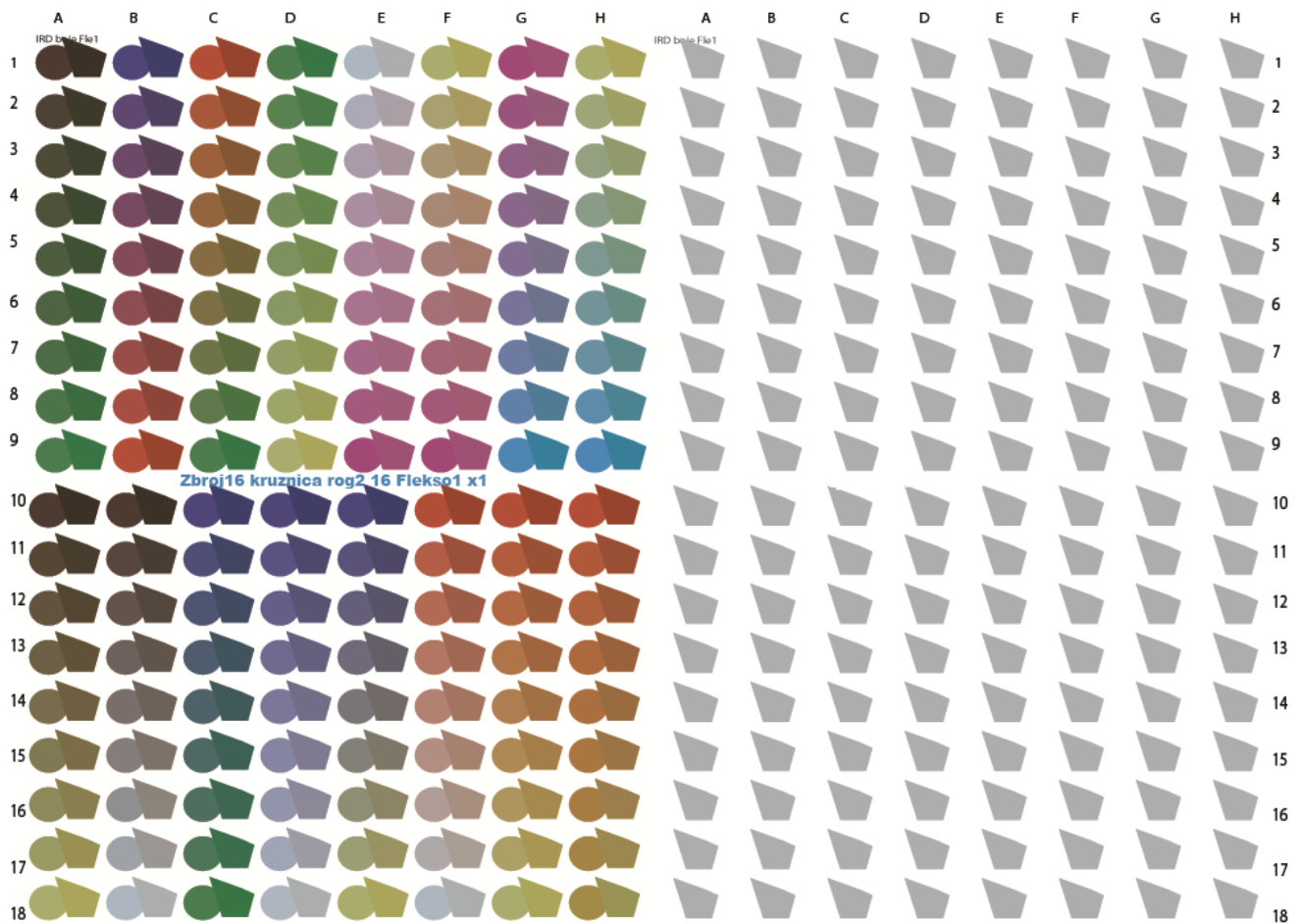
Zadnji dio eksperimenta je otiskivanje parova blizanaca u boji. Priprema tiskovne forme izvedena je u dva stanja za fleksotiskarsku reprodukciju u boji. Prvo stanje je s bijelom podlogom, kako bi otisak u boji imao konvencionalnu reprodukciju. Druga priprema odnosi se na postizanje prozirnosti slike za vizualni spektar s obzirom na otisak na polimernoj foliji. Za infracrveni spektar to je zahtjevan korak jer se skrivena dvostruka nevidljiva slika mora nalaziti u samom bojilu s apsolutnom transformacijom odnosa vidljivo/nevidljivo po IRD teoriji. Odstupanja moraju biti minimalna u apsorpciji svjetla za dva bojila koja imaju jednaki ton (ΔE minimalan ≤ 3), a maksimalne razlike u Z spektru ΔZ maksimalan.

Fleksotiskarski stroj ima prednosti jer raspolaže s 10 agregata. To znači da se upotrebljava pet agregata za CMYK + bijela i pet različitih spot bojila. Skrivanje slike u bliskom infracrvenom spektru je zahtjevan zadatak ako se fleksotisak radi samo sa spot bojilima. Miješanje dvaju bojila rastriranjem zahtijeva preciznu grafičku pripremu i izradu kolornih postavki za fleksotisak sa zadanim bojilima.

Testiranja su provedena i na velikim nakladama [22] prozirnih koekstrudiranih i ekstrudiranih folija visoke otpornosti na struganje, otpornosti na niske temperature i dimenzionalne stabilnosti pod različitim uvjetima vlažnosti.

Nevidljivost Z grafike je postignuta poštivanjem svojstava materijala i tekućih fleksotiskarskih bojila sušenih vrućim zrakom na 600 °C pri brzini otiska od 400 m/min, te 45 °C na brzini od 100 m/min. IRD teorija dokazana je na ciljanim polimernim folijama, koje su uglavnom prozirne i omogućavaju da proizvod unutar ambalaže bude vidljiv. Grafičko rješenje obuhvaća vizualnu (V) i infracrvenu skrivenu (Z) grafiku. Ako je grafika u vizualnom spektru otprije zadana, može ostati ista, a u infracrvenom spektru se dodaju dogovorene skrivene informacije i kodovi. Premda je otisak proziran, Z infracrvena grafika se prepoznaje ZRGB kamerom, kao na slici 4.7.

Slika 4.7. Prikaz otisnutih kolornih blizanaca u fleksotisku.



Kolorni parovi, blizanci, rađeni su iz CMY-a različitog postotka i kao njegov par CMYK komponenti. Na taj se način u vizualnoj slici može dobiti vizualna bojila istog tona (sl. 4.7. – lijevo), ali drugog stanja u NIR spektru (sl. 4.7. – desno). Odabirom najboljih blizanaca (kojima je ΔE manji od 3), može se krenuti u kreaciju dvoobraznih grafičkih rješenja.

Kada se radi o procesnim bojilima, tada se skrivena infracrvena grafika kreira kombiniranjem rasterskih elemenata. Kada se radi o spot bojilima, tada je nužno umiješati dva bojila istog tona ali različitog odaziva u bliskom infracrvenom dijelu spektra.

Tablica 4.8. Lab, CMYK, RGB digitalnog prikaza i otiska.

FILE/ OTISAK	ΔE otiska izračun	ΔE otiska	Lab datoteke	Lab OTISKA	CMYK FILE	CMYK OTISKA	RGB datoteke	RGB OTISKA
9A bez	5,00	4,4	42 44 29	40 -27 24	81 34 82 0	79 35 98 26	0 117 48	54 105 52
9A sa			42 44 29	40 -30 28	73 0 80 40	84 41 100 42	0 117 47	21 82 22
13A bez	4,35	4,6	36 6 30	31 4 16	71 64 82 0	53 58 78 46	88 87 35	85 70 48
13A sa			35 2 31	28 3 19	52 51 78 40	54 58 84 51	97 81 31	78 64 36
15A bez	6,00	5,4	51 7 36	42 -3 25	58 46 76 0	53 46 85 28	123 123 56	105 100 57
15A sa			49 2 37	40 1 29	31 31 71 40	50 50 92 32	133 114 50	107 93 45
4B bez	5,38	5,6	30 25 40	28 22 -9	66 82 42 0	59 83 43 34	106 54 66	73 52 80
4B sa			29 21 6	23 20 -9	50 73 31 40	63 84 46 43	100 55 61	78 43 69
6B bez	6,40	5,2	35 36 23	31 28 5	51 82 61 0	41 82 57 36	137 54 47	113 54 66
6B sa			33 31 22	25 27 7	30 75 52 40	41 84 63 48	126 55 45	97 40 50
3D bez	7,84	2,9	50 30 33	46 -22 29	70 30 78 0	70 33 97 19	76 130 57	83 118 58
3D sa			51 28 35	45 -28 34	55 0 75 40	75 32 100 19	85 132 56	69 118 45
4D bez	6,78	3,1	53 25 35	48 -22 29	65 28 76 0	68 32 94 16	97 138 63	87 124 62
4D sa			54 22 38	47 -25 35	45 0 73 40	71 32 100 17	107 140 60	81 122 48
5D bez	7,34	3,5	56 20 37	50 -20 31	60 27 75 0	65 32 93 15	116 144 67	97 128 63
5D sa			38 17 39	48 -21 38	36 0 70 40	66 33 100 17	127 147 67	93 123 44
6D bez	7,54	3,9	60 16 38	52 -19 31	54 25 73 0	62 31 90 12	132 151 73	104 132 68
6D sa			61 13 14	50 -17 38	27 0 67 40	61 33 100 15	144 154 73	105 126 50
6E bez	7,48	5,5	55 23 5	43 30 -11	38 60 18 0	46 78 31 7	170 115 123	142 81 120
6E sa			56 21 4	39 28 -5	0 44 0 40	46 78 40 17	173 121 129	131 73 101
7E bez	8,06	4,4	50 30 6	39 37 -13	39 68 20 0	32 82 62 22	167 97 109	147 65 73
7E sa			53 27 5	37 32 -7	0 53 0 40	47 83 39 17	170 108 118	130 65 99
9E bez	6,40	3,7	38 48 9	35 43 -14	40 85 22 0	48 94 31 11	159 49 79	136 48 106
9E sa			45 38 8	33 42 -8	0 70 0 40	45 94 39 18	164 76 95	132 43 92
4F bez	4,58	2,3	61 8 25	48 10 18	39 44 50 0	41 53 67 19	171 141 102	138 107 84
4F sa			60 13 27	47 12 22	0 26 38 40	39 55 72 20	179 136 99	139 103 75
5F bez	3,60	3,3	57 15 20	45 18 13	39 52 44 0	38 62 60 20	170 127 102	140 95 86
5F sa			58 16 22	42 18 15	0 35 30 40	39 64 65 25	176 129 101	132 87 75
9F bez	6,40	4,1	38 48 9	35 41 -15	40 85 22 0	50 93 30 11	159 49 79	133 50 107
9F sa			45 38 8	33 42 -9	0 70 0 40	46 95 38 18	164 76 95	131 43 93
1G bez	4,24	3,8	38 48 9	35 42 -13	40 85 22 0	48 93 32 12	159 49 79	136 49 104
1G sa			45 38 8	34 43 -9	0 70 0 40	44 94 37 16	164 76 95	136 45 96
2G bez	6,48	3,2	41 38 5	35 37 -16	45 78 20 0	53 90 30 11	152 67 90	128 55 109
2G sa			47 29 3	34 33 -11	9 61 0 40	51 87 36 18	157 91 107	122 57 98
3G bez	9,27	4,1	44 28 1	35 32 -17	49 72 18 0	57 87 30 12	145 84 103	120 61 110
3G sa			48 21 1	34 25 -11	18 53 0 40	57 81 38 21	147 100 116	110 65 98
13G bez	4,58	4,3	55 21 50	43 25 34	33 59 80 0	31 69 90 23	180 116 39	148 84 46
13G sa			52 23 48	39 24 36	0 48 75 40	32 71 99 29	173 107 37	136 75 33
15G bez	4,58	4,2	62 7 48	50 9 38	35 43 75 0	37 50 92 17	179 143 60	147 112 52
15G sa			58 13 47	46 11 39	0 29 69 40	38 54 99 22	178 130 54	139 101 41

Podobljani su oni blizanci koji daju najbolje rezultate. To su vrlo slični tonovi bojla za V spektar različitog odaziva u bliskom infracrvenom dijelu spektra.

Odabrana fleksotiskarska bojila iz tablice 4.8. pretvaraju se u digitalne informacije u vidljivom dijelu spektra (sl. 4.7.). Blizanci su dizajnirani kao krug i kao nepravilni četverokut (Z blizanac). Oni su podvrgnuti ujednačavanju nijansi u V spektru. Pritom kružni V blizanac nije moguće otkriti u infracrvenom spektru Z, dok Z blizanac apsorbira 40 % svjetla te je vidljiv na 1000 nm u infracrvenom spektru Z. Na slici 4.7. prikazani su blizanci koji pokrivaju katalog bojila za grafička rješenja široke primjene infra V/Z prozirne tehnologije na polimernim folijama.

Istraživanje se odnosi na infracrvena bojila s istim Z vrijednostima. Eksperimentalno, pri testiranju ZRGB kamerom predložena je Z vrijednost od 40 %. Upotrebom CMYKIR separacije, za svako se bojilo postavlja početna, ali ne i konačna vrijednost blizanaca. Počevši od CMYK vrijednosti digitalnih informacija do ciljanih blizanaca, postupak dobivanja V i Z blizanaca popravljaju se iterativno u procesu fleksotiska.

U svakoj se iteraciji nastoji zadržati određeni stupanj Z parametra s 40 % vrijednosti i jednake spektralne informacije za oba tiskana blizanca u vizualnom spektru. Ispitivanje i eksperimenti provedeni su u fleksotisku na polimernim folijama. Snimanje je provedeno sa ZRGB kamerom za vizualno i infracrveno stanje apsorpcije sunčeve svjetlosti. Bojila pojedinih blizanaca imaju istu nijansu, približno jednake spektrograme za vizualno područje, približno jednaku vrijednost u RGB, CIELAB i HSB sustavu. Vizualna razlika mjeri se u CIELAB području s ΔE (delta E) [29]. Kako bi se dobili idealni blizanci, vrijednost ΔE među njima mora biti manja od 3. Oba su vidljiva u vidljivom dijelu spektra. Blizanci se trebaju razlikovati prema Z vrijednosti apsorpcije svjetla na 1000 nm. Drugo bojilo (nepravilni četverokut) ima svojstvo apsorpcije bliskog infracrvenog svjetla, a prvi blizanac (kružni) ne apsorbira valnu duljinu iznad 750 nm. Spektrografija se primjenjuje na oba blizanca, ali samo za vizualno područje. Za svaki ton uvjet je da svi blizanci imaju spektrograme maksimalno jednake na cijelom području 400 do 750 nm. To se postiže povećanjem ili smanjenjem vrijednosti za C, M i Y za sljedeću iteraciju. Visoka preciznost dvaju spektrograma omogućuje Z grafici potpuno skrivanje od našeg RGB osjetilnog sustava. Pritom se Z grafika ne smije i ne može vidjeti golim okom. Cilj je da se dvostruko V IR svojstvo blizanaca skriva međusobno Z grafikom u vidnom spektru. V i Z grafika ne mogu se nazirati, niti se može saznati koja je od njih nosilac skrivene informacije. Blizanci zajedno sastavljaju vizualne informacije u mozaičku strukturu. Dijelovi sastavljeni od Z blizanaca otkrivaju se samo na 1000 nm. Z blizanac vidljivi je dio grafike samo tamo gdje je V grafičko rješenje jako vidljivo.

4.3. Matematički modeli blizanaca za fleksotisak na polimernoj ambalažnoj foliji

Postupak stvaranja blizanaca provodi se iterativno u realnom tisku. Cijela priprema je dugotrajna jer uključuje postavljanje blizanaca – spektrografiju, izradu fleksibilne tiskovne forme, te sam fleksotisak. Premda je za postizanje blizanaca potreban jedan otisak, radi se o stroju koji ima brzinu 200 do 500 metara u minuti. Radi potrebe za malom vrijednošću ΔE između tonova blizanaca (od 400 do 750 nm) za realnu upotrebu, nakon mjerenja ΔE izračunava se regresijska jednadžba, a nakon svake iteracije provedi se fleksotisak. Eksperimenti su provedeni s nekoliko matematičkih modela koji se sastoje od traženja nezavisnih varijabli s pripadajućim parametrima. Sve nezavisne varijable su kombinacija vrijednosti X_0 za cijan, *magenta* i žuto bojilo. Budući da je X_0 (iks nula - stanje bez IR odaziva i bez prisutnosti crnog bojila) potrebno za mjesta gdje se infracrvena komponenta ne smije odazivati, svi matematički modeli su podređeni tom zahtjevu. Analitičke relacije pojedinih rješenja upućuju na veća ili manja odstupanja ponuđenih blizanaca te na ekstremne udjele procesnih C, M, Y komponenti od kojih su sastavljeni.

U disertaciji se navode analitičke relacije posljednje regresije s kojima je načinjena zaštita ambalaže. Regresija je provedena na podacima blizanaca (sl. 4.9.) koji su drukčijih međusobnih omjera CMYK-a nego oni u modelima u prethodnim istraživanjima (tisak na papiru, kartonu, platnu ili koži).

Blizanci za sigurnosni tisak i postupak skrivanja informacija prikazani su na slici 4.9. zajedno s njihovim vrijednostima (cijan, *magenta*, žuta i crna) u vizualnom spektru. Kružni blizanci nemaju crne komponente (X_0). U tablici su podaci o udjelu pojedinih procesnih bojila s nulom i četrdesetpostotnom vrijednošću crne. Parovi bojila, nazvani blizanci, izvedeni su eksperimentalnim otiskivanjem, iterativnim postupkom vizualnog izjednačavanja doživljaja tona bojila. Numerički se takvo izjednačavanje određuje procedurama ΔE . Završni eksperiment potvrđen je spektralnom analizom. Na slici 4.9. prikazano je u cijelom stupcu šest blizanaca koji se međusobno razvijaju algoritmom računalne grafike za još 12 kontinuiranih blizanaca u drugom i trećem stupcu. To je višestupanjski postupak umnožavanja blizanaca koji služi dobivanju dovoljne količine podataka za izračunavanje analitičkih relacija o bojilima za tisak na polimernim folijama.

Slika 4.9. Blizanci bojila za fleksotisak na polimernoj savitljivoj ambalaži.



Kontrola planirane apsorpcije svjetla u vizualnom i bliskom infracrvenom spektru provedena je barijernim skeniranjem u zadanim valnim duljinama. Na taj se način provjerava oduzimanje svake komponente procesnih bojila u fleksotisku. Prvo se izdvajaju *magenta*, cijan i crna. U posljednjem barijernom skeniranju ostaje samo infracrvena apsorpcija svjetla na 1000 nm (sl. 4.10.).

Slika 4.10. Barijerno skeniranje blizanaca u vidljivom i infracrvenom (Z) spektru.



Kontinuirane promjene na bojilima omogućuju izradu novih. Nakon otiska na polimernim folijama, barijerno skeniranje (sl. 4.10.) pokazuje odsutnost pojedinih dijelova vizualnog spektra: crvene, zelene i plave. Prvo mjerenje je napravljeno na valnoj duljini od 570 nm, gdje je blokirana žuta komponenta. To je prikazano za 6 bojila. Drugo barijerno mjerenje na 645 nm je izuzelo dio *magente*. Treće mjerenje (715 nm) je napravljeno na granici vizualnog spektra. Ostao je zapis dijela cijan komponente. Posljednje je skeniranje napravljeno na 830 nm u bliskom infracrvenom spektru. Apsorpcija IR ostaje samo na crnoj, dok su cijan, *magenta* i žuta potpuno reflektirale IR svjetlo. Barijerno skeniranje je postupak za potvrđivanje originalnosti slike, otiska, bojila i same ambalaže koji se do sada primjenjivao samo za utvrđivanje vjerodostojnosti novčanica i vrijednosnica. Infracrvena zaštitna grafika po teoriji infraredesign u ovom radu postavlja se za primjenu postupka i za obilježavanje savitljive prozirne ambalaže. U idućem poglavlju su navedeni matematički modeli kojima se upravlja pokrivenošću rasteriziranih elemenata u fleksotisku. Blizanci su osnova za izračunavanje regresijske jednadžbe, u cilju izrade nevidljive informacije koja štiti proizvod, ambalažu i tiskaru.

4.3.1. Razvijene regresijske jednadžbe za infracrveni fleksotisak

Podaci o blizancima su poslužili za izvođenje analitičkih međuovisnosti X_0 i X_{40} . Uvedene su nezavisne varijable D_C , E_Y , G_M , s njihovim stanjima na temelju početnih vrijednosti X_0 . Model se koristi povezanostima svake komponente C_0 , M_0 , Y_0 s drugim dvjema:

$$D_C = C_0/M_0 + C_0/Y_0 \quad (1)$$

$$E_Y = Y_0/M_0 + Y_0/C_0 \quad (2)$$

$$G_M = M_0/C_0 + M_0/Y_0 \quad (3)$$

Postavljaju se relacije:

$$X_{40} = A^{\text{poliprop}} \cdot T \quad (4),$$

pri čemu A^{poliprop} označuje matricu podataka na 40 % pokrivenosti crne (K bojila) za fleksotisak na polimernoj foliji.

$$X_{40} = \begin{bmatrix} C_{40} \\ M_{40} \\ Y_{40} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$T = \begin{bmatrix} G_M \\ E_Y \\ D_C \\ Y_0 \\ M_0 \\ C_0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Na temelju podataka o blizancima, linearnom su regresijom izračunani parametri:

$$A^{\text{poliprop}} = \begin{bmatrix} 2,8311 & -6,1693 & 0,9722 & 0,00615 & 0,1909 & 1,5230 & -69,21 \\ -0,7772 & -0,0646 & -5,5752 & -0,1001 & 1,3569 & -0,0546 & -34,23 \\ 1,5461 & 0,6131 & 1,0004 & 1,2227 & -0,0856 & 0,0701 & -23,96 \end{bmatrix} \quad (7)$$

CMYKIR separacija ne pokriva tonove bojila koji nemaju sve pozitivne vrijednosti u X_0 stanju. Pozitivna vrijednost podrazumijeva najmanju količinu jedne od C_0 , M_0 , Y_0 , dovoljno da se postigne pozitivno X_{40} stanje. To može remetiti dizajnerske prijedloge jer se tonovi trebaju korigirati. Zbog istog je pitanja potrebna programska kontrola separacije u provođenju boja.

Nema negativnog stanja bojila. Ako dođe do proračuna s negativnim vrijednostima, potreban je kompromis koji se rješava samo izmjenom vizualnog dijela dizajnerskog rješenja. Prva je preporuka da se za svijetle i monokromatske tonove ne planira infracrvena slika. Ako se radi o već gotovim rješenjima koja dolaze u tisak, ne smiju se mijenjati u vizualnom spektru. U tom se slučaju predlaže upotreba IRD tehnologije samo na izabranim mjestima koja će „podnijeti” Z grafiku i Z blizanca, odnosno koja imaju takve tonove da se u njih može ugraditi IRD grafika. Stvaranje matematičkih modela (algoritama) procesnih blizanca fleksotiskarskih bojila za dani infracrveni parametar $Z = 0,4$ s jednakim spektralnim informacijama u vidljivom dijelu spektra predstavlja osnovu dvojne spektralne informacije V i Z.

Tablica 4.11. Blizanci bojila – izmjerene i izračunane vrijednosti za X0 (C0, M0, Y0) i X40 (C40, M40, Y40).

X ₀ (k=0)			Ck ₄₀	Regresijska vrijednost od Ck ₄₀	Mk ₄₀	Regresijska vrijednost od Mk ₄₀	Yk ₄₀	Regresijska vrijednost od Yk ₄₀
C ₀	M ₀	Y ₀						
44	95	28	0	2,33	90	90,04	0	3,3
86	42	76	75	78,77	4	8,52	70	72,59
52	80	24	20	16,01	65	67,4	1	0,8
38	33	74	0	-0,21	1	2,46	67	67,29
46	60	49	7	9,36	35	39,8	31	33,7
42	71	71	1	4,06	53	56,26	62	59,32
44	62	23	0	3,69	45	42,77	1	1,08
48	31	19	10	11,64	0	-2,2	0	0,18
47	36	19	8	9,71	7	5,09	0	-0,5
42	71	45	0	1,8	56	56,09	25	27,1
38	40	75	1	-0,5	11	12,48	67	67,68
42	31	19	1	1,72	1	-1,34	1	-0,3
87	44	18	79	75,28	7	10,84	0	0,55
65	37	18	42	39,31	0	3,95	0	-0,39
43	45	19	0	2,61	21	18,55	0	-1,9
50	42	19	15	14,34	15	13,25	0	-0,97
40	63	74	1	1,45	44	45,12	65	63,84
51	93	53	14	16,17	86	86,35	32	35,1
77	80	23	59	57,23	60	63,83	1	1,6
44	45	26	4	4,87	21	18,45	7	6,84
54	36	23	22	21,63	3	4,12	5	5,02
47	61	34	7	9,65	44	40,98	15	15,07
91	91	91	83	85,67	82	78,06	88	85,69
88	81	20	76	75,09	67	63,68	0	-1,34
39	60	39	0	-3,06	44	40,72	22	20,74
85	55	85	77	77,19	31	27,34	83	82,1
81	34	82	73	71,47	0	-2,17	80	80,58
38	50	90	5	0,25	25	26,9	82	85,07
38	83	86	2	-1,89	77	74,11	80	76,14
44	32	69	9	9,32	0	0,14	62	61,7
40	85	24	0	-4,08	73	76,27	0	-0,77

Regresijom svih izabranih i eksperimentalno provjerenih blizanaca stvorili su se regresijski koeficijenti koji postaju sastavni dio matematičkog algoritma za automatsko kreiranje blizanaca za cijeli vidljivi dio spektra.

Tablica 4.12. Regresijski koeficijenti modela za stvaranje procesnih fleksotiskarskih bojila blizanaca za $Z = 0,4$.

		p	r	s	t
C_{40}	1	0,086828529	-0,05446083	1,652204125	-67,62433075
M_{40}	2	0,006882207	1,431491188	-0,142354049	-39,87653605
Y_{40}	3	1,23936622	-0,12039934	0,081425673	-23,54126053

$$C_{40} = p1*Y_0 + r1*M_0 + s1*C_0 + t1$$

$$M_{40} = p2*Y_0 + r2*M_0 + s2*C_0 + t2 \quad (1)$$

$$Y_{40} = p3*Y_0 + r3*M_0 + s3*C_0 + t3$$

Sustav jednadžbi 1) čini matematički model za stvaranje blizanaca pomoću procesnih fleksotiskarskih bojila za pakiranje hrane iz X_0 bojila (C_0, M_0, Y_0) u bojilu X_{40} (C_{40}, M_{40}, Y_{40}), koje je izgrađeno na rezonanciji, pri čemu je $Z = 0,4$ u bliskom infracrvenom području na 1000 nm. U tablici 4.12. prikazane su sve 4 izmjerene i izračunane vrijednosti za sve parove blizanaca. X_0 (C_0, M_0, Y_0) vrijednosti se odnose na količine procesnih fleksotiskarskih bojila koja u tisku neće imati bliskog infracrvenog odaziva $Z = 0$, i X_{40} (C_{40}, M_{40}, Y_{40}) vrijednosti za snimke koje će bojila dati s bliskim infracrvenim odazivom $Z = 0,4$ u fleksotisku na polimernim folijama.

Pomoću matematičkih modela, eksperimenti su rezultirali dvostrukom spektralnom informacijom za primjenu na ambalaži. Matematički model 1) pritom postaje pokretač mogućnosti ugrađivanja algoritma za željene nevidljive grafike koje će biti prepoznatljive na 1000 nm (u Z području). Na taj način mogu biti ugrađene skrivene infracrvene informacije, nevidljive ljudskom oku. Ovisno o osmišljenoj vidljivoj informaciji na prozirnoj savitljivoj polimernoj ambalaži, matematičkim algoritmima stvaraju se potrebni blizanci za primjenu u dvostrukim V i Z višestrukih rješenja.

Koljenaste linije s naglom izmjenom smjera napredovanja upotrebljavaju se u sigurnosnoj Z grafici. U radu je istraživanje prošireno na linijsku grafiku te na njenu zakrivljenost i uvođenje višetonskih rješenja blizanaca. Takvo je rješenje prikazano na slici 4.13.

Slika 4.13. Transparentno linearno dizajnersko grafičko rješenje sa X26 i X0 linijama.



Grafika na slici 4.13. ima jednoličnu višebojnu pokrivenost s istaknutim rubovima slova. Primijenjen je matematički model (1 – 4) koji ima nove parametre za polipropilensku strukturu savitljivog prozirnog materijala s vrijednostima crnog K bojila u X_{26} ($A^{\text{polipropilen}_{26}}$, 5).

Relacije koje povezuju nulto stanje vizualne slike i spoj dviju slika gdje će druga slika biti vidljiva pomoću ZRGB kamere bilježimo (1 do 4):

$$Z_{26} = A * T ; (1),$$

pri čemu je Z_{26} vrijednost procesnih bojila na 26 % pokrivenosti crnog karbon bojila označena relacijom 2:

$$Z_{26} = \begin{bmatrix} C_{26} \\ M_{26} \\ Y_{26} \end{bmatrix} ; (2).$$

Nezavisne varijable CMYKIR separacije dane su u vektoru 3:

$$T = \begin{bmatrix} G_M \\ E_Y \\ D_C \\ Y_0 \\ M_0 \\ C_0 \\ 1 \end{bmatrix}; (3),$$

pri čemu su varijable D_C , E_Y i G_M sastavljene od vrijednosti procesnih bojila na K_0 s relacijama:

$$D_C = C_0/M_0 + C_0/Y_0$$

$$E_Y = Y_0/M_0 + Y_0/C_0; (4)$$

$$G_M = M_0/C_0 + M_0/Y_0.$$

Matrica $A^{\text{polipropilen26}}$ označava parametre linearne regresije na 26 % pokrivenosti crne za fleksotisak na polimernoj foliji. Novi koeficijenti regresijske relacije nastali su tijekom eksperimentalnog rada mjerenja blizanaca:

$$A = \begin{bmatrix} 2.941 & -1.439 & -3.201 & 0.06152 & -0.2932 & 1.554 & -33.18 \\ 4.539 & -2.082 & -3.530 & 0.07958 & 0.9786 & +0.0339 & -20.35 \\ -7.485 & 8.685 & -7.924 & 0.4808 & 0.2887 & +0.3245 & -9.116 \end{bmatrix}; (5).$$

4.4. Dozvoljena tolerancija između mjerenja V i Z bojila

Kao i svaka druga industrija, zbog ograničenja tehnologije i grafička industrija ima tzv. industrijske standarde i dozvoljena odstupanja. Današnja grafička tehnologija još ne uspijeva otisnuti bojila bez tolerancije u bilo kojoj tehnici tiska (ofset, fleksotisak, bakrotisak i dr.). Razlike i odstupanja vidljivi su ljudskim okom i smetaju u IRD tehnologiji prilikom skrivanja Z grafike. Tu se postavlja najvažnije pitanje: Kolika odstupanja mogu biti? Koja su ograničenja s obzirom na tehniku tiska?

To se može ustanoviti i vizualnim promatranjem i preciznim mjerenjima.

4.4.1. Vizualna procjena boje

Kod vizualne procjene prihvatljivosti boje, a posebno boja blizanaca, treba imati u vidu da je razvijenost ljudskog oka, kao kod svih ostalih čovjekovih osjetila (miris, ukus, opip i dr.) kod svakog pojedinca drukčija i svaki pojedinac je drukčije doživljava.

Druga važna stavka je pod kojim se uvjetima boja promatra. Važno je maksimalno smanjiti utjecaj okoline na sam doživljaj boje koji je prisutan i može smetati. To znači da svaki pojedinac može vidjeti, doživjeti i tolerirati bojilo drukčije.

Svim informacijama o svjetlosti i bojilu (kako se bojilo gleda, ocjenjuje, koja je prihvatljiva razlika, kako ga vidimo i što to znači u brojkama) bavi se znanstvena i neovisna institucija CIE (*International Commission on Illumination*). Preporuke su preuzete od *International authority on light, illumination, color and color spaces*, osnovanoj 1976. godine. Pomoću njih se također definiraju UV i bliski infracrveni spektralni parametri [28] koje treba zadovoljiti V i Z bojilo da bi se optimalno promatralo. Ti su parametri: količina svjetlosti, izvor svjetlosti i okolina u kojoj se bojilo promatra i ocjenjuje.

4.4.2. Dozvoljena tolerancija između V i Z bojila

Za mjerenje bojila u grafičkoj industriji upotrebljavaju se mjerni uređaji spektrofotometri. Pomoću njih se može točno izmjeriti što je prihvatljivo, a što nije prihvatljivo. Odstupanje ili razlika između V i Z bojila u vidljivom dijelu spektra označava se kao ΔE (delta E). Ta razlika uključuje tri parametra: razliku u svjetlini, razliku u saturaciji (zasićenju) i razliku u nijansi.

U spektrofotometriji se donedavno primjenjivala matematička formula za izračunavanje razlike CIE Lab 76 tzv. obični ΔE . Godine 1976. razvijena je referenca u trenutku kad su nastali instrumenti i kada su se počela provoditi prva mjerenja u grafičkoj industriji. Matematička razlika i razlika koju vidimo okom ne poklapaju se najbolje. Zbog toga je CIE uveo nove standardne modele kalkulacije, koji su se pokazali boljim i točnijim za različite vrste industrije. Npr. $\Delta E - CMC$ prihvaćen je u industriji tekstila, plastike i djelomično prihvaćen u grafičkoj industriji globalnih tvrtki koje su prve tražile mjerenja grafičkih proizvoda (Coca-Cola, Nike, Pepsi, P&G). Nešto kasnije za grafičku je industriju razvijen specijalizirani model $\Delta E 2000$, koji uključuje specifičnost grafičkih bojila, tehnologija i grafičkih materijala (papiri, kartoni, folije i dr.).

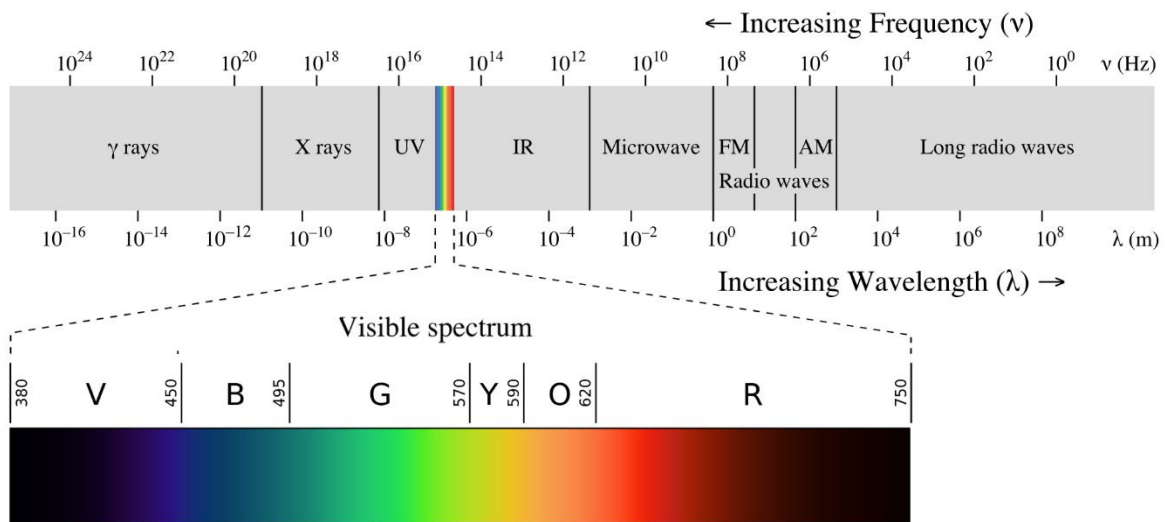
U svim novim grafičkim ISO standardima prihvaćen je $\Delta E 2000$ model. I kod revizija starih grafičkih ISO standarda zamjenjuje se stari $\Delta E 76$ novim $\Delta E 2000$, kao standard za izračunavanje razlike bojila.

Definiranje razlika blizanaca u vizualnom grafičkom rješenju mora biti minimalno kako se ne bi nazirala skrivena Z grafika. Zato se upotrebljavaju mjerenja $\Delta E 2000$ prema fleksotiskarskom standardu ISO 12647.

4.5. Spektrofotometrijska mjerenja blizanaca

Spektralni prikaz od 400 do 900 nm (sl. 4.14.) dijeli se u tri dijela: vizualni (V) – od 400 do 700 nm, prijelazni IR (Z1) – od 700 do 850 nm i skrivajući IR (Z2) – od 850 do 1000 nm.

Slika 4.14. Spektar (valne duljine).



Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Svjetlost#/media/File:EM_spectrumrevised.png

Pomoću IRD tehnologije treba izraditi V i Z grafičko rješenje koje će se tiskati na prozirne polimerne folije sa slabopokrivnim bojilima. Time se proširuje informativni prostor, a omogućuje se da ambalaža ostane prozirna. Kako bi se moglo projektirati takvo grafičko rješenje, treba zamiješati posebna spot bojila koja nisu vezana s recepturom pantone skale. Razlog tome je što se miješanjem izrađuju dvije vrste recepture istog tona bojila, ali s potpuno različitom putanjom iznad 700 nm, odnosno u IR dijelu spektra. Te se dvije krivulje u vidljivom dijelu spektra od 400 do 700 nm moraju poklapati kako bi njihova razlika bila neprimjetna, a iznad 850 nm moraju biti u potpunosti razdvojene (u Z2 području). Jedna (crvena krivulja) ima odaziva, a druga (plava krivulja) nema (*graf 4.16., str. 97.*) Tako u Z dijelu spektra dobivamo crno-bijelu sliku, vidljivu samo pomoću ZRGB kamere.

Slika 4.15. Otisnuta folija polipropilena – blizanci.



Slika 4.15. prikazuje simulacije otisnutih blizanaca boja u fleksotisku. Ti su blizanci nastali nakon višestrukih iteracija podešavanja jednakosti bojila u vizualnom spektru.

Dva bojila imaju čvrsto određene međusobne omjere apsorpcije svjetla u vizualnom i bliskom infracrvenom spektru na položaju Z2 (na 1000 nm). V bojila nemaju apsorpcijska svojstva u vizualnom spektru. Z bojilo ima jednaka vizualna svojstva u vizualnom spektru kao i V bojilo. Njihovi spektrogrami, valnih duljina od 400 do 700 nm u vizualnom rasponu, trebali bi biti vrlo slični. Spektrografija upućuje na dijelove odaziva za koje se nastavlja korekcija sastava u sljedećoj iteraciji. Upotrebljavaju se samo cijan, *magenta* i žuto bojilo. Popravljanje blizanaca je kompromis između spektrografije, veličine ΔE i troškova eksperimentiranja. K crno bojilo je zadano vrijednošću $Z = 40\%$. Čisto K crno bojilo potpuno apsorbira NIR pri 1000 nm. To bojilo ima jednake numeričke veličine u postotku smjese s vrijednošću Z. Cijeli plan eksperimenta za fleksotisak, tisak na prozirnim polimernim folijama, kao i grafičko rješenje za vizualno i blisko infracrveno svjetlo, podvrgnuti su uvjetima kontrolnih nadzornih kamera (ZRGB kamere) pomoću kojih se utvrđuju dva stanja proizvoda. Iste kamere se uvode na kontrolne točke u proizvodnji.

Cilj je zamiješati ili projektirati različita bojila koja će dati jednake spektralne krivulje u vizualnom spektru, jednaki ton različitog sastava, a s jednakim spektralnim informacijama. Napravljeni su spektrogrami apsorpcije svjetla u vizualnom (V) i bliskom infracrvenom (NIR) spektru na polimernim folijama (grafovi 4.16., 4.17. i 4.18.).

Kvaliteta blizanaca se do danas određivala mjerenjem Lab vrijednosti refleksije svjetla za svakog od blizanaca s ciljem postizanja njihove jednakosti. Jednakost se ocjenjivala ΔE konvencionalnim načinom mjerenja. Danas se spektrografskim načinom promatranja blizanaca, mjernim uređajem Projektina 4500, promatra njihova apsorpcija svjetla u rasponu od 400 do 900 nm. Blizanci se izjednačavaju u vizualnom spektru (400 do 700 nm) i razdvajaju u infracrvenom spektru. To je dugotrajan iterativni postupak, s dobro smišljenim eksperimentalnim planom za tiskarske tehnologije fleksotiska te optimizacije uređivanja bojila i tiskovnih formi. Spektralnom analizom mjere se najmanje dva bojila različitih Z vrijednosti. Sama spektralna analiza dobiva novi smisao u tiskarskoj industriji zbog mogućnosti određivanja blizanaca. Dva uređena bojila jednakih V vrijednosti a različitih Z vrijednosti tvore novi skup blizanaca koji su temelj za kreiranje sivih Z tonova za ZRGB kameru. Takav skup se upotrebljava za izradu digitalne tiskovne forme ili pri fizičkom miješanju istog tona različitih sivih nijansi u infracrvenom spektru.

4.6. Definiranje skale V i Z blizanaca s obzirom na ΔE vrijednosti

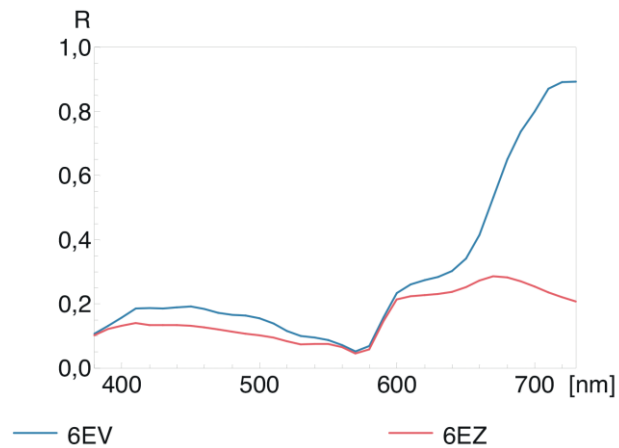
Kako bi se definirala skala željenih tonova blizanaca za fleksotisak, koristi se metoda ΔE , kao numerička metoda obilježavanja jednakosti i različitosti bojila na folijama, te različitosti dviju tako nastalih grafika. Za vizualno (V) i infracrveno (Z) područje može se primijeniti u slučaju da treba napraviti bojilo jednako nekom uzorku iz kataloga bojila. Primjer, dvije reprodukcije, prva grafika je uzorak s bojilom, a druga je otisak za visoku nakladu. Ili, prva grafika je želja dizajnera kao primjer bojila, a druga je reprodukcija. Radi se o prototipu s dva različita tiskovna medija (materijala) i dvije vrste bojila ili obojenja koja služe samo kao referentno pokazivanje želja. Možda će poslužiti i kao dokaz u sporu, arbitraži dokazivanja zadanog dizajna i originalnosti. Dvije grafike nalaze se na dva odvojena mjesta, na dva različita materijala, izvedene s dva različita seta bojila. Promatraju se u istom vizualnom svjetlosnom okruženju. Svojstva apsorpcije svjetla drugih spektralnih područja nisu važna u sustavu ΔE .

Za realizaciju infracrvene grafike za određeno dizajnersko rješenje otiskuju se dvije grafike, jedna u drugoj ili imaju zajednički rasterizirani otisak. Dvije se grafike otiskuju istodobno, s istim izvorom bojila, samo su bojila različitog sastava s obzirom na apsorpciju proširenog spektra, koji uključuje vizualno i infracrveno područje. Prvoj je grafici nametnut zahtjev da nema apsorpciju svjetla u NIR (Z) spektru. Drugoj je grafici nametnut zahtjev da ima zadanu apsorpciju bliskog infracrvenog svjetla 40 %. Sama tehnika, teorija i praksa s ΔE nema nikakve veze u respektiranju dva spektralna područja. ΔE mjerenje provodi se u prostoru vizualizacije od 400 do 700 nm. U tom istom području je i cijeli *color management* potreban za planiranje vizualne (V) grafike u koju će se ugraditi infracrvena (Z) grafika, što je zadaća IRD tehnologije.

Mjerenje ΔE je počiva na strogim pretpostavkama: svjetlost, kut upada svjetla, podložni materijal i jedan od izabраниh matematičkih modela računanja. Kriterij je jednostavan. Za svaki kut gledanja dvostruke slike na materijalu reprodukcije postavlja se pitanje:

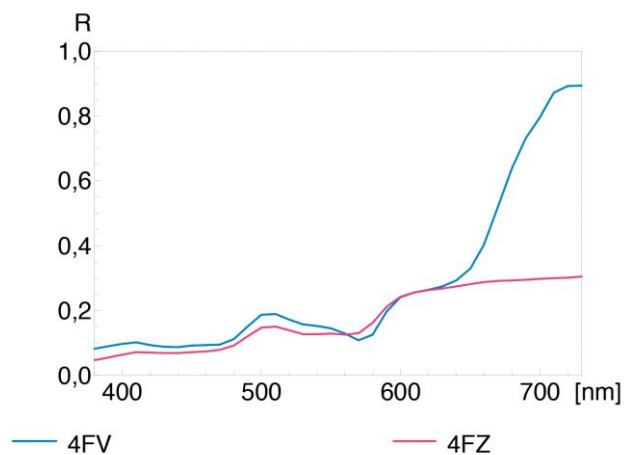
1. Odaziva li se u bliskom infracrvenom području?
2. Vidi li se skrivena grafika?
3. Može li se prepoznati?

Graf 4.16. Spektrogram blizanaca V i Z ružičastog bojila 6E.



Na grafu 4.16. prikazan je spektrogram blizanaca 6E. Radi se o ružičastom tonu. Krivulje se djelomično poklapaju u vidljivom dijelu spektra blizanaca 6EV (vizualni) i 6EZ (infracrveni). Razlika između umiješanih bojila je $\Delta E = 5.5$. To znači da blizanci nisu prihvatljivi, te da je potrebna nova iteracija. Njihove se krivulje od 600 nm počinju razdvajati različitim putanjama, čiji je rezultat crno-bijela grafika (slika) u IR spektru na oko 1000 nm (u Z2 području).

Graf 4.17. Spektrogram blizanaca V i Z smeđeg bojila 4F.



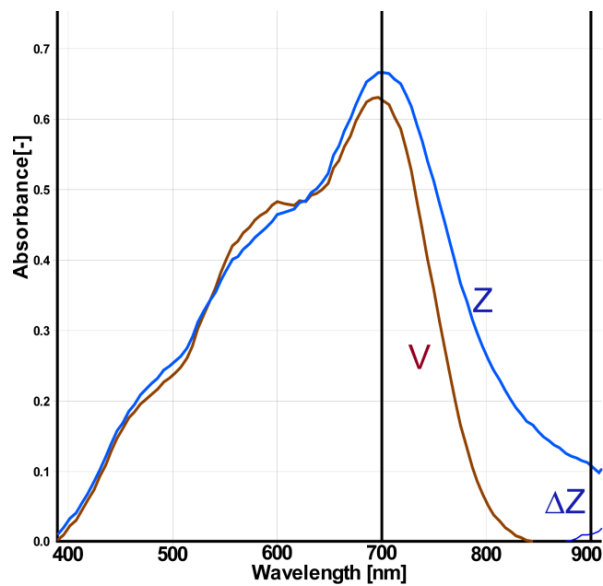
Na grafu 4.17. prikazano je bojilo 4F. Radi se o smeđem tonu s vrlo dobrim poklapanjem krivulja u vidljivom dijelu spektra. Između krivulja 4FV i 4FZ je $\Delta E = 2.3$, pa je tu razliku teško primijetiti. Njihove se krivulje također počinju razdvajati od 600 nm, što osigurava dvostruku skrivenu Z grafiku.

V bojilo 4F - C₀, M₀, Y₀ = 39 %, 44 %, 50 % K = 0 i

Z bliznac 4F - C₄₀, M₄₀, Y₄₀ = 2 %, 28 %, 24 %; K = 40 %.

Razlika 4FV i 4FZ je u vrijednostima ugljikovog crnog bojila, te u zastupljenosti cijana, magente i žute.

Graf 4.18. Spektrogram blizanaca V i Z plavog bojila 11E.



Na grafu 4.18. prikazano je bojilo 11E. Bojilo se sastoji od udjela C, M i Y: 92 %, 40 %, 28 %, i K = 0 za V blizanac i blizanca Z, koji ima vrijednost C, M i Y = 82 %, 11 %, 12 % i K = 40 %.

Vrijednost ΔE je manja od jedan, što je numerička potvrda velike sličnosti u vizualnom spektru. Razlika apsorpcije svjetla u Z području je dovoljna da je ZRGB kamera jasno razlikuje. Mjerenja su napravljena forenzičkim skenerom Projektina 4500.

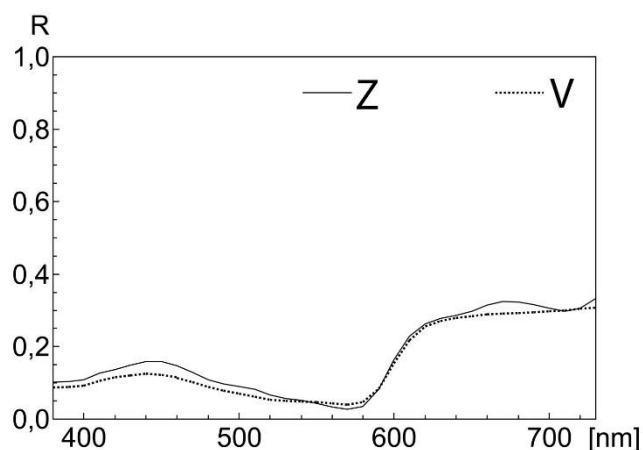
Ljudsko oko nema sposobnost vida iznad 700 nm. Oba bojila blizanaca imaju oštar pad apsorpcije iznad 700 nm. Bojilo 11EZ spušta se sporije. Krivulja spektra se zadržava na dovoljnoj visini apsorpcije koju bilježi ZRGB kamera. Taj blizanac omogućuje tamnu sliku za ZRGB kameru podešenu na vrijednost od 0.10 do 0.13 apsorpcije infracrvenog spektra. Spektrogram 11EV bojila spušta se strmije i zadržava minimum koji ZRGB kamera ne registrira.

Tablica 4.19. Blizanac 8E bojila pripremljenog za fleksotisak na polimernim folijama.

Oznaka mjerenja 8E	R, G, B (crvena, zelena, plava) raspon: od 0 do 255	Razlika bojila: $\Delta E=3.2$	C, M, Y, K, % (cijan, <i>magenta</i> , žuta, crna)
V - vizualni, od 400 do 700 nm	135, 58, 106		40, 76, 21, 0
Z - IR 1000 nm	133, 59, 96		0, 61, 0, 40

Refleksija svjetla u rasponu od 400 do 700 nm za blizance 8E prikazana je na grafu 4.20.

Graf 4.20. Spektrogram blizanaca V i Z tamnocrvenog bojila 8E.

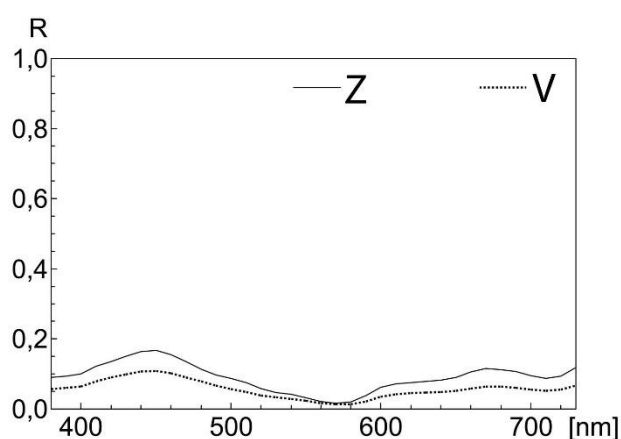


Na grafu 4.20. prikazano je bojilo 8E. Stanovito odstupanje 8EV i 8EZ bojila postoji u komponentama žute i cijana. Razlika jednakosti iznosi: $\Delta E = 3.2$. Z bojilo se sastoji samo od *magenta* i ugljikove crne. *Magenta* i žuta imaju vrijednost nula u položaju Z2 na 1000 nm. Žuto bojilo je imalo nisku vrijednost u V stanju, što odstupa od teorije konvencionalne GCR separacije.

Tablica 4.21. Blizanac 1B bojila pripremljenog za fleksotisak na polimernim folijama.

Oznaka mjerenja 1B	R, G, B (crvena, zelena, plava) raspon: od 0 do 255	Razlika bojila: $\Delta E=3.2$	C, M, Y, K, % (cijan, <i>magenta</i> , žuta, crna)
V - vizualni, od 400 do 700nm	38, 42, 90		88, 81, 15, 0
Z – IR 1000 nm	25, 36, 73		80, 70, 0, 40

Graf 4.22. Spektrogram blizanaca V i Z tamnoplavog bojila 1B.

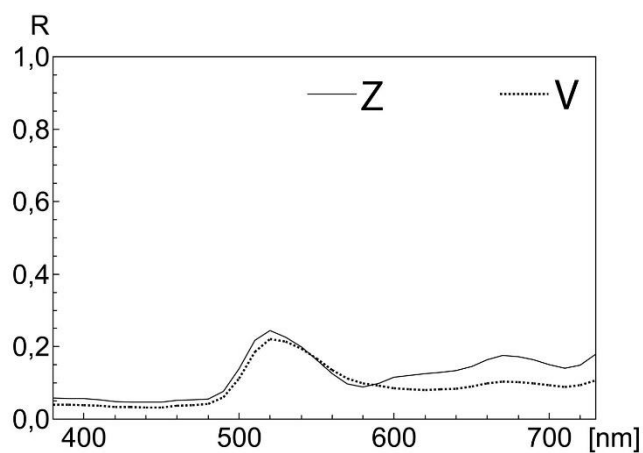


Na grafu 4.22. prikazano je tamnoplavo bojilo 1B, koje prelazi u ljubičasto s velikom zastupljenošću *magenta* i cijana. Apsorpcija je vrlo jaka, pa refleksija ne prelazi 20 % u cijelom spektru od 400 do 700 nm. Takvi su blizanci vrlo pogodni za CMYKIR separaciju budući da neće tražiti visoku ΔE preciznost poistovjećivanja u V spektru. Ljudsko oko neće primijetiti razlike blizanaca, premda su one očite u spektrogramu.

Tablica 4.23. Blizanac 2D bojila pripremljenog za fleksotisak na polimernim folijama.

Oznaka mjerenja 2D	R, G, B (crvena, zelena, plava) raspon: od 0 do 255	Razlika bojila: $\Delta E=3.2$	C, M, Y, K, % (cijan, <i>magenta</i> , žuta, crna)
V – vizualni, od 400 do 700nm	82, 116, 61		88, 34, 82, 0
Z – IR 1000 nm	64, 115, 49		73, 0, 80, 40

Graf 4.24. Spektrogram blizanaca V i Z tamnozelenog bojila 2D.

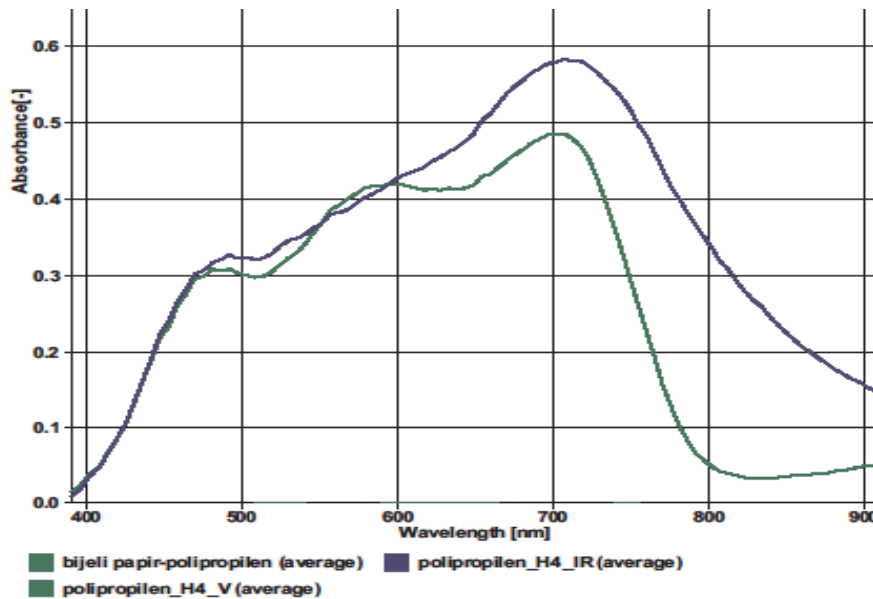


Refleksija vizualnog svjetla (od 400 do 700 nm) prikazana je na grafu 4.24. Zeleno bojilo s visokim udjelom cijana i žute ima komponentu *magenta* od 34 % samo zato da se postigne Z blizanac od 40 % vrijednosti. Sva tri bojila imaju jednaku 2DZ vrijednost, što je idealno za projektiranje skrivenog teksta u jednom tonu.

Tablica 4.25. Lab vrijednosti i ΔE plavog V i Z bojila H4.

H4V (Lab)	72	1	-19	1,007168804
H4Z (Lab)	71	0,571	-19	

Graf 4.26. Spektrogram blizanaca V i Z plavog bojila H4.



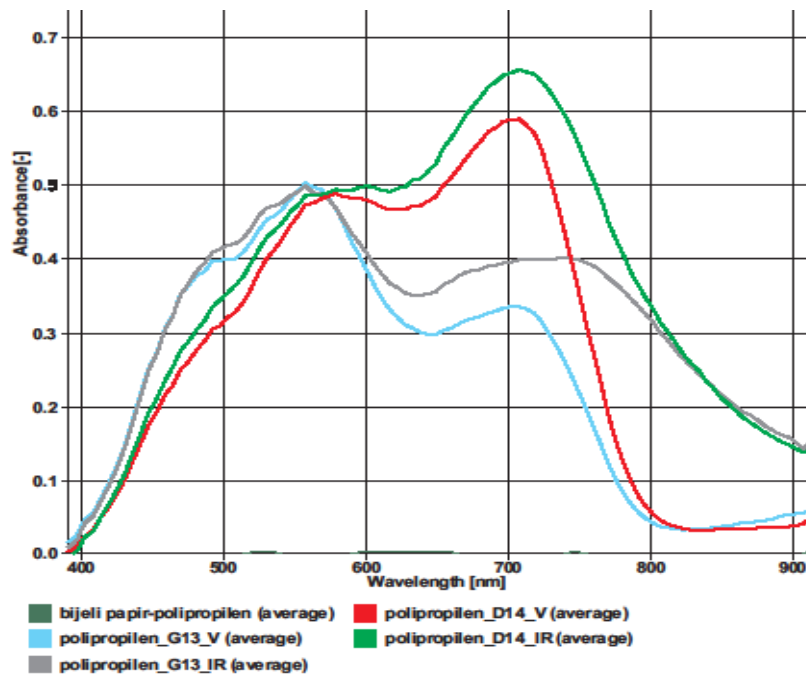
Cilj je izračunavanje V i Z blizanaca u vizualnom (V) spektru. Na grafu 4.26. prikazane su H4V i H4Z krivulje za plavo bojilo i one se od 400 do 500 nm u potpunosti preklapaju. Tako će ljudsko oko ta dva otisnuta fleksotiskarska bojila doživjeti kao potpuno isti ton. Neće ih se moći razlikovati ni ZRGB kamerom. Postignuta vrijednost $\Delta E = 1,007168804$ omogućava proširenje teorije o sličnosti H4V i H4Z bojila u vizualnom spektru u *color managementu* na bliski infracrveni spektar, koji bi tada imao dvije veličine ΔE i ΔZ . Cilj je proširiti mogućnosti sigurnosne grafike, dvostrukih slika i skrivenih informacija.

Razdvajanje krivulja istog tona omogućit će ZRGB kameri razlikovanje bojila u bliskom infracrvenom spektru, označeno kao ΔZ . Veličina ΔZ je razlika apsorpcije svjetla V i Z bojila u infracrvenom spektru. Ta razlika ΔZ je dovoljna da bi ZRGB kamera razlikovala grafike napravljene s H4V i H4Z bojilima. Područje Z1 od 700 do 850 nm je prijelazno područje gdje dolazi do intenzivnog razdvajanja spektralnih vrijednosti H4V i H4Z krivulja. H4V i H4Z bojilo imaju vlastiti kontinuirani put u napredovanju prema stabilnom stanju apsorpcije infracrvenog svjetla iznad 850 nm. U Z2 području od 850 do 1000 nm dolazi do njihove potpune stabilizacije.

Tablica 4.27. Lab vrijednosti i ΔE ružičastog i ljubičastog V i Z bojila G13 i D14.

G13V (Lab)	68	18	-20	2,389189402
G13Z (Lab)	67	17	-22	
D14V (Lab)	68	7	-30	1,475992547
D14Z (Lab)	66	8	-30	

Graf 4.28. Spektrogram blizanaca V i Z ružičastog i ljubičastog V i Z bojila G13 i D14.

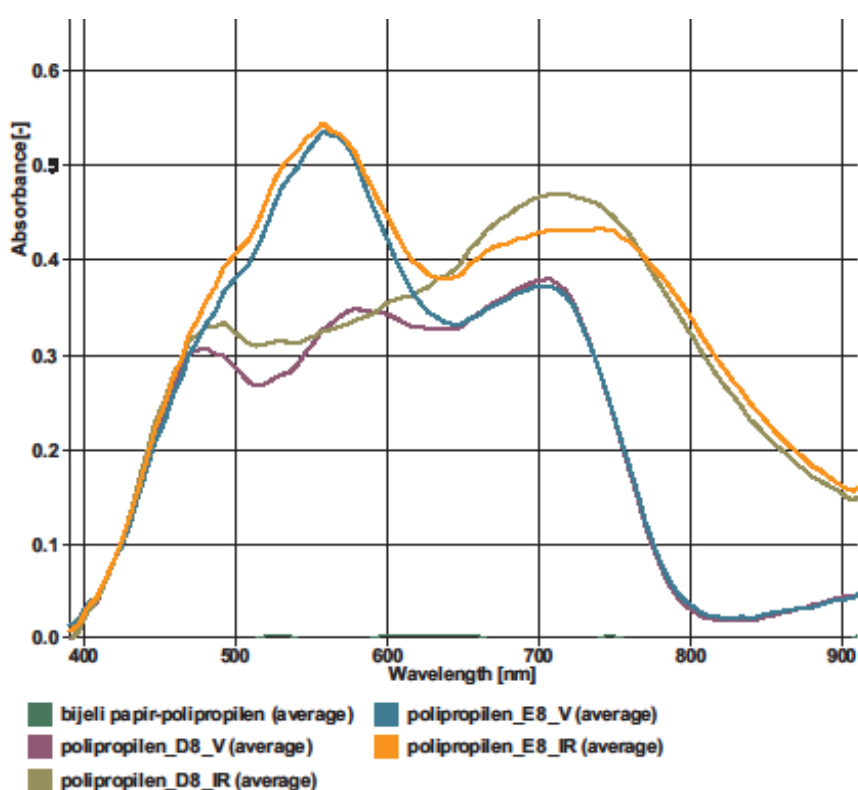


Graf 4.28. prikazuje dva različita bojila – G13 ružičasto bojilo i D14 ljubičasto bojilo – s njihovim parovima blizanaca. Oba imaju jednake vrijednosti ugljikove crne od 40 % pokrivenosti za Z i 0 % za V bojila. Od 400 do 500 nm sve četiri krivulje se preklapaju. Na 580 nm sve četiri krivulje imaju dodirnu točku, a nakon 580 nm počinju se razilaziti svaka u svoj vizualni ton. U Z1 području dolazi do razilaženja parova blizanaca, odnosno dolazi do miješanja informacija dvaju različitih tonova iz vizualnog dijela spektra. U Z2 području G13V i D14V krivulje oba se bojila podudaraju u svojim apsorpcijskim vrijednostima. G13Z i D14Z također se u potpunosti preklapaju. Ljubičasto i ružičasto bojilo imaju iste vrijednosti u Z2 infracrvenom spektru. Njihov ΔZ je dovoljan za stvaranje nevidljive grafike koja je vidljiva samo pomoću ZRGB kamere. Na taj je način moguće stvoriti mnoštvo kombinacija različitih V i Z bojila u V spektru a da pritom u Z2 području imamo dva tona (s odazivom i bez odaziva).

Tablica 4.29. Lab vrijednosti i ΔE svjetloplavog i tamnocrvenog V i Z bojila D8 i E8.

D8V (Lab)	75	2	-12	1,436540288
D8Z (Lab)	74	2	-13	
E8V (Lab)	66	19	-27	1,663342118
E8Z (Lab)	65	19	-28	

Graf 4.30. Spektrogram blizanaca V i Z plavog i crvenog bojila D8 i E8.

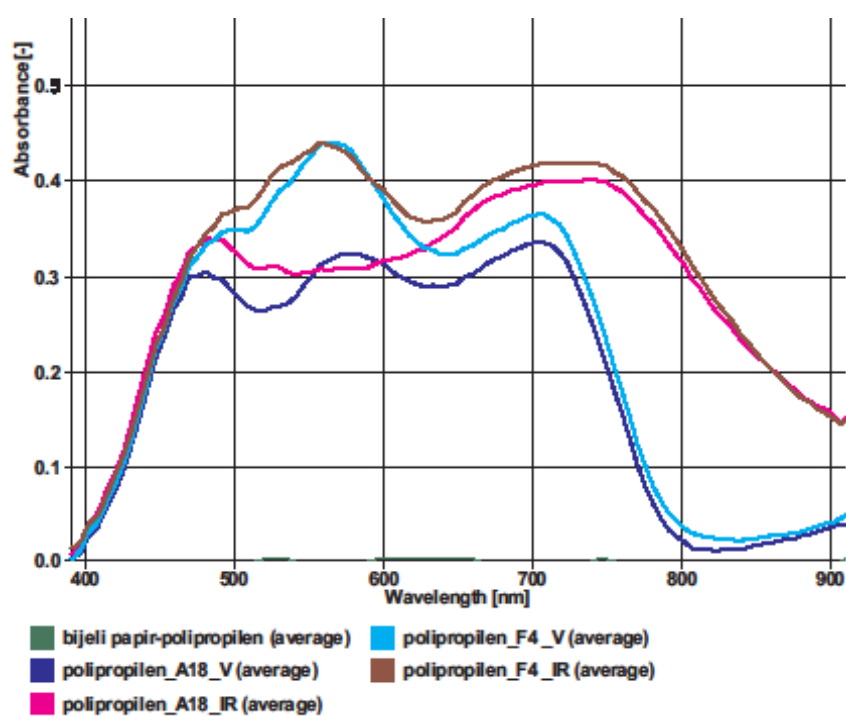


Na grafu 4.30. prikazana su bojila D8 i E8, svako sa svojim parom, koji imaju podudarajuće krivulje do 600 nm. Nakon toga se počinju razdvajati. Z bojila od D8 i E8 na 650 nm se u potpunosti preklapaju kroz Z1 i Z2 područje, V bojila D8 i E8 se susreću na 750 nm i nadalje kroz cijelo Z područje. ΔZ vidljiv ZRGB kamerom dovoljan je za izradu nevidljive grafike.

Tablica 4.31. Lab vrijednosti i ΔE plavog i ružičastog V i Z bojila A18 i F4.

A18V (Lab)	77	3	-11	1,800890335
A18Z (Lab)	75	3	-10	
F4V (Lab)	70	12	-20	0,909237593
F4Z (Lab)	69	12	-20	

Graf 4.32. Spektrogram blizanaca V i Z plavog i ružičastog bojila A18 i F4.

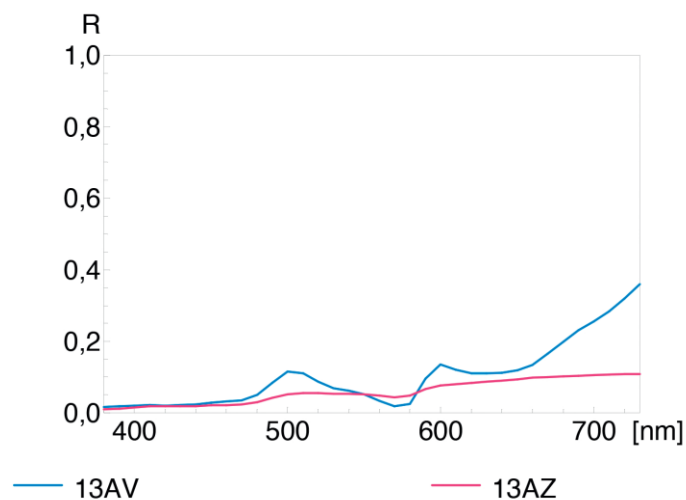


Na grafu 4.32. nalazi se vrlo šarolik prikaz bojila A18 i F4, gdje se u V području krivulje uopće ne poklapaju na mjestima gdje ΔE ima visoke vrijednosti. Bez obzira na njihovu razliku u V području nakon 750 nm, u Z1 dolazi do razdvajanja V i Z bojila (A18 i F4). U Z2 području V bojila postižu veću apsorpciju od Z (A18 i F4). Njihovu razliku predstavlja ΔZ .

Od mnoštva iteracija prikazanih na slici 4.7. odabrana su bojila s najmanjom ΔE vrijednošću (tablica 4.8.). Te su iteracije bile potrebne kako bi se postigao ujednačeni ton u vidljivom dijelu spektra. Ljudsko oko ne smije razaznati razliku između ta dva bojila, jer će doživjeti skrivenu Z grafiku kao grešku na otisku. U Z1 području se V i Z krivulje počinju razdvajati. U Z2 području su u potpunosti razdvojene.

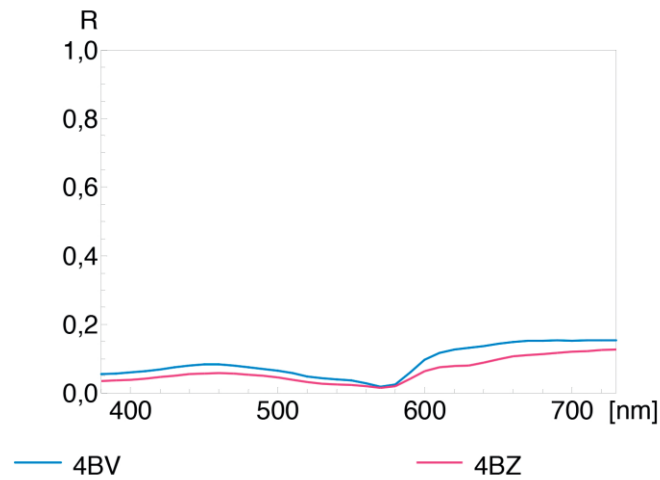
Na grafu 4.33. prikazana je 13AZ krivulja (označena crvenom bojom), koja ima veću apsorpciju od 13AV krivulje (označena plavom bojom). One se nalaze pri dnu grafa zbog male refleksije. Njihova razlika ΔZ omogućava da se stvori nevidljiva slika. Što je razlika veća, to je i 13AZ slika jasnija, odnosno ima bolji kontrast.

Graf 4.33. Spektrogram blizanaca V i Z bojila 13A.



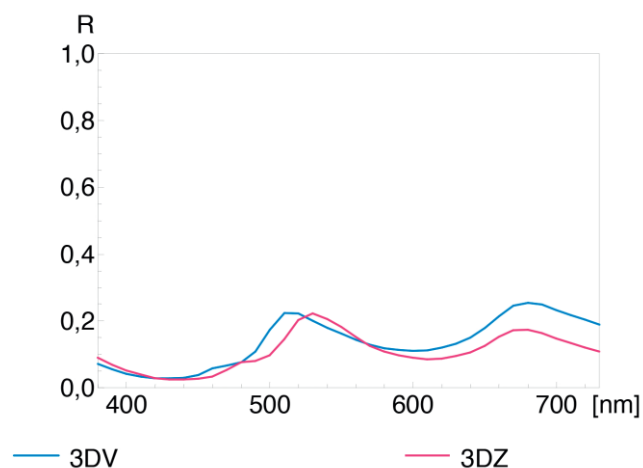
Na grafu 4.33. prikazano je smeđe bojilo 13A s visokim udjelom cijana, magente i žute vrlo viske apsorpcije. Za bojilo 13AZ krivulja ostaje ista i nakon 700 nm, dok za bojilo 13AV apsorpcija pada, a raste refleksija. Time je stvoren ΔZ između 13AV i 13AZ bojila za kreiranje nevidljive crno-bijele grafike za bliski infracrveni spektar Z2 na 1000 nm.

Graf 4.34. Spektrogram blizanaca V i Z bojila 4B.



Na grafu 4.34. prikazano je crveno-smeđe bojilo 4B s najmanjim udjelom žute i podjednakim udjelom cijana i magente. Na 4BV i 4BZ slici razlika je u udjelu cijana, magente i žute. Kod Z grafike vrijednost je manja, pa su te dvije krivulje različito pozicionirane (ne preklapaju se) tj. imaju različitu refleksiju.

Graf 4.35. Spektrogram blizanaca V i Z bojila 3D.

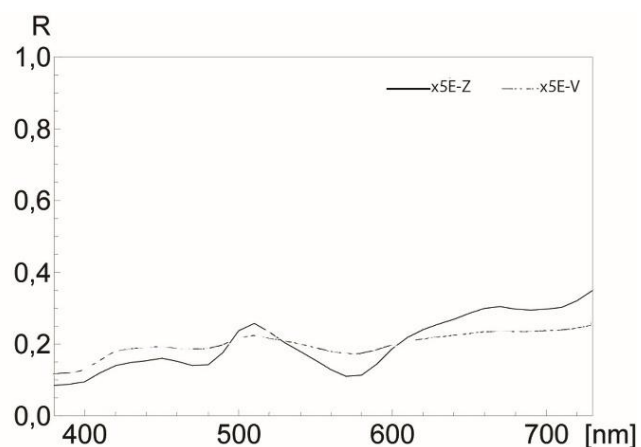


Na grafu 4.35. prikazano je zeleno bojilo 3D kod kojeg postoje razlike u tonu 3DV i 3DZ bojila. Razlika je u sadržaju žute komponente. Magenta nije prisutna u V i Z bojilu. Vrijednost crne u 3DV bojilu je 0 %, a u 3DZ bojilu 40 %.

Tablica 4.36. CIE Lab i ΔE od bojila 5E.

5E	CIE Lab	$\Delta E = 3.82$	C, M, Y, K %
V	49.30; 0.27; 5.50		62, 52, 52, 0
Z	50.67; -0.63; 1.67		35, 23, 38, 40

Graf 4.37. Spektrogram blizanaca V i Z bojila 5E.



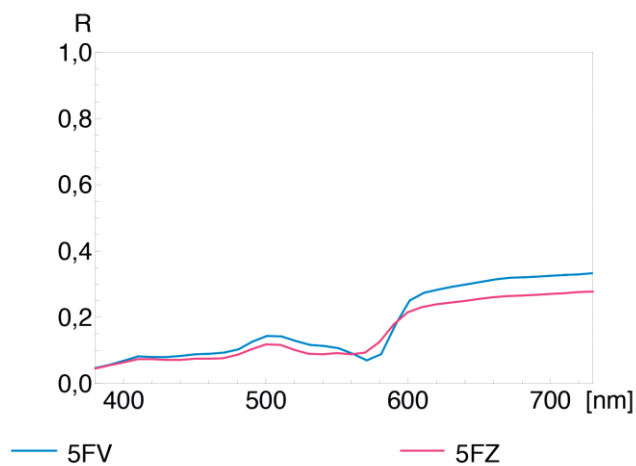
Na grafu 4.37. prikazane su spektralne refleksije 5EV i 5EZ blizanca koji su otisnuti fleksotiskom na polimernim folijama. Odstupanje jedne refleksije od druge vidljivo je na cijelom području od 400 do 700 nm. Zato će se u sljedećoj fazi korekcije (iteracije) ciljano smanjivati ΔE .

Tablica 4.38. CIE Lab i ΔE bojila 5F.

5F	CIE Lab	$\Delta E = 2.27$	C, M, Y, K %
V	43.12; 18.24; 13.80		39, 52, 44, 0
Z	44.32; 17.74; 10.83		0, 35, 30, 40

U tablici 4.38. prikazani su blizanci bojila smeđih tonova 5F. $\Delta E = 2.27$ osigurava potpunu istovjetnost blizanaca 5FV u usporedbi s 5FZ, koji sadrži 40 % odaziva u bliskom infracrvenom dijelu spektra Z = 40 %.

Graf 4.39. Spektrogram blizanaca V i Z bojila 5F.



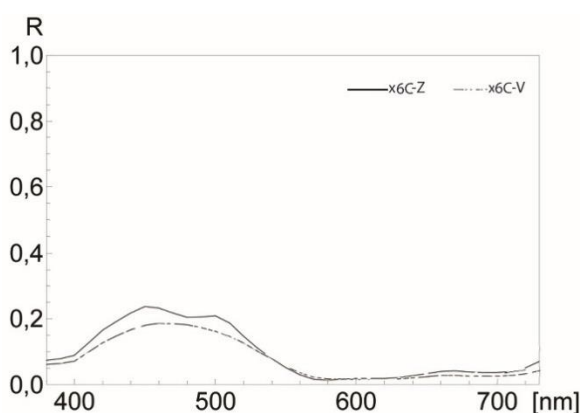
Spektrogram 4.39. prikazuje mjerenje s otiska blizanaca 5FV i 5FZ na polimernim folijama tiskanim s tekućim bojilima za fleksotisak. Refleksija krivulja nakon 600 nm raste, te je njihovo razdvajanje nakon 700 nm minimalno.

Tablica 4.40. CIE Lab i ΔE bojila 6C.

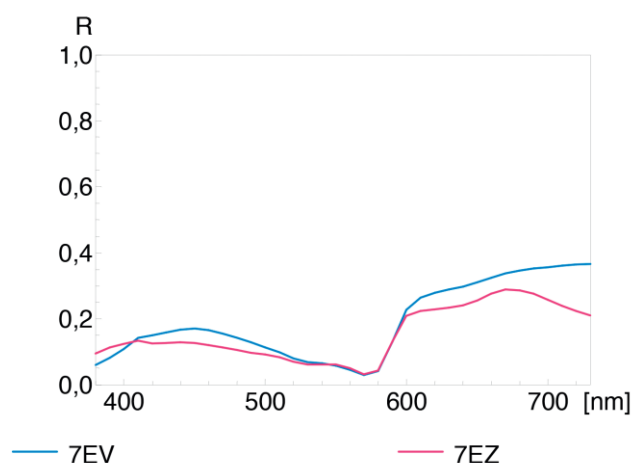
6C	CIE Lab	$\Delta E=2.34$	C, M, Y, K %
V	30,50; 12.94; -30.19		90,78 ,32,0
Z	32.36; -9.65; -35.93		73, 58,0,40

$\Delta E = 2.34$ (tablica 4.40.) predstavlja dobru mogućnost za skrivanje informacija u bliskom infracrvenom spektru za iznos $Z = 40\%$. Tonovi blizanca 6CZ i 6CV bliski su tijekom gotovo cijelog intervala između 400 i 700 nm (graf 4.41.). Mala je razlika u intervalu između 450 i 550 nm.

Graf 4.41. Spektrogram blizanca V i Z bojila 6C.

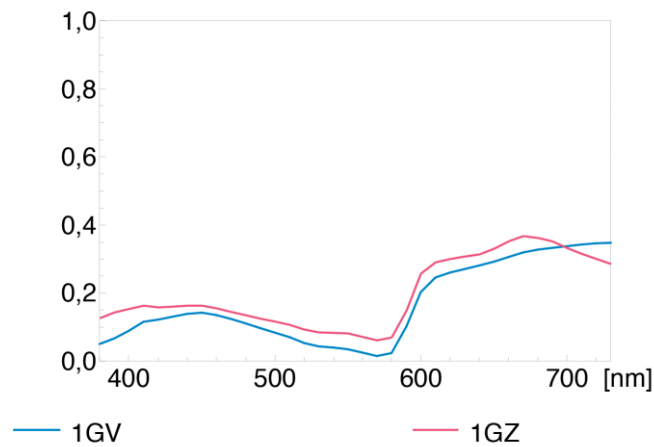


Graf 4.42. Spektrogram blizanca V i Z bojila 7E.



Na grafu 4.42. prikazano je bojilo 7E. Radi se o ljubičastom bojilu. Odstupanja 7EV i 7EZ bojila postoje u komponentama C i Y. Z bojilo sastoji se samo od *magente* i ugljikove crne. Refleksija 7EV i 7EZ bojila za vizualni dio spektra od 600 do 700 nm je oko 30 %, što omogućuje lakše skrivanje slike u bliskom infracrvenom dijelu spektra na 1000 nm u Z2 području.

Graf 4.43. Spektrogram blizanaca V i Z bojila 1G.



Na grafu 4.43. prikazano je bojilo 1G. Radi se o ljubičastom bojilu s visokim vrijednostima u crvenom (R) i plavom (B) dijelu spektra, koji su numerički vrlo slični u 1GV i 1GZ bojilu. Cijana nema, a *magenta* je najzastupljenija, potom slijede žuta i crna. Bez obzira na to što postoje odstupanja, tamne nijanse su pogodne za izradu Z grafike.

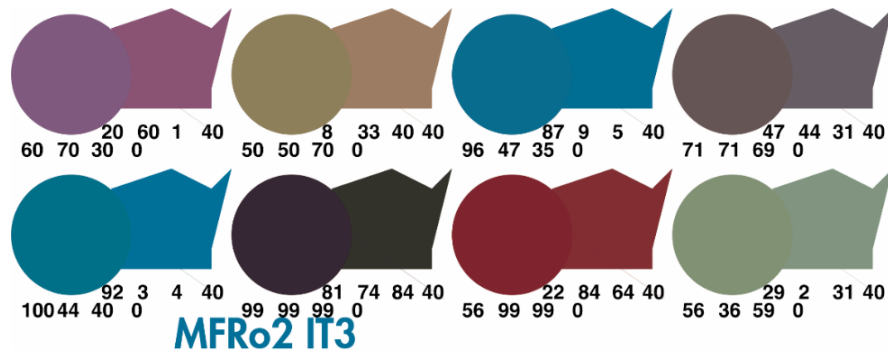
Sve navedene krivulje, bez obzira na to o kojem se tonu bojila radilo, u vizualnom dijelu spektra se preklapaju (ovisno o njihovoj ΔE vrijednosti), dok se nakon 750 nm počinju razdvajati. Njihovo razdvajanje je vrlo važno, jer ako nema razdvajanja iznad 750 nm, nema ni Z grafike. Što je razdvajanje veće, to je Z grafika jasnija. Krivulja označena crvenom bojom prikazuje odaziv 1GZ bojila s 40 % crne, a krivulja označena plavom bojom prikazuje bojilo bez crne koje nema odaziva u bliskom infracrvenom dijelu spektra (NIR).

Treba težiti tome da bojila na grafičkom rješenju budu tamnijeg tona ili šarena, kako bismo u Z spektru izradili skrivenu grafiku s udjelom crne od 40 %. Za stvaranje blizanaca za fleksotisak provest će se mnogo iteracija dok se ne pronađu idealni parovi – blizanci.

Posebnim tehnologijama miješanja fleksotiskarskih bojila može se dobiti uspješna grafika na potpuno prozirnoj savitljivoj ambalaži a da se pritom ne ugrozi prozirnost. To je velik izazov i novost u IRD tehnologiji. Jedino ograničenje su svijetli tonovi, u kojima nije moguće idealno primijeniti IRD tehnologiju. Moguće je samo aplikacijom linearne grafike ili rastera u kojima ima i svijetlih i tamnih tonova.

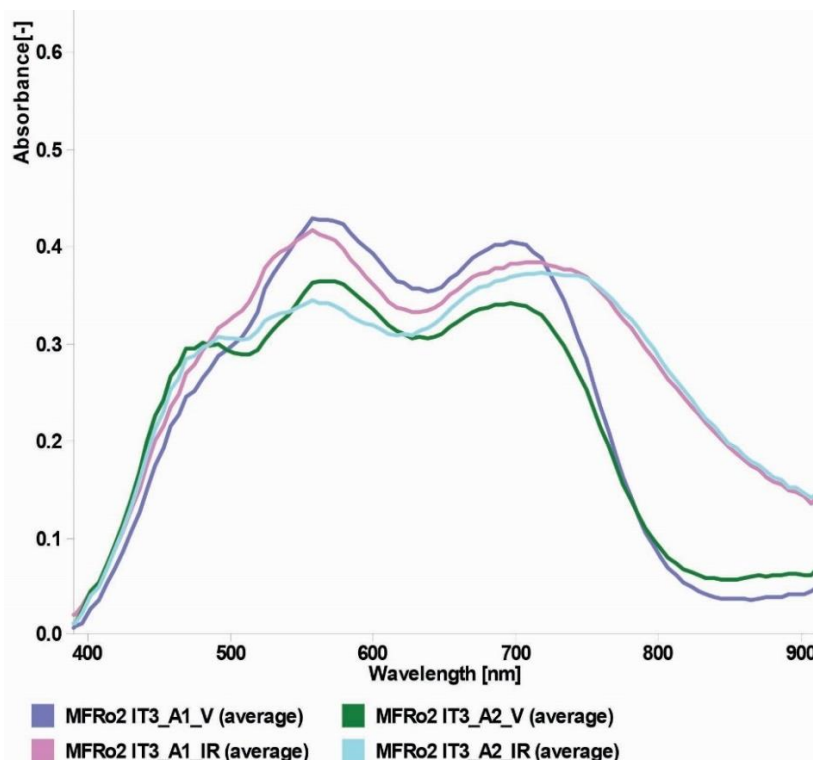
4.7. Završna skala V i Z blizanaca dobivena nakon višestrukih iteracija

Slika 4.44. Odabrani blizanci bojila.



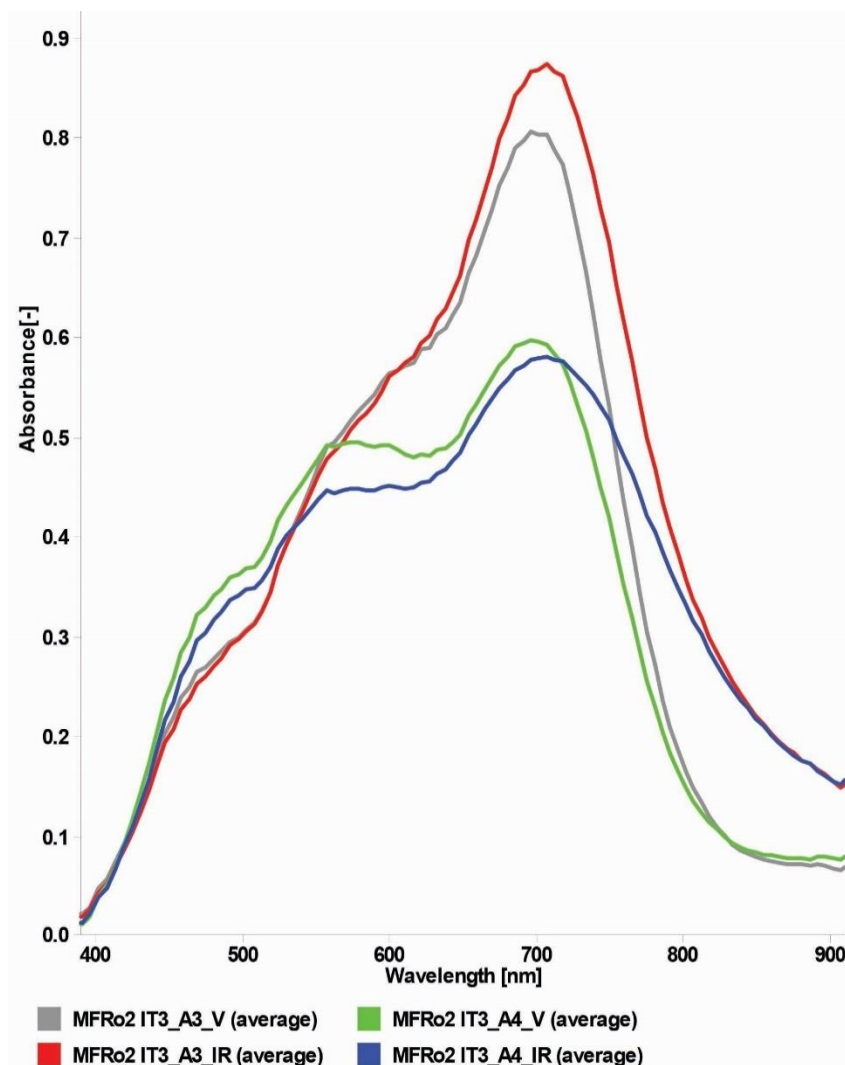
Na slici 4.44. prikazani su odabrani blizanci koji imaju najmanji ΔE u vizualnom V spektru. Blizanci će poslužiti za projektiranje skrivene grafike u V spektru, dok će u Z spektru imati različite putanje.

Graf 4.45. Prikaz blizanaca A1 V i A1 Z, te A2 V i A2 Z.



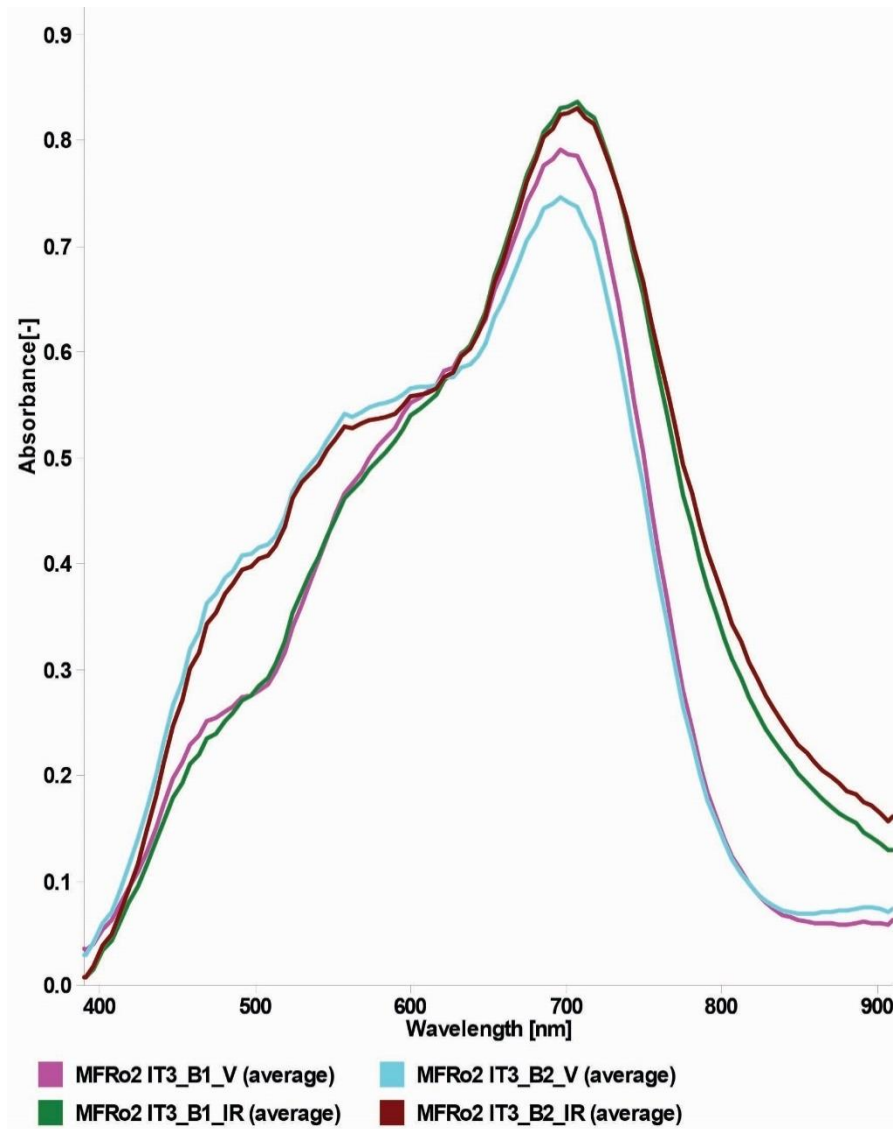
Na grafu 4.45. prikazana su oba blizanca, koji imaju visoku apsorpciju u cijelom dijelu V spektra. Njihove vrijednosti se isprepliću, međusobno i između njihovih V i Z parova. U Z spektru dolazi do smanjenja njihove apsorpcije. Tako Z grafovi zadržavaju odaziv u bliskom infracrvenom spektru (NIR), dok V grafovi u potpunosti nisu vidljivi pomoću ZRGB kamere.

Graf 4.46. Prikaz blizanaca A3 V i A3 Z, te A4 V i A4 Z.



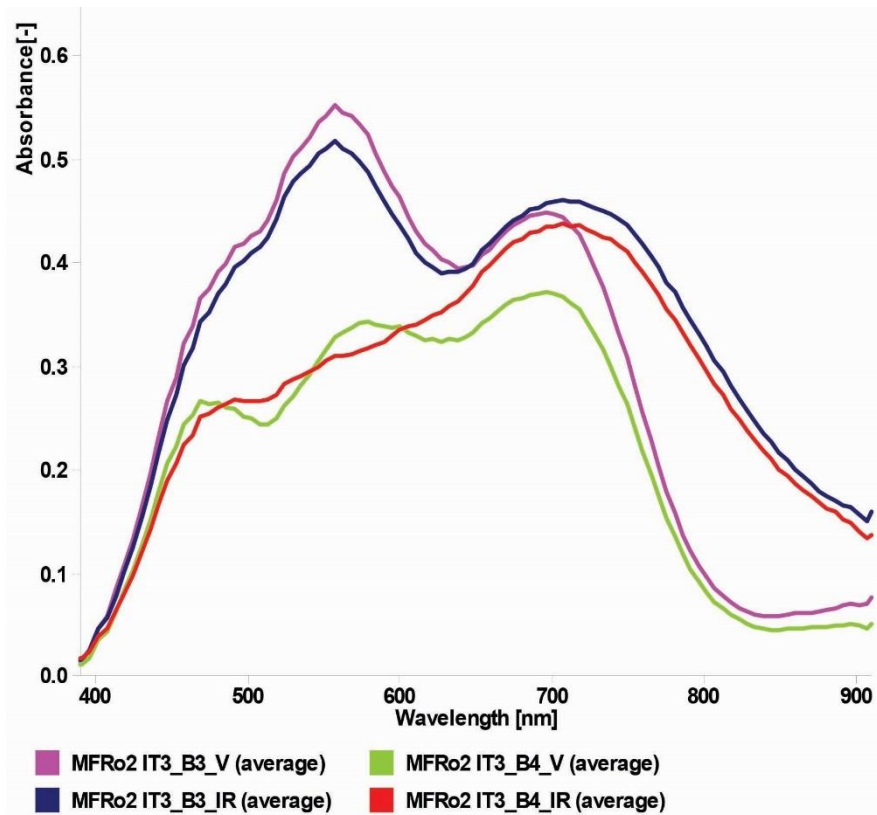
Na grafu 4.46. prikazana je apsorpcija A3 bojila blizanca, koja doseže 90 % u valnim duljinama od 650 do 700 nm, dok A4 blizanac na istoj valnoj duljini ima nešto nižu apsorpciju, maksimalno 60 %. Njihovi Z grafovi počinju se razdvajati nakon 750 nm. Do 850 nm u Z1 području dolazi do nagle apsorpcije, a nakon 850 nm u Z2 području stvaraju se nevidljivi blizanci, jer je ΔZ dovoljan za stvaranje Z grafike.

Graf 4.47. Prikaz blizanaca B1 V i B1 Z, te B2 V i B2 Z.



Na grafu 4.47. prikazana su oba bojila koja imaju vrlo sličnu apsorpciju u V području. Zato se sva četiri grafa donekle poklapaju od 400 do 750 nm. U Z području dolazi do njihovog razdvajanja i stvaranja prihvatljivog ΔZ kako bi se mogla projektirati Z grafika bojilima B1Z i B2Z.

Graf 4.48. Prikaz blizanaca B3 V i B3 Z, te B4 V i B4 Z.



Na grafu 4.48. prikazani su blizanci bojila B3 i B4 različitih apsorpcijskih vrijednosti. Nakon 750 nm dolazi do preklapanja zajedničkih Z grafova i zajedničkih V grafova. Bez obzira na to što se radi o različitim bojilima u V području, u Z području su istog sivog (crnog) i bijelog tona.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

5.1. Dodatna dvostruka informacija na savitljivoj polimernoj ambalaži

Kako bi se pridonijelo funkcionalnosti savitljive ambalaže, projektira se infracrvena grafika za zaštitu proizvođača proizvoda i potrošača. Za potrebe ove disertacije razvijaju se nova rješenja u planiranju, projektiranju i realizaciji dizajnerskih rješenja u fleksotisku. Projektira se idejno rješenje, individualizirana zaštitna poruka ili bar-kod, koji su vidljivi ZRGB kamerom u bliskom infracrvenom spektru kao crno-bijela slika.

Namjena dvostruke i skrivene infracrvene grafike je proširenje informacije ili dopuna informacije vezane za proizvod na polici. Te informacije mogu biti o podrijetlu sirovine, sljedivost, tip proizvodnog procesa, vrijeme i mjesto proizvodnje, nagradna igra ili proširenje dizajnerskog grafičkog rješenja iz vizualnog u infracrveni spektar.

5.2. Zaštitna sigurnosna grafika – proširenje zaštitne funkcije ambalaže

U namjeri da se zaštite prehrambeni proizvodi [32] i dokaže njihova autentičnost, istraživanja sa zaštitnom grafikom koju pruža IRD tehnologija proširila su se na tehnologiju fleksotiska.

U razvoju grafičke tehnologije zaštita se razmatrala kao tehnološki postupak. Upotrebljavale su se posebno izrađene polimerne folije ili bojila različitog kemijskog sastava i tehničkih karakteristika od uobičajenog repromaterijala, što je iznimno poskupljivalo konačni proizvod tj. savitljivu polimernu ambalažu. Pomoću IRD tehnologije moguće je ugraditi skrivene poruke i kodove vidljive u bliskom infracrvenom spektru, bez dodavanja novih bojila i procesa u izradi. Na taj se način dobiva skrivena zaštitna grafika koja se može bez dodatnog ulaganja otisnuti na prozirnu savitljivu ambalažu. Takav postupak ne utječe na vizualno grafičko rješenje. Radi se o vrhunskoj zaštiti koju nije moguće krivotvoriti skeniranjem i fotokopiranjem, budući da prolaskom kroz RGB sustav gubi infracrvenu informaciju.

Na slici 5.1. prikazana je prozirna ambalaža koja se nalazi u trgovinama. Na ambalaži se nalazi cijena, naziv proizvoda i rok trajanja, koji su obvezni za prepoznavanje proizvoda. Ostale individualizirane informacije o proizvodu bilo bi moguće ugraditi primjenom IRD tehnologije

i time proširiti svojstva zaštite upakiranog proizvoda. Mogućnosti infracrvenog dizajna omogućuju dvostruku informaciju, vidljivu i nevidljivu ljudskom oku.

Slika 5.1. Gornja barijerna prozirna folija na pakiranju svježeg mesa.



5.3. Z vrijednost

Z vrijednost (mjerna jedinica) u IRD tehnologiji koja predstavlja veličinu s udjelom 40 % pokrivenosti crne s odazivom u bliskom infracrvenom spektru na 1000 nm. Manja vrijednost Z daje širi raspon tonova bojila, ali krajnji rezultat je manje prepoznatljiv u infracrvenom spektru. Veća Z vrijednost daje zagasite slike s oslabljenom saturacijom. Vrijednost Z od 40 % pokrivenosti je kompromis određen na temelju istraživanja, mjerenjem bojila s otisaka u vizualnom i bliskom infracrvenom spektru. Radi standardizacije mreže dvoobraznih bojila za fleksotisak, uvodi se Z vrijednost na polimernim prozirnim folijama.

Vrijednostima Z parametra od vrijednosti 0 % do maksimuma 40 % pokrivenosti, te kombinacijom rasterskih elemenata prikazuje se grafika vidljiva samo u bliskom infracrvenom spektru, a druga u vidljivom spektru. Na taj su način dobivene nove postavke istog tona boje, ali s različitim Z veličinama za fleksotisak na savitljivoj prozirnoj polimernoj ambalaži.

U fleksografskoj tehnologiji postavljeni su visoki standardi reprodukcije s obzirom na poistovjećenje u vizualnom spektru, jer i najmanje neslaganje u tonovima dva para bojila ruši ciljani efekt dvostruke slike. Parovi V i Z, tzv. blizanci, s dvostrukim odazivom u fleksotisku do sada nisu sustavno izučavani.

5.4. Dvoobraznost bojila (blizanci)

Tehnologija fleksotiska koristi se specifičnim tekućim bojilima i polimernim prozirnim folijama koje su velik izazov i novost u primjeni IRD tehnologije. Za svako procesno bojilo ili spot bojilo u kontaktu s određenom folijom IRD tehnologija se podvrgava detaljnim istraživanjima. Izvedeni su složeni matematički modeli kako bi se napravilo bojilo s infracrvenim odazivom.

Kao osnova izrade IRD sigurnosne grafike ili dvostruke informacije, primjenjuje se IRD teorija CMYKIR separacije. Dvoobraznost je dvostruko IRD stanje pojedinih tonova za fleksotiskarska bojila koja nisu istog sastava i svojstava kao bojila iz drugih tehnika tiska.

Temelj IRD tehnologije kod procesnih fleksotiskarskih bojila je da jednaki omjeri cijana, *magente* i žute daju sivi ton. Taj se isti sivi ton može dobiti pomoću procesnog karbon crnog bojila. Razlika je u tome što CMY ima vrlo slab odaziv u bliskom infracrvenom spektru, dok crna ima veću apsorpciju.

Kombinacijom rasterskih elemenata procesnih fleksotiskarskih bojila u CMYKIR separaciji izrađuje se sigurnosna ili dvostruka IRD grafika.

Proizvođači fleksotiskarskih bojila zasada nemaju razvijenu bazu receptura za mrežu dvoobraznih bojila (sa ili bez odaziva u bliskom IR spektru). U ovoj je disertaciji programskim računalnim rješenjima definirana mreža dvoobraznih bojila za fleksotisak. Tako je stvoren novi informacijski prostor ciljanih dvoobraznih tonova. Na taj su način postavljene procedure izrade infracrvenog dizajna za fleksotisak i njihova primjena.

Kod spot fleksotiskarskih bojila ispitivanja i istraživanja se temelje na bojilima sa ili bez odaziva u bliskom IR spektru. Kolorimetrijskim mjerenjima utvrđuju se parovi (blizanci) koji su jednake nijanse u vidljivom dijelu spektra (ΔE manji od 3), dok su u bliskom IR spektru različitog odaziva.

Kako bi spot bojila istog tona u vidljivom spektru postala dvoobrazna u bliskom IR spektru, treba odrediti nove postavke, formulacije ili recepture za fleksotisak.

Mreža dvoobraznih bojila za fleksotisak razvijena je pomoću kolornih mjernih klinova za procesna bojila i za izradu novih formulacija spot bojila za fleksotisak.

Kontrolni mjerni klinovi izrađivani su u paru, te nazvani kao V (vizualni) i Z (infracrveni na 1000 nm). Klinovi za vizualni spektar (V) su procesna bojila u određenom omjeru bez crne, a

za infracrveni spektar (Z) su procesna bojila u određenom omjeru s crnom pokrivenošću od 40 %. Z grafika s 40 % udjela crne i V grafika s 0 % crne predstavljaju idealan omjer apsorpcijskih svojstava između V i Z grafike, kontrast crno-bijele grafike optimalan je s obzirom na raspon IRD bojila i tonova. Tako je dobiven isti ton u vizualnom spektru, ali u potpunosti različit u bliskom infracrvenom spektru. To je dokazano spektroskopijskim mjerenjima otisnutih fleksotiskarskih bojila.

Spot fleksotiskarska bojila su miješana iz cijelog osnovnog skupa procesnih i spot komponenti koje nemaju odaziv u bliskom infracrvenom spektru i iz bojila koja imaju odaziv u bliskom infracrvenom spektru, s ciljem da u vidljivom spektru ton tih novih spot bojila bude na razini ΔE manji od 3.

6. PROJEKTIRANJE I IZRADA GRAFIČKOG RJEŠENJA PROZIRNE SAVITLJIVE POLIMERNE AMBALAŽE U VIZUALNOM V I INFRACRVENOM Z SPEKTRU

Postavljen je cilj da se na temelju dosadašnjih iskustva stečenih na drugim područjima ta zaštita primijeni i na prozirnoj savitljivoj polimernoj ambalaži. IRD je zasnovan na novom pristupu grafičkom rješenju, novom sigurnosnom sustavu, te novom načinu prikazivanja i prenošenja informacija. Koristi se dualnim (dvostrukim) kamerama (ZRGB kamere) za dva spektralna područja, te procesnim bojilima s konvencionalnom fleksotiskarskom tehnikom.

Grafičko rješenje proširuje se na dualno svojstvo. Spajaju se dvije slike, svaka sa svojim blizancem bojila. Prvi se blizanac prepoznaje u vizualnom, a drugi u infracrvenom (Z) spektru. Blizanci funkcioniraju u svom Z zajedništvu. Koriste se Z svojstvima bojila, tj. njihovim vrijednostima apsorpcije svjetla na 1000 nm. Dizajner osmišljava povezivanje dvostrukog sadržaja, koji je istodobno likovno različit, a sadržajno međusobno povezan porukom, pričom, te načinom divergentnog grafičkog rješenja.

Dvije grafike su isprepletene bojilima parova dvaju blizanaca. Realiziraju se dva blizanca ili njihova kombinacija. Zajedno, V blizanac i Z blizanac tvore vizualno stanje zaštitne grafike. Drugi, tzv. Z blizanac, ne može se fotokopirati i fotokopija ne može preuzeti Z stanje. To unapređuje sigurnosni sustav grafičkog rješenja, bez obzira na upotrijebljenu tiskarsku tehniku. Grafike V i Z se odvojeno snimaju ZRGB metodom i pripadajućim kamerama. One se analiziraju, ali se ne mogu ponovno spajati. Takav postupak zahtijeva prolaz kroz morfološke programe, te CMYKIR separaciju. Najteži korak je određivanje kolornih postavki, postavljanje uvjeta za bojila i materijal na koji bi se nanijela takva grafička priprema. Međusobno skrivanje dviju grafika, svake prepoznatljive samo u svom planiranom spektru, zahtijeva prilagođavanje blizanaca na veličinu ΔE manju od 3, pri čemu je ΔE numerička mjera vizualnog poistovjećenja dvaju bojila. Postojeći programski alati najraznovrsnijih kolornih postavki ne nude takvu strogoću. Ljudsko oko bi primijetilo mjesta priljublivanja dvaju blizanaca s većom tolerancijom izjednačavanja dvaju tonova bojila. Zbog toga je ova zahtjevna IRD tehnika spajanja dviju nezavisnih grafika nova sigurnosna metoda zaštite.

Stvoreni su preduvjeti spajanja i prikazivanja dviju informacija na istome mjestu tako da jedna ne remeti drugu. Svaka se gleda iz druge perspektive: V i Z. Čitaju se dva odvojena teksta. Pitanje skrivanja poprima novu dimenziju. Prvo, mora se znati da je nešto skriveno.

Mora se upotrijebiti i prikladan alat. Nadalje, postavljaju se i pitanja: zašto je druga informacija skrivena? Kakvu je autor imao namjeru? Kakva je poruka iznesena povezivanjem dviju informacija na takav način?

Dvije informacije, V i Z, donosi priroda. Flora, fauna i minerali različito se odazivaju u V i Z spektralnim područjima. Zadatak dizajnera je kreirati umjetnu grafiku, sliku i/ili tekst s dva stanja. Nastavlja se s prilagođavanje V i Z stanja prirode u grafičkom, tiskarskom i likovnoumjetničkom području. Upravlja se informacijama na isti način na koji priroda pokazuje svoja svojstva u vizualnom i bliskom infracrvenom spektru.

IRD tehnika je prihvatljiva samo kao način zaštite u velikim nakladama [22], ustaljenom tiskarskom procesu, te za zaštitu poznatih certificiranih materijala i proizvoda. Za tiskanje dviju slika na ambalaži za pakiranje prehrambenih proizvoda [32] upotrebljavaju se konvencionalne, odobrene komponente bojila. Na taj se način jamči zdravstveno ispravan (siguran) proizvod, osigurava se njegova kvaliteta, svježina, nutritivna vrijednost, ispravno deklariranje. Ukratko, proizvođač ambalaže, proizvođač prehrambenog proizvoda, kao i sam kupac, sigurni su da se radi o deklariranom proizvodu.

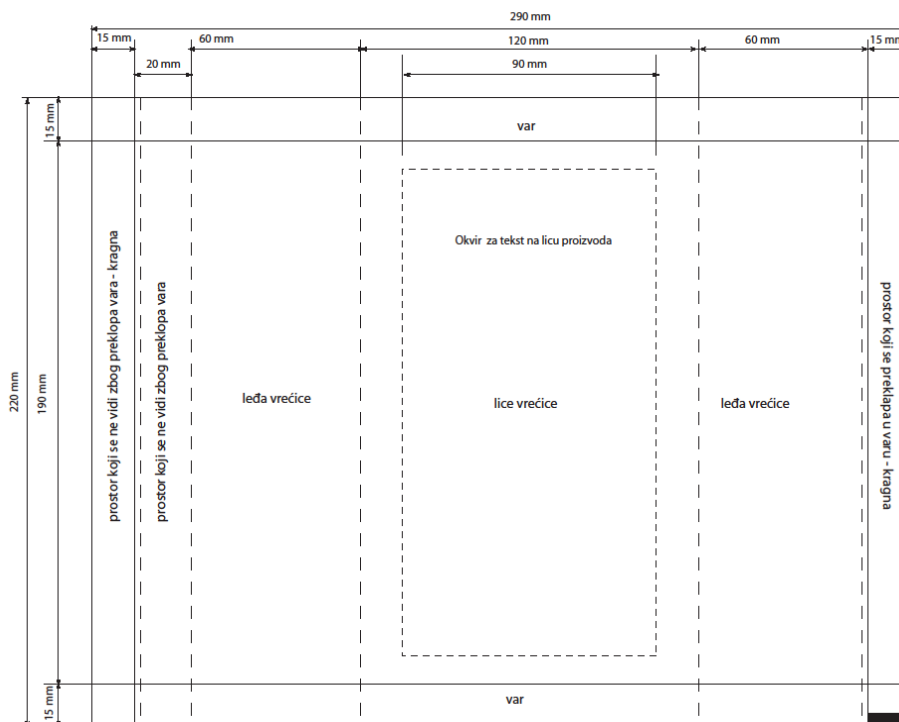
6.1. Planiranje vidljive i skrivene slike u IRD tehnologiji

Prilikom planiranja dizajnerskog grafičkog rješenja prozirne savitljive polimerne ambalaže treba poštivati ograničenja pakirnih strojeva na kojima se proizvodi pakiraju. Treba poštivati i zakonsku regulativu, te sve informacije koje su potrebne kupcu i prodavaču.

Za pakiranje na pakirnom stroju grafičko rješenje mora sadržavati fotomarker i zonu na kojoj on djeluje. Ta je zona obično definirana određenom širinom, najčešće od 12 mm. Zona je bijele boje, a fotomarker crne (sl. 6.1.). Kada fotočelija naiđe na fotomarker, reže foliju i poprečno vari vrećicu.

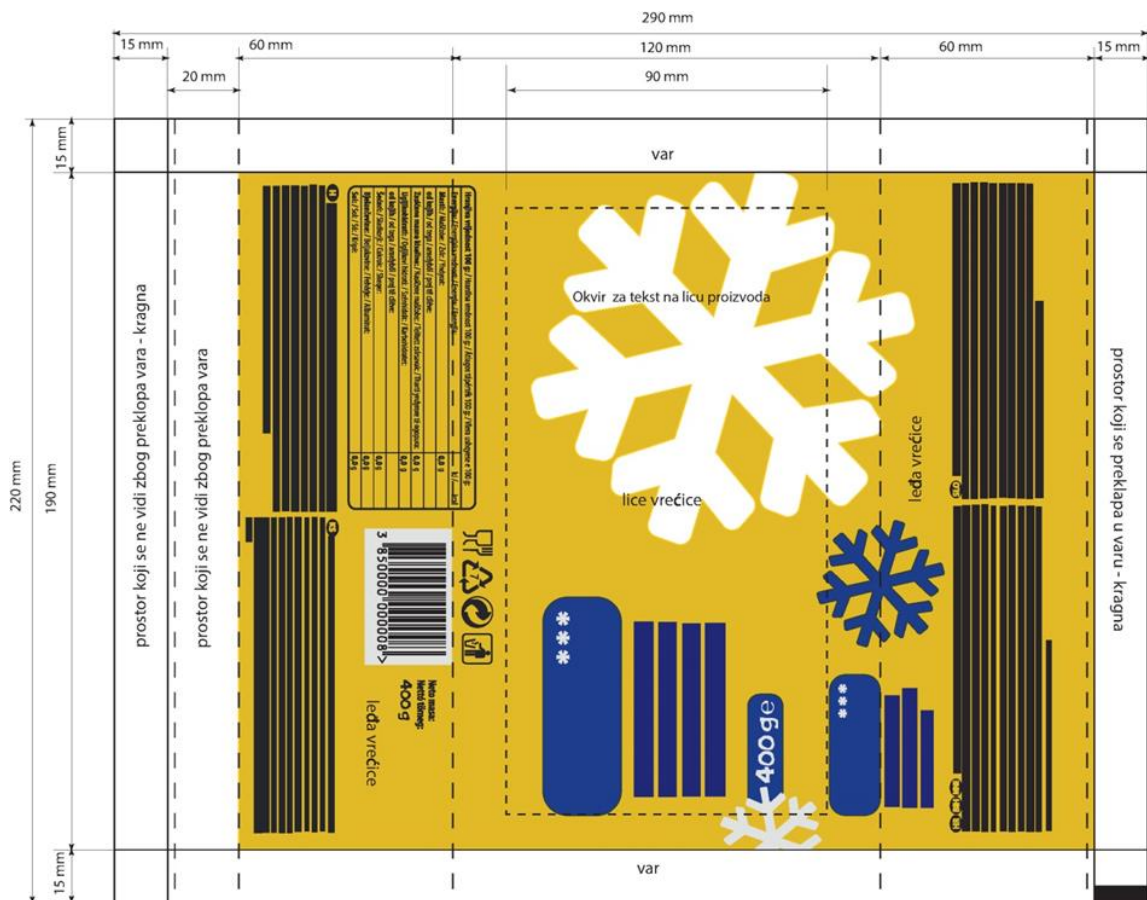
Grafičko rješenje mora biti složeno, tako da prilikom formiranja vrećice elementi ne bi bili nepravilno smješteni, recimo da centralna slika i logo proizvođača budu u centru, i to na prednjoj strani, a da tekst bude na stražnjoj strani i da ne bude prekriven leđnim varom. Ako vrećica ima utore, tekst u utorima ne smije prelaziti na prednju ili stražnju stranu. Treba napraviti decentralizaciju vrećica, odnosno nacrt (sl. 6.1.). Uza sva ta ograničenja, treba voditi brigu i o smještaju Z grafike.

Slika 6.1. Nacrt stojeće vrećice s leđnim varom.

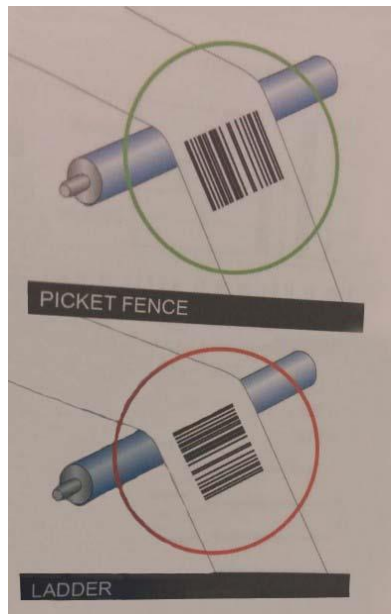


Za izradu deklaracija na vrećicama postoje ograničenja prostora, odnosno visine i dane širine. Pritom treba poštivati i popisati elemente propisane zakonskom regulativom (proizvođač, naziv proizvoda, masa (gramatura) i bar-kod (sl. 6.2.) i smjestiti ih na vidljivo mjesto. Bar-kod je definiran minimalnom veličinom. Da bi se mogao očitati, mora postojati kontrast, pri čemu je pozadina svijetla (bijela), a crtice bar-koda crne ili neke druge tamne boje, samo ne smiju sadržavati nijednu nijansu crvenog tona (*magentu*, purpurnu i ostala ružičasta bojila). Jako je važno smjestiti bar-kod okomito u odnosu na smjer tiska (sl. 6.3.). Na taj je način onemogućeno „rastezanje” bar-koda, što bi onemogućilo njegovo čitanje laserskim čitačem. Svaka polimerna folija podložna je uzdužnom rastezanju (tablice od 3.5. do 3.15.). Ako bi bar-kod bio smješten vodoravno, došlo bi do rastezanja razmaka između crtica, pa bar-kod ne bi bio čitljiv, odnosno ne bi bio za uporabu (sl. 6.3.). U tom bi se slučaju na blagajni bar-kod morao ukucavati ručno, unosom brojeva.

Slika 6.2. Grafičko rješenje kotirano unutar nacrta sa svim potrebnim elementima.



Slika 6.3. Orijentacija tiska bar-koda.



Tekst u deklaraciji ne smije biti manji od 8 tp. Deklaracija mora sadržavati sve sastojke od kojih se proizvod sastoji. Navesti se moraju svi emulgatori, pojačivači okusa, bojila, potrebna je i nutritivna tablica sa kalorijskom vrijednosti, masnoće i dr. Važan element je datum proizvodnje i rok trajanja. Deklaracije moraju biti na jezicima svih zemalja u kojima se proizvod plasira. Oznaka jezika je početno slovo države u crnom kvadratiću.

U zakonsku regulativu trebalo bi uvrstiti vidljivost, prozirnost ambalaže upakiranog proizvoda, a to omogućava IRD tehnologija. Na taj bi način kupac bio zaštićen jer bi vidio što kupuje, a sve potrebne informacije bile bi upisane u dodatnu Z grafiku, što bi osiguralo zaštitu upakiranog proizvoda.

Prilikom planiranja Z grafike tj. skrivene slike, treba voditi računa o tome da vidljiva grafika bude u potpunosti prilagođena skrivenoj. To znači da vidljiva grafika treba imati: zastupljena bojila tamnijeg tona koje obuhvaća neko područje unutar vidljive grafike, da na malom području ima mnoštvo bojila tj. da je šareno ili da se definira receptura spot bojila sa njegovim blizancem. Vrlo je važno imati na umu da takvo područje mora biti dimenzijama prilagođeno Z grafici kako bi je mogli kvalitetno sakriti, jer kod svjetlijih tonova skrivena Z grafika zapravo postaje vidljiva. Zato je potrebno provesti planiranje obiju grafika.

Skrivena Z grafika je tekst, neka slika ili sve zajedno. To ovisi o tome što se želi prenijeti i kojoj grupi promatrača skrivene Z grafike. Vidljiva grafika mora sadržavati sve potrebne elemente i pokrivati ambalažno područje, poštujući zakonitosti skrivene Z grafike.

6.2. Grafičko rješenje i realizacija prozirne savitljive polimerne ambalaže u proširenom V i Z spektru s CMYKIR i spot fleksotiskarskim bojilima

Rezultat istraživanja je Z grafika tiskana kao dvostruka prozirna informacija na polimernim folijama. Istražuje se rubni dizajn prozirnosti materijala koji nosi vizualnu i skrivenu infracrvenu grafiku. Na prozirnju ambalažu dodaje se proširena IRD informacija s tekućim, slabopokrivnim bojilima za fleksotisak. IRD omogućuje višeslojne slike, otisnute na istome mjestu, koje se ne mogu kopirati. Grafika dvostruke informacije je zasnovana na grafici s prepoznavanjem zapakiranog proizvoda u vidnom spektru. Skrivena slika namijenjena je za infracrvenu kameru (ZRGB kameru), a ta je grafika tekst ili razlomljena piksel grafika. Ovo istraživanje dalo je sustav blizanaca za polimerne folije, procesna bojila i spot bojila za fleksotisak. Istovjetnost blizanaca bojila utvrđuje se spektralnom analizom u rasponu od 400 nm do bliskog infracrvenog spektra od 1000 nm.

Kako bismo uopće mogli kreirati Z grafiku sa spot bojilima, treba zamiješati posebna spot bojila koja nemaju nikakve veze s recepturom definiranom u pantone skali. Razlog tome je što se miješaju dvije vrste recepture istog tona, ali s potpuno drukčijom putanjom apsorpcijskih krivulja iznad 700 nm u bliskom infracrvenom dijelu spektra. Te se dvije krivulje (nazvane V – vizualna i Z – infracrvena) u vidljivom spektru od 400 do 700 nm donekle moraju poklapati kako bi njihova razlika bila neprimjetna, dok su iznad 850 nm u potpunosti razdvojene (Z2 područje). Jedna ima odaziv za ZRGB kameru, a druga nema odaziva. Na taj način u bliskom infracrvenom dijelu spektra dobivamo crno-bijelu sliku, vidljivu samo ZRGB kamerom.

IRD tehnologijom pokazujemo dva stanja ambalaže. Snimljena su ZRGB kamerom, a izvedena u fleksotisku. Prvo stanje je za vizualni spektar gledano okom. Drugo stanje je snimljeno s filtrom za dnevno svjetlo. Upotrebljava se sunčana komponenta bliskog infracrvenog zračenja. Ta slika je planirana kao druga slika koja se nalazi u reprodukciji, ali je ljudske oči ne vide. Obično govorimo o „nevidljivoj stvarnosti”.

Veliki pomak u razvoju IRD teorije je praksa s prozirnim folijama. Obično se primjećuje da je to metoda tiska slike preko slike. Ne samo da je slika nastala kao prozirna, nego je i polimerna folija prozirna. Time se odbacuje svaka diskusija o odvojenom tisku dviju slika. To potvrđuje da se svaka boja može izvesti u nekoliko rješenja, ovisno o sastavu bojila. Ista smeđa boja namijenjena je za apsorpciju svjetla samo iz vizualnog spektra kao V grafika, a za

apsorpciju svjetla u vizualnom i infracrvenom spektru je druga smeđa istog tona promijenjenog sastava. Taj drugi sastav ima mnogo karbon crnila. Po konvencionalnoj GCR metodi, u drugom sastavu bojila smanjuje se količina cijana, *magente* i žute. Obavljaju se mnogi pokusi da se dobije jednak doživljaj bojila za posve različite smjese.

Slika 6.4. Suvremena prozirna savitljiva polimerna ambalaža omogućuje prepoznavanje proizvoda.



Na slici 6.4. prikazani su konvencionalni proizvodi na policama u trgovini koji su upakirani u prozirnu polimernu ambalažu.

Slika 6.5. Kruh s makom u prozirnoj savitljivoj polimernoj ambalaži nakon CMYKIR dizajna.



Z postupak spaja dvije informacije. Prva slika je marketinški orijentirana, s obaveznim podacima o proizvodu. Druga informacija je obilježje tiskare, proizvođača proizvoda, i nije zakonski propisana, ali može pružiti dopunski podatak. Ujedno štiti sve u lancu izrade proizvoda koji se prodaje. U vidljivom spektru to je „KRUH S MAKOM 2,05” (sl. 6.5.).

Na slici 6.5. prikazana je Z grafika sa Z informacijom „pecivo 12.11.2013., pekarnica MLINOVI, osigurano Z0,0,040, zaštićeno No 3351-7”. Infracrvena ZRGB kamera snimila je i odaziv samog sadržaja: kruh s makom. Kora krušnog materijala ne apsorbira bliski infracrveni spektar. Crni mak ima stanovita apsorpcijska svojstva. CMYKIR metodom napravljena je reprodukcija nakon spajanja V i Z fotografije. Jednako dimenzioniranje i pozicioniranje podešeno je algoritmima za morfologiju grafičkog objekta.

Slika 6.6. Z fotografija „Kruh s makom”, snimljena ZRGB kamerom.



U primjeru na slici 6.6., koja prikazuje „Kruh s makom” skriven je tekst. Kamera je dobro registrirala jednoličan tekst jer su sva bojila zasnovana na točki od 40 % Z vrijednosti. Etiketa je sastavljena od dviju grafika, za dva različita načina gledanja. Svaka grafika nosi svoje informacije. Podloga je otisnuta bijelim pokrivnim bojilom. Tekst na rubovima etikete ima planiranu vrijednost Z od 0.40. U vizualnom spektru taj se tekst ne vidi. Suprotna grafika je s informacijom u sredini etikete. Za vizualno područje postavljen je samo tekst naziva proizvoda. Smeđe boje u sredini i na rubovima etikete imaju apsorpcijska svojstva samo za vizualni spektar.

Da bi se održao zadani ton u velikim nakladama, dizajneru se preporučuje da upotrijebi spot bojila. To su bojila koja se miješaju prije tiska, uvijek po zadanoj recepturi, čime se smanjuje ovisnost o vanjskim uvjetima, ponavljanju tiska, vremenskim, temperaturnim i nakladničkim uvjetima. IRD tehnika uvodi blizance, čime se dizajneru daje novi alat za planiranje jednakog bojila s različitim V i Z svojstvima. Naglašava se da o sastavu blizanaca moraju voditi računa i dizajner i tiskar. Dizajner mora biti svjestan da je receptura istog tona za tisak u ofsetu i sitotisku različita od recepture za fleksotisak za savitljivu polimernu ambalažu.

Matematički model i regresijski parametri mogu poslužiti za izvedbu recepture miješanja dvaju bojila jednakog tona boja u vizualnom sustavu. Algoritmi su neovisni o CMYKIR programu za separaciju.

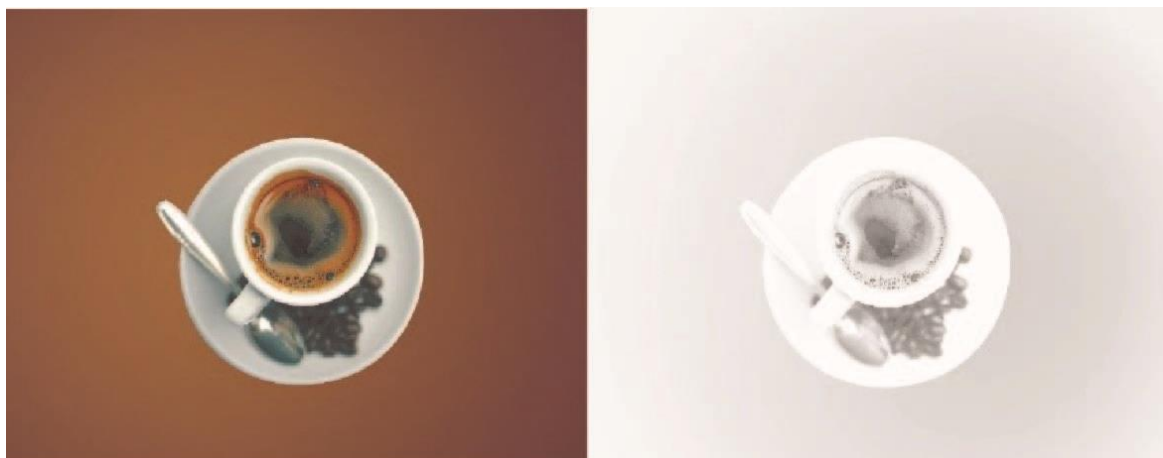
Miješanjem dvaju blizanca stvara se novi blizanac, koji ima različita Z svojstva, a jednaka V svojstva. To je višeznačna realizacija razvoja oslabljenih Z tonova, o čemu dizajneri često postavljaju pitanja.

Miješanje dviju obitelji blizanaca s različitim bojama a jednakim Z veličinama prikazano je na slici 6.6. Posebno se miješaju različita bojila koja imaju Z vrijednost 0.40. Svaki će novi sastav imati vrijednost $Z = 0.40$, ali će prikazivati drukčiju boju. Ista se procedura primjenjuje i na dva V bojila različitih tonova te jednakih omjera kao i u proceduri Z miješanja raznorodnih blizanaca.

Tehnika dvostrukih informacija, koja ujedno štiti zapakirani proizvod, proširena je na fleksotisak. Polimerna ambalaža u koju se pakira hrana može se oplemeniti IRD postupkom a da se ne uvide posebna zaštitna bojila niti da se mijenja postupak tiska. Razvijeni su novi programi za grafičku pripremu koji spajaju dvije slike. Zato su napravljeni matematički modeli, nastali na temelju mjerenih veličina odgovornih za poistovjećivanje parova za vizualni i infracrveni spektar. Svaki par blizanaca izveden je kao spot bojila. Njihov se sastav izračunava istim algoritmom, istim regresijskim parametrima. Tada se tisak ne radi s procesnim bojilima, već sa spot bojilima, prema zahtjevu dizajnera. IRD tehnika dopušta nastavak planiranja grafičkog rješenja s rasterskim metodama, uz obavezno prihvaćanje smanjenja infracrvenog efekta.

IRD se fokusira na sigurnosni tisak. Koristi se konvencionalnim, odobrenim komponentama koje su dopuštene u proizvodnji ambalaže za pakiranje prehrambenih proizvoda. Na taj se način jamči zdravstveno ispravan (siguran) proizvod, osigurava se njegova kvaliteta, svježina, nutritivna vrijednost te ispravno deklariranje.

Slika 6.7. V i Z grafika – grafičko rješenje šalice kave.



Na slici 6.7. prikazana je V grafika šalice kave s pozadinom koja je odrađena kao prijelaz kružnog oblika smeđeg tona bojila iz punog tona na rubovima, koji prema sredini blijedi u svjetliji smeđi ton. U Z grafici šalice nema. Ona je prozirna ili bijela, ovisno o mediju na kojem se tiska. Crni prikaz su kava, zrna kave i žličica. Prijelazna pozadina je sivog tona, ali u potpunosti suprotnog efekta u odnosu na V grafiku. Na rubovima je grafika potpuno blijeda, dok se prema sredini pojačava sivi ton.

Iz same slike izoliran je prostor šalice kave, žličice i tanjurića. Taj prostor dizajniran je sa blizancima X_{40} . U vanjski je prostor apliciran kontinuirani pad vrijednosti X_{40} . Budući da imamo mnogo bijelih površina, pokrivenost za IRD je proporcionalno manja od 40 % pokrivenosti. Blizanac X_0 neće imati obojenje jer je svjetlina blizanca podređena svjetlini linije. Zbog toga Z rješenje izgleda kao da je na tim mjestima siva slika.

Slika 6.8. V i Z fotografija obitelji Friščić.



Na slici 6.8. prikazana je kolorna V fotografija, izrađena od CMYKIR separacija. Ona se razlikuje od gornjih prikaza u kojima su definirana spot bojila. Pomoću posebnih matematičkih algoritama moguće je napraviti da dio fotografije postane nevidljiv. Umetnuti je natpis unutar fotografije u Z grafiku prozirnog ili bijelog tona. IRD efekt je kontinuirano namješten od gornjeg lijevog do donjeg desnog kuta. Kolorna reprodukcija sadrži prijelaznu sivu sliku. IRD postupkom napravljeno je gradiranje sive slike. Još je ubačen natpis „Martina”, koji je riješen tako da na mjestu natpisa ima samo X_0 vrijednosti svih bojila na originalu. Na taj su način sva bojila na originalu sakrila riječ „Martina”, koja se pojavljuje u Z slici kao X_0 stanje.

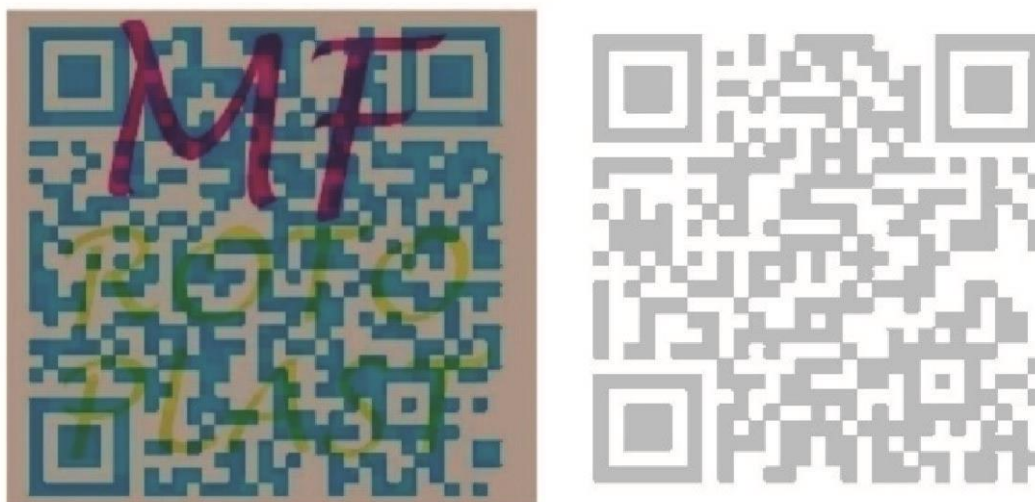
Slika 6.9. Prikaz grafike voća i keksa s ugrađenim Z kružnim prijelazom („efekt sunca”).



Na slici 6.9. prikazano je dizajnersko rješenje hrane. To je prototip polimerne savitljive prozirne ambalaže koja ima dvojne spektralne podatke. U vidljivom dijelu spektra je prikazana jedna vrsta informacije, a u nevidljivom dijelu druga. Grafika je napravljena u procesnom CMYKIR sustavu separacije, u kojem je slika borovnica u V i Z spektralnom području različita. Svijetli tonovi na V grafici ostali su svijetli i u Z grafici (svjetlosivog tona), a tamne borovnice su jednakog V i Z prikaza. Kako bismo zaštitili V grafiku, u Z grafiku je ugrađen IRD kružni prijelaz. Svaki početni izvorni digitalni zapis bojila u vidljivom dijelu spektra transformira se prema matematičkom modelu, te se stvara njegov blizanac sa Z vrijednosti na željenom mjestu za ugradnju infracrvene informacije.

Takav prikaz izvrsno služi za zaštitu ambalaže, pa i samog dizajnerskog rješenja, od krivotvoritelja, jer je kroz cijelo grafičko rješenje prožeta zaštita.

Slika 6.10. Dvostruko čitljiv QR bar-kod.



Na slici 6.10. radi se od dvostrukom QR bar-kodu (V i Z QR kod). Svaki od njih nosi drugu informaciju. QR bar-kod čitljiv je u vizualnom spektru, a i u infracrvenom spektru pomoću ZRGB kamere. Informacije u Z stanju nisu dostupne IR čitačima bez ZRGB kamere. To znači da svaki QR kod nosi svoju informaciju. Vidljivi su obrisi informacija (tekst „MF Rotoplast“), koji su namijenjeni samo V prostoru.

Bojila za fleksotisak imaju vlastite kolorne postavke. To je omogućilo algoritamski ulazak u određivanje Z vrijednosti fleksotiskarskih bojila, bez testiranja barijernim IR skenerom. Stvorena je nova dizajnerska praksa i novi način planiranja zaštite nevidljive i dvostruke informacije. Fleksotisak ima veliki trend u tiskarskoj industriji. Ovo je dodatak temi oblikovanja proizvoda u prostoru pakiranja i ambalaže općenito. Novija testiranja IRD-a odnose se na nevidljive informacije koje se čitaju čitačima bar-koda. Teorija IRD-a je potvrđena uspješnom primjenom u visokim nakladama. Ovdje je pokazano zajedništvo CMYKIR separacije sa Z separacijom spot bojila u V vizualnom i Z spektru.

6.3. Primjeri CMYKIR separacija za fleksotisak na prozirnim polimernim folijama pomoću linijske Z grafike

CMYKIR metodom napravljene su reprodukcije nakon spajanja V i Z grafike. Grafike su sastavljene od dva grafička rješenja namijenjena za dva različita načina gledanja. Svaka grafika nosi svoje informacije. Podloga je prozirna, otisnuta bijelim bojilom, ili bez bojila.

Z grafičkim rješenjima postiže se veća sloboda izražavanja. Moguće je veću količinu informacija smjestiti u mali prostor. Svako dizajnersko rješenje popraćeno je proporcionalnim smanjenjem CMY komponenti koje se ne apsorbiraju u bliskom infracrvenom (NIR) spektru s povećanjem postotka crne do 40 %, koja ima apsorpcijska svojstva. Tako je Z grafika definirana sivim tonovima s minimalno 0 % i maksimalno 40 % zacrnljenja. Na taj se način dobiva slični ton u vizualnom spektru, ali potpuno različit u bliskom infracrvenom spektru.

Skrivanje se bolje postiže na slikama s većom vizualnom dinamikom, što podrazumijeva izmjenu tonova, isprekidane linije i puno raznih oblika. Na taj je način Z grafika u potpunosti integrirana te je ljudsko oko ne može prepoznati bez ZRGB kamere. Takva dizajnerska rješenja ne zahtijevaju kompatibilnost V i Z grafike, dok je kod dizajnerskih rješenja gdje ima svijetlih tonova i čistih, punih tonova jako bitna međusobna povezanost radi boljeg Z efekta. Istovjetnost blizanaca utvrđuje se spektralnom analizom u rasponu od 400 do 700 nm. Razlika blizanaca utvrđuje se u području od 850 do 1000 nm (Z2 području). Uveden je iterativni eksperimentalni tisak blizanaca s mjerenjem apsorpcije svjetla vizualnog i infracrvenog spektra. Grafike kojima se pristupalo metodom kreiranja sigurnosnih linija koriste se algoritmom za generiranje linijske grafike kojim se naglašavaju rubovi crno-bijele grafike. Linijama su dodijeljene boje izabrane pseudoslučajnim kongruencijskim generatorom u rasponu domene bojila po IRD pravilima za separaciju i spajanje dviju grafika.

Rješenje za unapređivanje ambalaže je uvođenje sustava blizanaca u linijama na dvije razine. Prelazna nadtočka blizanaca nalazi se na koljenu linije, čime se smanjuje informacija. Ona postaje poluvidljiva. IRD linijska grafika unapređuje svojim razmakom između linija, različitim nijansama i različitim oblicima (rozete, vinjete, koljenaste linije) stvaranje ljudskom oku neprepoznatljivu IRD skrivenu grafike. Zbog linijske grafike, ambalaža i dalje izgleda prozračno, odnosno prozirno, s vrlo malim nanosom bojila. Na taj je način zadovoljen i zahtjev kupca za prozirnošću, a ugrađena je i sigurnosna zaštita od krivotvoritelja.

Slika 6.11. Linijska koljenasta grafika u boji.



Na slici 6.11. prikazano je rješenje sigurnosnog teksta u boji s linijskim prikazom rubova slova. U istim linijama je upisan tekst „svježi sir”, koji postaje prepoznatljiv ako se gleda ZRGB kamerom namještenom na infracrvenu valnu duljinu Z_2 od 1000 nm.

Kada se radi o tekstu, također je moguće napraviti V i Z grafiku koja se sastoji od linija istog tona u dijelu gdje je tekst i u dijelu slobodnih površina. U Z prikazu su slobodne površine bijele ili prozirne, ovisno o mediju na kojem se tiska (folija ili papir).

Riječi „svježi sir” izvedene su u koljenastoj linijskoj grafici, gdje je slovima dana 40 %-tna pokrivenost. Na mjestima slova upotrijebljen je X_{40} blizanac, za svako procesno bojilo posebno. X_0 blizanac upotrijebljen je na slobodnim površinama. Na tim površinama je pokrivenost C, M i Y manja od 40 %.

V i Z grafike su jednoznačne, odnosno slika i tekst su jednaki. Razlog tome je koljenasta linijska grafika, koja omogućuje prepoznavanje. Razlika je samo u tome što je V grafika kolorna, a Z grafika crno-bijela (tekst sivog tona).

Slika 6.12. Prozirnosti zaobljene linijske Z grafike za vizualni i infracrveni spektar.



Na slici 6.12. prikazana je zaštitna linijska grafika pomoću koljenaste linijske grafike u boji, kojoj je dodano svojstvo zakrivljenosti.

Svaki blizanac je u parovima podvrgnut izračunavanju vrijednosti Lab za V i Z bojila s pripadnom veličinom ΔE kao kriterijem jednakosti u vizualnom spektru. Vrijednost Z kontrolira se količinom karbon crnog bojila u svim blizancima jednake veličine. Tako će se dobiti jednolični intenzitet infracrvene (Z) grafike u cijelom području CMYKIR separacije. Sva su bojila u sigurnosnoj linijskoj grafici generirana u minimalnoj vrijednosti C, M i Y komponenti od 35 %.

Slika 6.13. Linijska koljenasta Z grafika – portret Sare Friščić.



Na slici 6.13. prikazana je V grafika portreta u ravnoj linijskoj grafici na kojoj je prikazan portret s mnogo obojenih linija, te Z grafika istog portreta u crno-bijelom prikazu. Isti ton u jednoj liniji ima potpuno drukčiji odaziv u Z spektru na 1000 nm.

V slika je portret u boji. Taj je portret preuređen u crno-bijelu varijantu – jednotonski od 40 % pokrivenosti. Pomoću programa koljenaste linearizacije napravljena je prozirna grafika koja se sastoji od linija izabranih slučajnim veličinama C, M i Y boje. Slučajnost je da na grafici nema linija iste boje. Koljenasti detalj određuje rub od svijetlog i tamnog portreta. Tako je stvorena kontura portreta koju vide ljudske oči.

Za linije na mjestima gdje je portret tamniji upotrijebljen je X_{40} blizanac, a tamo gdje je slika bez tona, upotrijebljen je blizanac X_0 . Svi blizanci X_{40} imaju 40 % pokrivenosti. Sve su linije pokrivenije više od 40 % u sve tri komponente procesnih bojila. Radi se o istom tonu, gdje se blizanac X_0 sastoji od C, M i Y prema slučajnom izboru pokrivenosti od 10 do 40 %, a vrijednost crne je 0%. Blizanac X_{40} ima crnu vrijednost 40 % pokrivenosti, a C, M i Y (40 %) smanjene su prema formulama od 1 do 6. Za ljudske oči jednak je ton na mjestima gdje je portret u tamnom i na mjestima gdje nema tona.

Slika 6.14. Linijska okomita Z grafika – portret Sare Friščić.



Na slici 6.14. prikazana je linijska grafika, pri čemu su kao V grafika prikazane okomite obojene linije, dok je Z grafika sastavljena od rasteriziranih elemenata u crno-bijelom tonu s prikazom identičnog portreta kao i na slici 6.13., što dokazuje da se isti portret može kreirati kao Z grafika na više načina.

Gotovo ista tehnologija primijenjena je na slici 6.14., na kojoj nije upotrijebljen koljenasti sustav rastriranja. Na mjestima gdje ima 40 % pokrivenosti nalazi se blizanac X_{40} . ZRGB kamera će prepoznati blizanca bez ikakve naznake o konturama rubova prijelaza od neobojenog dijela do obojenog dijela portreta. Prozirnost se povećala jer je portret presijecan okomitim i vodoravnim linijama bez tona. Portret se sastoji od kvadratičnih slikovnih elemenata veličine 3 x 3 piksela. Svaki piksel je drukčije obojen, odnosno drukčije generiran. Ovisno o tome je li piksel na području X_{40} ili X_0 određen, određuje se i njegov sastav bojila. Cijelo grafičko rješenje zadržava početnu ideju da je okomita linija jednakog tona na cijelom području. Ovaj novi način predstavljanja linijske grafike zahtijeva visoku preciznost matematičkog regresijskog modela, za razliku zahtjeva dizajna s koljenastom linijskom grafikom. Model slike 6.14. zahtijeva potpunu neprepoznavanja portreta (sl. 6.14., lijevo). Portret u Z dijelu spektra sastavljen je od X_{40} blizanaca, što je bio i početni cilj ovog rada. Takvo Z grafičko rješenje ne može se skenirati s ciljem postizanja jednakovrijedne reprodukcije.

Slika 6.15. Rozeta u vizualnom i infracrvenom (Z) dijelu spektra.



Slika 6.15. je linijska grafika koja nosi skrivenu Z grafiku „ZG HR”. Z grafika vidi se pomoću ZRGB kamere. Grafika je linearizirana, što ovisi o slici koja nosi vizualnu informaciju. Z grafika je prozirna, budući da CMYKIR separacija ne može izvesti pozitivne Z vrijednosti na mjestima gdje nema bojila u vizualnoj slici 5.15. Time se osigurava cilj dizajna dvostruke IRD metode na prozirnim materijalima.

Slika 6.16. Apstraktni linijski dizajn koji skriva tekst „ROTOPLAST & M.F.”



Slika 6.16. prikazuje fleksotisak s prozirnim linijskim dizajnom. Jednostavnim je linijama skriven crno-bijeli tekst a da pritom nije narušena vizualna (V) grafika.

Slika 6.17. Dizajn „ROTOPLAST M.F.” na prozirnoj savitljivoj polimernoj ambalaži za sjemenke tikve.

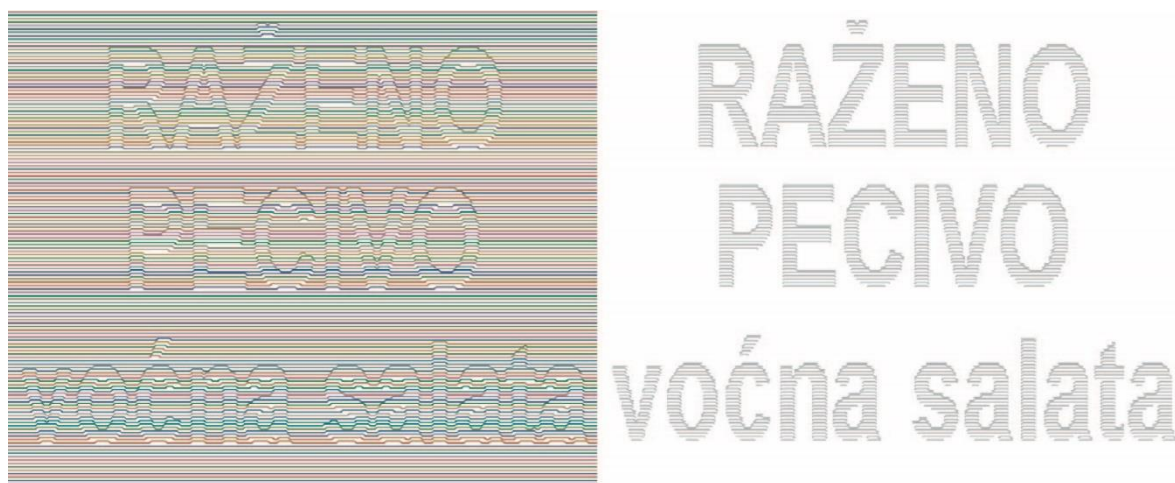


Slika 6.17. prikazuje prozirni dizajn s infracrvenom (Z) grafikom koja ima višestruki zadatak. Jedan od zadataka je proširena informacija na malom prostoru. Druga je zaštitna Z grafika koja štiti sve u lancu: proizvođača sjemenki, prodavača i tiskaru etikete.

Posebnim tehnologijama miješanja fleksotiskarskih bojila može se dobiti uspješna grafika na potpuno prozirnoj savitljivoj polimernoj ambalaži a da se pritom ne ugrozi prepoznavanje pakiranog proizvoda. Jedino ograničenje su svijetli tonovi, koje je vrlo teško primijeniti u IRD tehnologiji. To se rješava primjenom linijske grafike ili grubim rastriranjem s individualnim rasterskim oblicima. Na istom mjestu nalaze se dvije prozirne grafike od kojih je jedna nevidljiva ljudskim okom. Odnos pokrivenosti linijama i praznih prozirnih površina upravlja vizualizacijom proizvoda.

Prozirnost IRD tehnologije daje originalnu metodu dizajnu grafičke pripreme i tisku u višeslojnoj ambalaži. Na prozirnoj foliji moguće je s malo bojila ugraditi sliku u sliku. Time se proširuje informativni prostor, povećava se sigurnost proizvoda, a postupak ne utječe na grafičko rješenje čiji je cilj zadržavanje prozirnosti ambalaže.

Slika 6.18. Linijska vektorska grafika – reljefni V i plošni Z tekst.



Na slici 6.18. prikazano je grafičko rješenje s tekstem „RAŽENO PECIVO, voćna salata” napravljeno kao linearna višebojna V i Z grafika. Grafika je sastavljena od paralelno postavljenih linija jednakih debljina i međulinijjskih razmaka. Razmak je formiran kako bi grafičko rješenje bilo što prozirnije, tj. kako bi se upakirani proizvod mogao promatrati kroz ambalažnu foliju. Pokrivenost linija u grafičkom rješenju je 40 %.

Boja linija definirana je slučajnim odabirom. Svaka linija definirana je tonom koji je u cijelom rješenju isti. Jedina razlika je što linija mijenja smjer jer se stvara koljeno zbog kojega nastaje dojam reljefa. Pomoću promjene smjera linija koljenaste grafike stvara se reljefni tekst. Kada ne bi bilo koljenaste grafike, ne bi se mogao pročitati tekst s V grafike, već samo sa Z grafike.

Slika 6.19. Separacija CMYKIR za kanale cijana, magente i žute.



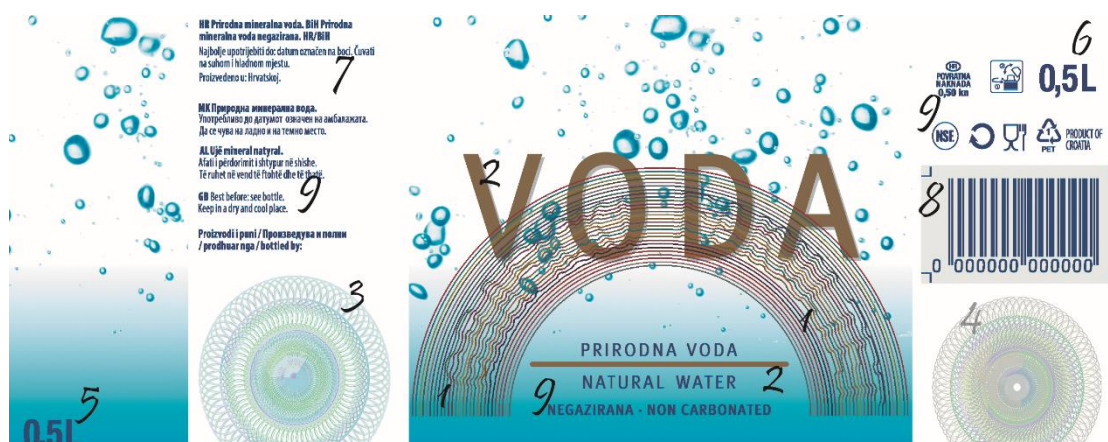
U separacijama C, M i Y (sl. 6.19.) vidljivo je da su linije jače ili slabije obojene, ovisno o zastupljenosti pojedine separacije (pokrivenosti) u stanovitom bojilu. Svaka separacija je drukčijeg izgleda, ali nepromijenjenih debljina linija i njihovih razmaka. Iz svake separacije može se razaznati tekst, samo različitih svjetlina i obojenja.

Z grafiku (K kanal) čine sivo obojene linije istog tona i obojenja, te jednakih debljina i razmaka koje su prisutne samo unutar slovnih znakova, dok izvan tog područja, na mjestima slobodnih površina, otisnute linije nisu vidljive pomoću ZRGB kamere. Ostao je samo plošni tekst.

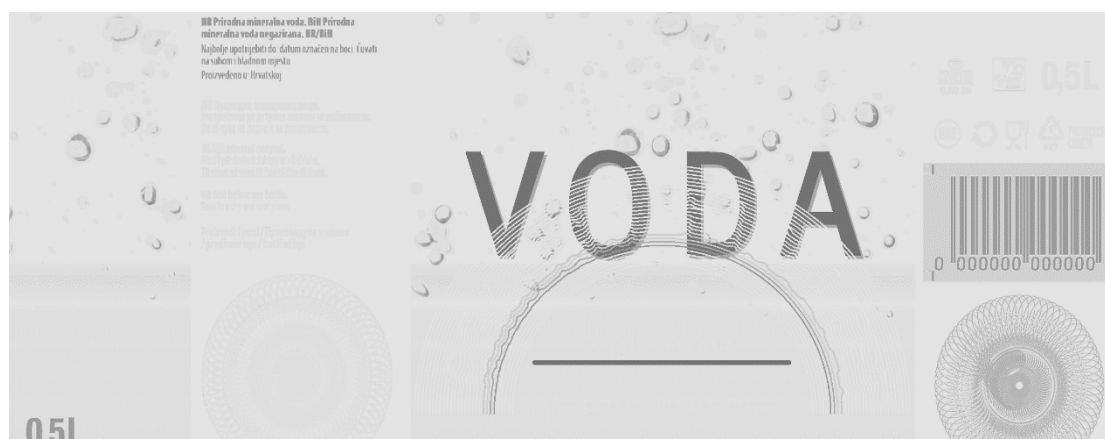
Takve linijske V i Z grafike moguće je napraviti samo pomoću receptura V i Z bojila istog tona i obojenja u vidljivom dijelu spektra, ali potpuno drukčijeg odaziva u infracrvenom Z dijelu spektra iznad 1000 nm.

U kanalima C, M i Y može se prepoznati tekst, ali reljef slovnih znakova u zasebnim separacijama nije prisutan. Zasebne separacije više ističu tekst nego koljenasti prelazi (sl. 6.19.).

Slika 6.20. Dizajn s vizualnim (V) i infracrvenim (Z) grafikama na prozirnoj polimernoj etiketi.



Slika 6.21. Planirani Z spektar etikete VODA na 850 nm.



Na slici 6.20. prikazana je etiketa otisnuta spot bojilima i procesnim bojilima istog tona, sa i bez odaziva u bliskom infracrvenom (NIR) dijelu spektra.

Tekst „0,5L” je na poziciji 5. i 6. otisnut u V spektru u kontinuitetu istim tonom, no nije svaka riječ vidljiva u Z spektru jer je bojilo zamiješano prema kolorimetrijskim metodama (što je bio predmet istraživanja).

Kod etikete za vodu, koja mora biti prozirna tj. što prirodnijeg izgleda, vrlo je teško u grafičko rješenje (V grafiku) uvrstiti veliku količinu informacija, pa se to omogućuje Z grafikom, kojom se povećava područje zapisa. Na taj se način utvrđuje autentičnost proizvoda.

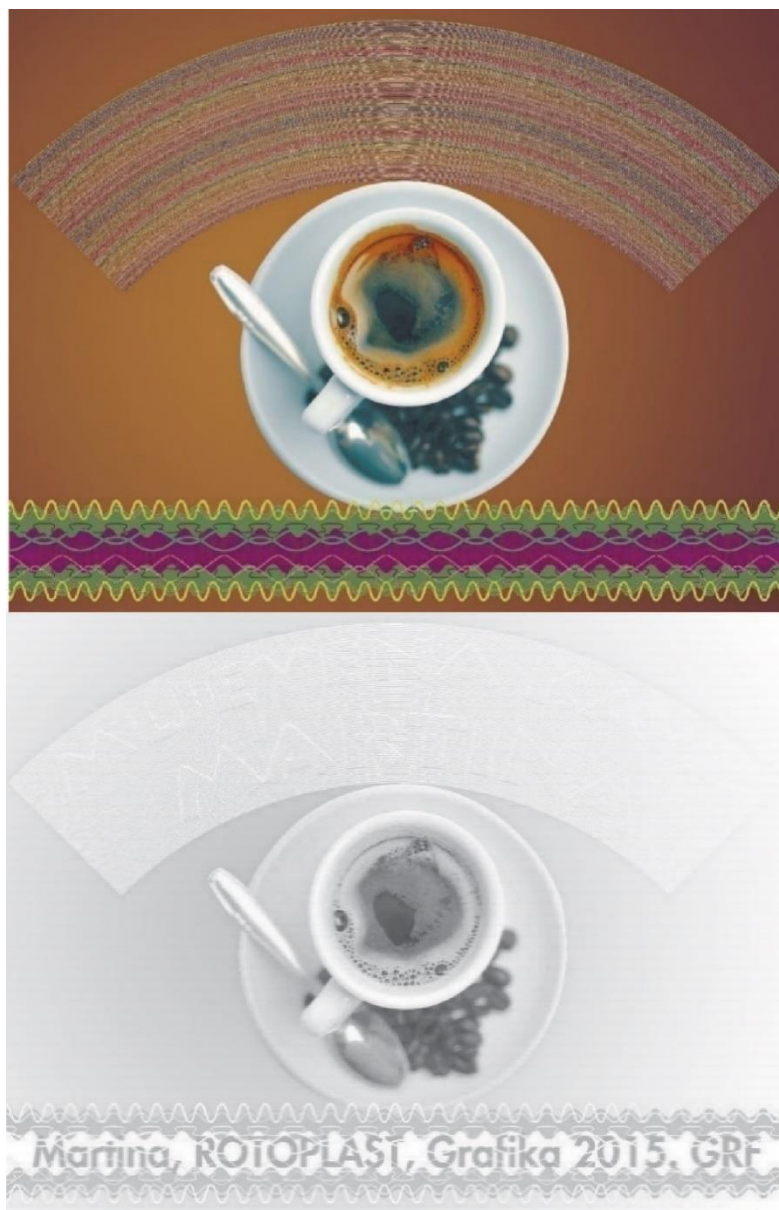
Za prozirne polimerne folije potreban je dizajn s prozirnou grafikou. Tisak u boji na polimernou foliju podlaže se bijelim bojilom. Tada grafika nije prozirna, ne vidi se proizvod na tome mjestu. Predlaže se dizajn grafike s linijskim motivima, bez podložne bijele.

Na slici 6.20. je etiketa za vodu na kojoj je zaštitna grafika tipična za vrijednosnice. Rozete sadrže izmjenične infracrvene linije. Cijela grafika omogućuje vidljivost proizvoda. Grafički elementi su označeni brojkama od 1 do 8. Promatramo ih ZRGB kamerama, pomoću kojih možemo vidjeti sliku Z, koja je izvedena za bliski infracrveni (Z) spektar na 1000 nm. Grafika pod brojem 2 je naslov etikete: VODA. Ta se grafika vidi u IR svjetlu. U vizualnom svjetlu je smeđe boje, kao i linija ispod, između dva teksta. Preko riječi VODA prelazi linijska grafika s većim prioritetom vidljivosti. Kružna linijska grafika (označena brojem 1) sastoji se od 28 izmjenično obojenih linija s kutnim oznakama teksta „GRAFIČKI FAKULTET”. Linijska grafika je popunjena tek 40 %, budući da je bio cilj postići prozirnou etikete. Linije 6 do 9 imaju različite pozitivne Z vrijednosti, pa se odaju u Z slici. Ostale linije se ne vide u bliskom infracrvenom (Z) spektru. One prelaze preko svih ostalih dijelova grafika s najvišim prioritetom. Zbog toga su te linije prikazane kao bijele linije u IR svjetlu, posebno istaknute na mjestima gdje se pojavljuje naslov etikete VODA. Taj plan IRD dizajna prikazan je na slici 6.20. i slici 6.21.

Dizajn etikete ima dvije rozete. One su jednako obojene blizancima s plavim tonom (sl. 6.20.), ali se razlikuju u bliskom infracrvenom (Z) spektru. Rozeta označena brojem 3 ne vidi se ZRGB kamerom, dok se rozeta broj 4 vidi u bliskom infracrvenom (Z) spektru.

Plava boja je dizajnirana kao blizanci boja i bojila označeni kao primjeri 1 do 9. To su tekstovi i bar-kod. Podatak „0,5L” označuje količinu vode i pojavljuje se na dva načina, kao V (samo vizualno) i Z. Oznaka pod brojem 5 vidi se ZRGB kamerom. Ista se oznaka pod brojem 6 ne vidi ZRGB kamerom. Tekst pod brojem 7 dizajniran je kao Z grafika. Slično je i s bar-kodom koji je dizajniran kao Z blizanac plave boje. On se vidi u oba spektra: vizualnom i infracrvenom. Tekst „PRIRODNA VODA” je dizajniran kao V grafika.

Slika 6.22. Tripleks ambalaža za kavu s infracrvenom zaštitnom grafikom izvedenom pomoću linijske koljenaste grafike, lente (krivulja), te kombinacije spot i CMYKIR separacija.

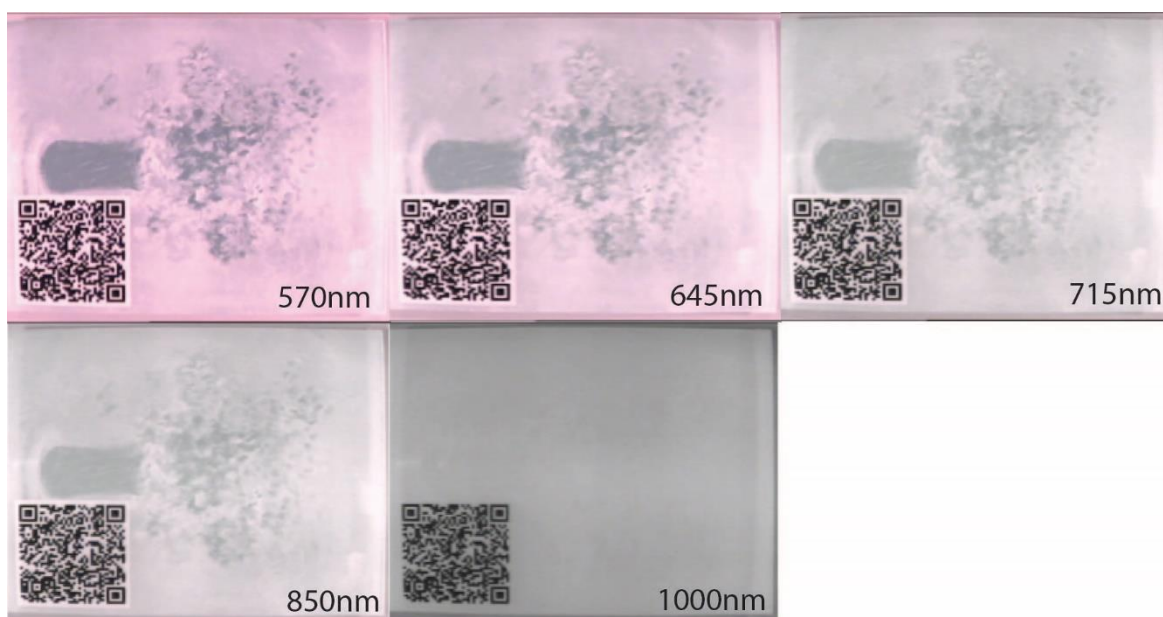


Na slici 6.22. radi se o kombinaciji svih metoda izrade Z nevidljive grafike. Tisak je napravljen u jednom prolazu, bez ikakvih intervencija. Izvedba je u potpunosti zadovoljila sve kriterije nevidljive Z grafike, bez obzira na to što je grafika napravljena sa standardnim repromaterijalima i procesima izrade te kombinacijom više metoda i oblika Z grafike. Takvo dostignuće omogućuje još kvalitetniju zaštitu u izradi sigurnosne nevidljive Z grafike. Više različitih oblika i modela Z grafike na jednom dizajnu (grafičkom rješenju) u potpunosti je nemoguće krivotvoriti.

6.4. Primjeri barijernog skeniranja Z grafika na prozirnim polimernim folijama

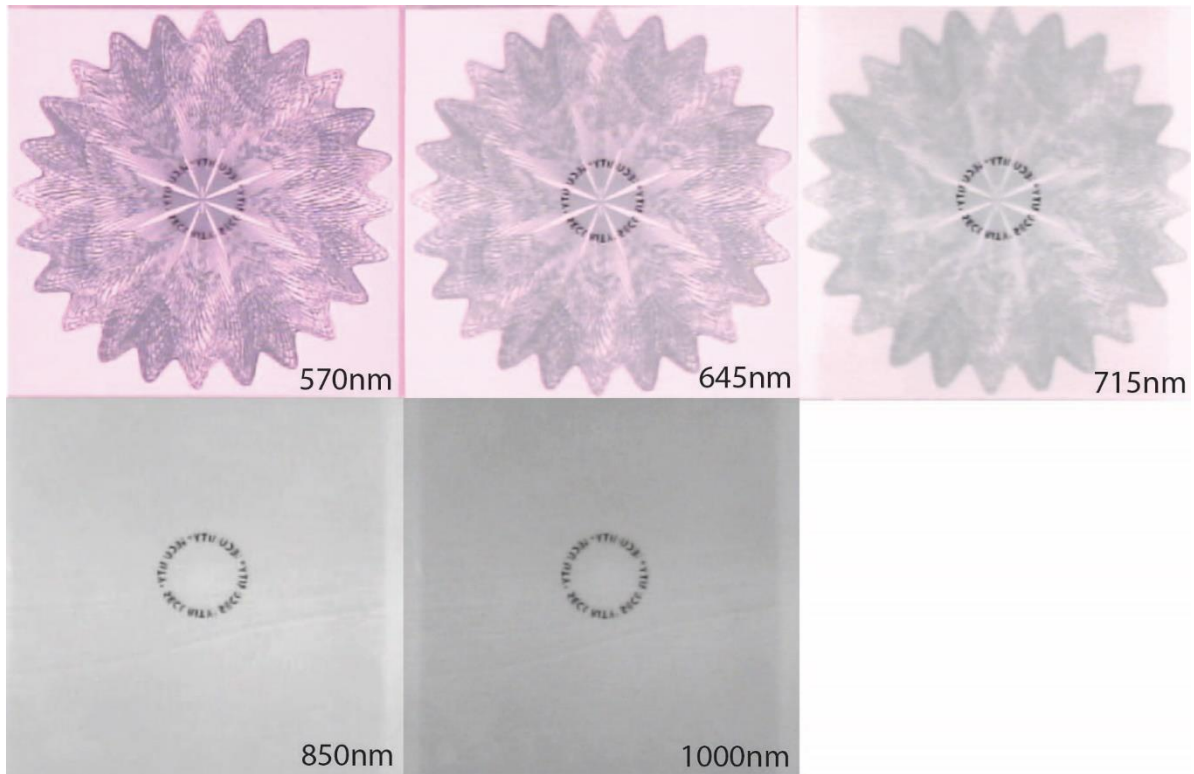
Kontroliranim barijernim skeniranjem provjerava se autentičnost Z grafičkog rješenja na prozirnim polimernim ambalažnim folijama. Barijernim skeniranjem stvara se snimka grafičkog rješenja na definiranim valnim duljinama, pri čemu dolazi do izdvajanja pojedinih komponenti procesnih bojila. Prvi rez je na valnoj duljini od 570 nm, gdje je blokirana žuta komponenta. Drugi barijerni rez na 645 nm izuzima *magenta*. Treći rez je na 715 nm na granici vizualnog spektra. Ostaje zapis dijela cijan komponente. Posljednje skeniranje je na 830 nm u bliskom infracrvenom (NIR) spektru. Apsorpcija IR-a ostaje samo na crnom bojilu, dok su cijan, *magenta* i žuta potpuno reflektirale IR svjetlo.

Slika 6.23. QR-kod i vaza s cvijećem – barijerno skeniranje.

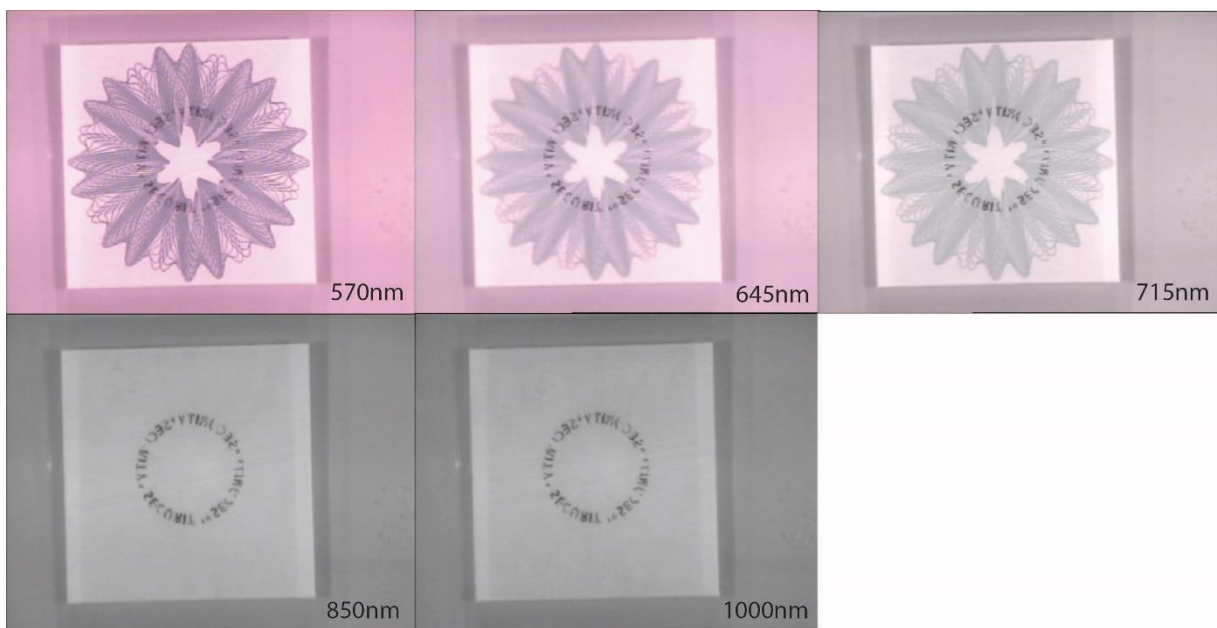


Na slici 6.23. su prikazani rezovi na definiranoj valnoj duljini na kojima se nestajanjem pojedine komponente mijenja i ton grafike. Na prva tri reza (570, 645 i 715 nm) grafika je prepoznatljiva okom, ali koloristički različitog tona. Na 850 nm nema prikaza vaze s cvijećem, već je ostao samo QR-kod. Posljednji rez na 1000 nm (Z2 područje) je u potpunosti formirana Z grafika.

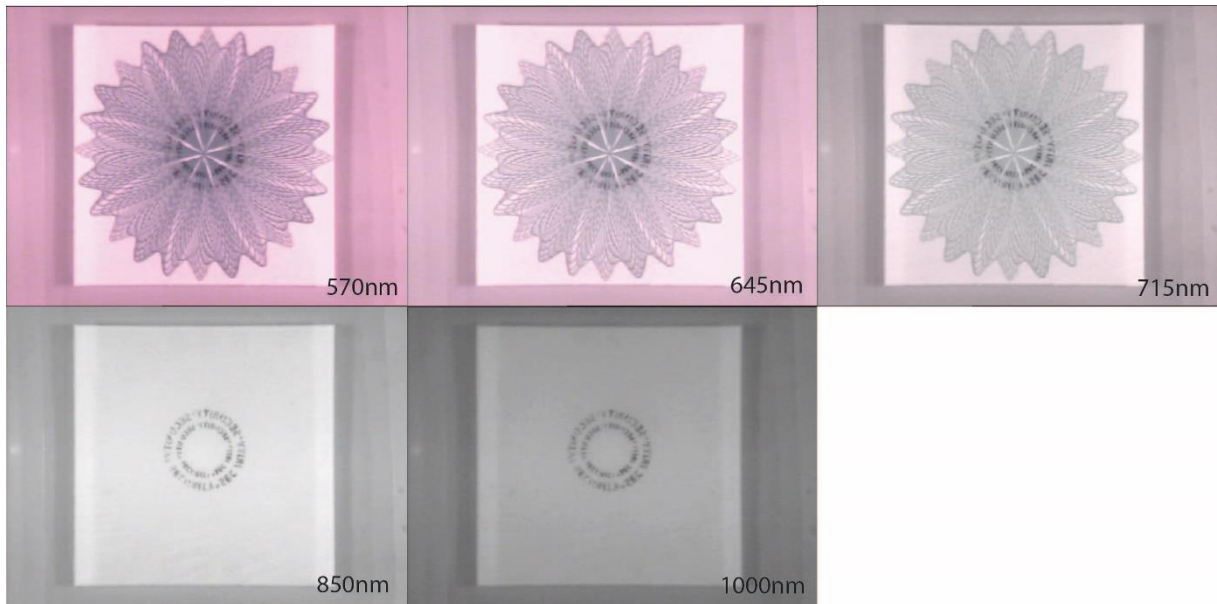
Slika 6.24. Z prikaz vinjete – barijerno skeniranje.



Slika 6.25. Z prikaz vinjete – barijerno skeniranje.



Slika 6.26. Z prikaz vinjete – barijerno skeniranje.



Na slikama 6.24, 6.25. i 6.26. prikazane su vinjete na kojima svakim barijernim skeniranjem (rezom) dolazi do nestajanja vinjete, tj. promjene tona grafike, sve do 850 nm. Na 850 nm crna komponenta apsorbira IR svjetlo, dok cijan, *magenta* i žuta reflektiraju IR svjetlo. Tako su na 1000 nm (Z2 području) cijan, *magenta* i žuta prikazane kao prozirne podloge, ili u boji, a crna u crno-sivim nijansama, ovisno o njenim apsorpcijskim svojstvima.

7. PRIMJENA IRD TEHNOLOGIJE U INDIVIDUALIZACIJI I ZAŠTITI PROZIRNE SAVITLJIVE POLIMERNE AMBALAŽE

Unazad 50 godina pojmu sigurnosti nije se davalo toliko pozornosti. Razvojem tehnologije, razvija se sve veća svijest o potrebi za sigurnošću tj. za zaštitom pojedinca od krivotvorenja savitljive primarne ili sekundarne ambalaže. Navedeni razlozi danas su jako bitni radi konkurentnosti tj. privlačenja novih kupaca i zadržavanja postojećih. Tim alatom će proizvodna tvrtka biti uspješnija i opstat će na tržištu. To je moguće postići bez dodatnih ulaganja, troškova, bez utjecaja na grafičko rješenje pomoću visokokvalitetne inovacije IRD tehnologije u fleksotisku. U budućnosti će svaki mobitel, tablet i računalo imati ugrađenu vizualnu i ZRGB kameru.

Postupak infraredesign (IRD) osigurava polimerno prozirno pakiranje hrane. Infracrvenim parametrom $Z = 0,4$ definira se algoritam stvaranja blizanca fleksotiskarskih bojila s istim spektralnim informacijama u vidljivom dijelu spektra. Stvoreni blizanci fleksotiskarskih bojila čine osnovu dvojnih informacija za dani parametar Z u bliskom infracrvenom (NIR) spektru. Regresivnom analizom podataka o boji blizanaca i algoritmima za razvoj dvojnog prostora boja za cijeli vidljivi dio spektra stvorena je sigurnosna grafika. Na taj se način planiraju skrivene infracrvene informacije, nevidljive za ljudsko oko. Takvu sigurnosnu grafiku je nemoguće krivotvoriti skeniranjem. Skenirati se može samo V grafika, a Z grafiku nije moguće skenirati. S obzirom na činjenicu da bojilo i grafičko rješenje moraju zadržati veliku prozirnost, izabrana su bojila koja mogu postići istodobnu dualnost prema IRD teoriji kao dva odvojena bojila za vizualni i infracrveni spektar.

Danas pakiranje u prehrambenoj industriji ima trostruku funkciju. Ona ima svoju ulogu u lancu opskrbe, promocije proizvoda, skladištenju proizvoda te korištenja (potrošnje). Pakiranje sadrži i štiti prehrambeni proizvod, što osigurava svježinu i predstavlja platformu za isticanje svih informacija namijenjenih potrošačima, koji bi trebali znati o zakonitosti proizvoda. To su: puni naziv proizvoda, sastojci, rok valjanosti, uvjeti skladištenja, neto-masa, upute za upotrebu i ime proizvođača. Uloga dizajna ambalaže vrlo je složena.

7.1. Zaštita proizvođača proizvoda primjenom sigurnosne Z grafike

IRD tehnologija je inovacija koja omogućuje implementaciju porijekla sirovina, potrebnih u današnje vrijeme. Razlog tome je potreba za certificiranjem, tj. zahtjev sljedivosti svih sirovina iz proizvodnog procesa (npr. način i vrijeme proizvodnje upakiranog proizvoda). Proces sljedivosti mora biti reverzibilan. Informacije o sljedivosti promatraju se od sirovina pa do gotovog proizvoda i obrnuto. U ovom slučaju radi se prehrambenim ili farmaceutskim proizvodima koji su upakirani u proziranu savitljivu polimernu ambalažu. Kako sljedivost nije bitna u svakom trenutku (veže se uglavnom za reklamaciju), i nije bitna svakom promatraču, ona je skrivena unutar Z grafičkog rješenja. Reklamacija na upakirani proizvod ili ambalažu krajnjeg kupca prema proizvođaču vrlo se lako može riješiti pomoću IRD tehnologije zato što je u Z grafiku upisana je sljedivost. U nju su upisani točni podaci o nastanku proizvoda: sljedivost sirovina, proizvodne faze, vrijeme i mjesto nastanka, te zapisi o deratizaciji i čišćenju pogona. Svi ti podaci omogućavaju lakši ulazak u trag nastalom nedostatku. Ako dođe do kontaminacije proizvoda, važno je o tome informirati sva mjesta distribucije kontaminiranog proizvoda kako bi se proizvod povukao s policia. U suprotnom može doći do zdravstvenih problema konzumenata i do tužbe pojedinaca. Tada bi proizvođač imao velike izdatke, a moglo bi čak doći i do zatvaranja proizvodnog pogona (tvornice). Kako do svega toga ne bi došlo, moguće je, bez dodatnog ulaganja u repromaterijale ili proizvodne faze te ne zadirući u dizajnersko rješenje, sve to spriječiti pomoću nove IRD tehnologije u izradi savitljive prozirne fleksotiskarske ambalaže. Ako je potrebno, iz Z grafičkog rješenja može se uključiti i proizvođač savitljive ambalaže, serijski broj ambalaže, segment koji proizvod čini unikatnom, recept, bar-kod i dr. Zbog širokog spektra mogućnosti, i primjena je širokog raspona, a i reklamacije nisu teško rješive.

Slika 7.1. Tripleks folija za pakiranje kave s ugrađenom Z zaštitom.



7.2. Zaštita i pomoć proizvođaču prozirne savitljive polimerne ambalaže primjenom IRD tehnologije

Kao pomoć proizvođaču prozirne savitljive ambalaže, primjenjuje se Z grafika, u koju su upisane sve potrebne tehničke i tehnološke informacije o prozirnoj savitljivoj ambalaži. Preciznije, radi se o sljedivosti definiranoj pravilima koja propisuju certifikacijske kuće. Tvrtka mora imati sustav sposoban pratiti sve sirovine od dobavljača kroz sve faze prerade i distribucije gotovog proizvoda i obrnuto. Identifikacija sirovina, poluproizvoda, gotovih proizvoda, nesukladnih proizvoda i karantena proizvoda moraju imati osiguranu sljedivost. Za potrebe sljedivosti sustav mora osigurati kupcu identifikaciju proizvoda pomoću proizvodnog broja lota za prozirnu savitljivu ambalažu. Sustav mora biti testiran najmanje jedanput godišnje kako bi se osigurala sljedivost i kako bi se mogla ponoviti proizvodnja iste prozirne savitljive ambalaže. To nam omogućuje IRD tehnologija, u čijoj su grafici upisane korištene sirovine (vrsta, širina, debljina i proizvođač), te proizvodne faze i sve ostale informacije vezane za sljedivost prozirne savitljive ambalaže. Važno je naglasiti da ova tehnologija omogućuje veću površinu prozirnosti ambalažnog materijala (folije) prilikom izrade dizajna, a da pritom većina informacija koje nisu namijenjene krajnjem kupcu budu smještene unutar Z grafike (slika u slici). IRD tehnologija može poslužiti i kao zaštita proizvođača prozirne savitljive ambalaže ugradnjom nevidljivog Z grafičkog rješenja. To bi npr. bio logo proizvođača prozirne savitljive ambalaže te šifra prozirne savitljive ambalaže kojom je označen proizvod. Na taj način kupac prozirne savitljive ambalaže može jednostavnije naručiti ponovljenu ambalažnu foliju ili, ako je potrebno, reklamirati kupljenu prozirnu savitljivu ambalažu, kojoj se lako može ući u trag (sljedivost). IRD poruka sadrži ime proizvođača i šifru proizvoda. Zato ne može doći do zabune odnosno do „podvale” prozirne savitljive ambalaže od drugog proizvođača. Time se štiti proizvođač prozirne savitljive ambalaže.

Slika 7.2. Prozirne etikete na prozirnoj PET ambalaži koja zahtijeva da se na proizvodu vidi ugrađena Z grafika.



7.3. Proširenje informacijskog prostora pomoću Z grafike na prozirnoj savitljivoj polimernoj ambalaži

Stvaranje novog informacijskog prostora na prozirnim podlogama s prozirnim bojilima u fleksotisku omogućeno je primjenom IRD tehnologije. Tako je stvorena nova vrijednost koja može sačuvati prozirnost savitljive ambalaže kako bi se upakirani proizvod vidio a da pritom sve potrebne informacije o upakiranom proizvodu budu navedene. Velik dio informacija je skriven u Z grafici, pa kažemo da je to 2 u 1 ili slika u slici.

Ako se radi o maloj površini ambalažnog materijala (jednokratno pakiranje za kapučino, žvakaće gume, šećer 5 g, pojedinačna pakiranja i dr.), pa nema prostora za sve potrebne deklaracije, sve što ne stane može se otisnuti pomoću Z grafike. Dvostruki dizajnerski prostor na ambalaži poboljšava funkcionalnost ambalaže.

Ako informacija nije toliko važna širokom krugu kupaca, a važna je određenoj grupi promatrača, može se aplicirati u Z grafiku (recept, slika vezana za upakirani proizvod, nagradna igra koja ne smije biti odmah vidljiva pri kupnji i individualizacija svakog proizvoda tj. grafičkog rješenja). Istovrsni proizvodi na polici ne moraju imati istu Z grafiku, nego svaki proizvod može imati svoju informaciju (sliku).

Na prozirne polimerne folije uglavnom se nanosi bijelo pokrivno bojilo kako bi se mogla napraviti kolorna grafika. No danas to nije trend. Fleksotiskarska slabopokrivna bojila tiskaju se direktno na prozirnu polimernu foliju. Time se omogućuje da:

1. Kupac točno vidi što kupuje, u kojoj kvaliteti, količini i kakvoći.

Kvaliteta – ako je upakirani proizvod kontaminiran od nametnika i ako je došlo do kvarenja, to je moguće primijetiti zbog prozirne savitljive ambalaže.

Količina i veličina upakiranog proizvoda također se vidi kroz prozirnu foliju.

Kakvoća – nije potrebna nerealna otisnuta slika proizvoda na ambalaži, nego prozirna folija omogućuje da se vidi privlačnost upakiranog proizvoda.

2. Ako se radi o sekundarnoj ambalaži (etiketa koja se spaja u jedinstvenu cjelinu s primarnom ambalažom), krajnji kupac dobiva sasvim drugu viziju ambalaže. Npr. zelena polimerna boca i prozirna etiketa s otisnutim prijelazom u nekoj boji bez podmetnutog bijelog bojila djelovat će potpuno drukčijeg tona.

7.4. Informacija namijenjena određenoj grupi promatrača izvedena primjenom dvoobraznih fleksotiskarskih bojila

Zaštita kupca (potrošača) proizvoda i ambalažne folije u smislu sigurnosti da je upravo to proizvod od deklariranog proizvođača koji garantira kvalitetu, unaprijeđena je primjenom IRD tehnologije. U praksi je potrebno originalnost dokazivati mnogim dokumentima sljedivosti i porijeklom ispravnosti.

Velik broj informacija o sljedivosti koje zahtijevaju certifikacijske kuće moguće je upisati u Z grafiku vidljivu ZRGB kamerom, bez zamaranja krajnjeg potrošača informacijama koje ga ne zanimaju. Tako nam Z grafika poboljšava sigurnost i onemogućuje krivotvorenje. Na taj su način zaštićene sve tri strane: proizvođač upakiranog proizvoda, proizvođač prozirne savitljive ambalaže i, na kraju lanca, sami potrošač (kupac upakiranog proizvoda).

Skrivena informacija može poslužiti distributeru upakiranog proizvoda. Z grafičkim rješenjem je aplicirana povijest prodajnih cijena po razdobljima, akcijska prodaja i vrijeme otkada je proizvod na polici. To će sve poslužiti u konačnici kao usporedba nabavne cijene s prodajnom i kao informacija o tome koliko se proizvod zadržao u distributivnom centru (u trgovačkim lancima, ljekarni, kiosku i dr.).

Slika 7.3. Savitljiva polimerna ambalaža smrznute borovnice s ugrađenom Z linijskom koljenastom grafikom.



7.5. Sprečavanje krivotvorenja u fleksotisku prozirne savitljive polimerne ambalaže pomoću IRD tehnologije

Krivotvorenje u tiskarstvu postoji od davnina i unapređuje se kako tehnologija napreduje. Na početku su se krivotvorile umjetnine, novac i vrijednosni papiri, no razvojem prehrambene i farmaceutske industrije, te njihovim velikim lobijem u svijetu, i ambalaža je postala meta krivotvorenja. Vrlo velikom brzinom pojavljuju se krivotvorine. Zato je važno zaštititi ambalažu pomoću dizajna, tehnoloških postupaka izrade i mehaničke zaštite. Zbog velike konkurencije na tržištu, ambalaža može iznositi maksimalno 5 % cijene na polici. Pritom je veoma teško uložiti u zaštitu hologramom ili polimernu foliju s ugrađenom zaštitom. IRD tehnologija ne zahtijeva dodatna ulaganja i zato je idealna u primjeni zaštite prozirne savitljive polimerne ambalaže. Tako bi bilo koja prehrambena ili farmaceutska industrija mogla zaštititi svoj proizvod od krivotvorina i zadržati konkurentnost a da pritom ne treba povećavati cijenu na tržištu.

Slika 7.4. Sigurnosna Z grafika na savitljivoj polimernoj ambalaži – dupleks folija PET/PE.



7.6. Primjena bar-kodova u IRD zaštiti

Za obilježavanje proizvoda radi njegove individualizacije potrebni su ovi podaci: serijski broj, godina proizvodnje, zemlja porijekla, zemlja distribucije, nagradna igra i dr. Podaci koji su dostupni samo određenoj grupi promatrača su: podaci o originalnosti proizvoda, logo, originalna kvaliteta, skriveni bar-kod i dr.

Linearni bar-kod generira se radi standardizacije proizvoda. Linearni kod služi za prepoznavanje proizvoda na blagajni. On sadržava osnovne informacije: o kojem se proizvodu radi, proizvođaču, datumu proizvodnje i neto-masi. On mora biti vidljiv.

2D kod, tj. QR-kod može sadržavati puno više informacija i on je skriven ili vidljiv. Takav kod je idealan u primjeni IRD tehnologije. Kontrolira se u IR području optičkim i bar-kod čitačima instaliranim u automatskim blagajnama. Ovo je jako dobra opcija, jer ako se radi o reprintu (krivotvorini), ona neće sadržavati Z informaciju tj. neće biti registrirana IR čitačem.

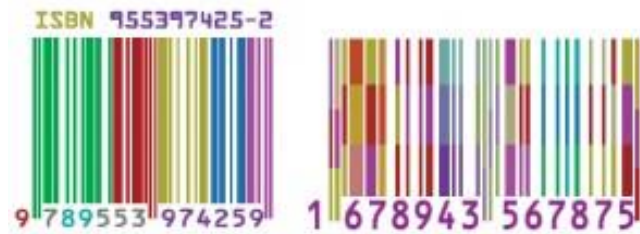
Dodatak informacije o proizvodu je QR-kod multimedijalnog sadržaja koji je dostupan samo onima kojima je ta informacija namijenjena.

Primjenom IRD tehnologije povećava se vrijednost individualizacije i sigurnost upakiranog proizvoda:

1. Informacija za kupca koja potvrđuje originalnost proizvoda. Krajnji potrošač (kupac) je siguran da se radi o originalu, a ne o krivotvorini. Vrijednost individualizacije pomoću skrivenih QR-kodova garantira da je stvarno upakiran taj proizvod, odnosno da se ne radi o kopiji.
2. S ekološke strane moguća je upotreba manjeg informacijskog prostora tj. manja količina upotrijebljenih polimernih folija. Zbog toga nastaje manja količina odbačene ambalaže, što povećava ekološku vrijednost upakiranog artikla.
3. Vrlo važna karakteristika je porijeklo upakiranog proizvoda i ambalaže. Ona je za svaku seriju ili svaki proizvod drukčija. Individualizacija omogućuje provjeru porijekla svake pojedine sirovine.
4. Vrijednost individualizacije je informacija za proizvođača. Osim što je porijeklo poznato, proizvodni proces se može detaljno opisati za svaku proizvodnu seriju posebno. Time je omogućeno jednostavno pretraživanje (sljedivost) i zaštita proizvođača.
5. Vrijednost individualizacije je nastavak komunikacije s krajnjim kupcem. Kako bi se zaintrigiralo krajnjeg kupca tj. kako bi ga se potaknulo na kupnju, prikriva se nastavak

informacije te je nevidljiv ljudskim okom. Mala površina ambalaže, tj. ograničeni prostor, može se proširiti. Tekst se nastavlja u Z dijelu spektra na 1000 nm (Z2 području).

Slika 7.5. Šareni bar-kod.



Na slici 7.5. prikazan šareni bar-kod na šarenoj podlozi. On predstavlja visoku razinu zaštite. Danas je sve veća potreba za većim brojem bar-kodova na proizvodu radi bržeg očitavanja bar-kod čitačima. Šareni bar-kodovi omogućuju: ugradnju nagradnih igara, zaštitu od krivotvorenja, veliku količinu dodatnih informacija bez većih intervencija u dizajnu te oplemenjivanje dizajna. Dvostruka Z poruka ugrađuje se iz više razloga:

- zbog mogućnosti skrivanja individualiziranih informacija. Takav proizvod je interesantan krajnjem kupcu i time se povećava konkurentna moć upakiranog proizvoda.
- namjerno skrivanje informacije radi njene zaštite. Tako se štite proizvođači i krajnji potrošači.
- dvostruke poruke u smislu proširenja informacija. Nagradna igra (pitanje/odgovor), te namjerno postavljanje zadatka radi animacije kupca. Takvu Z poruku je moguće ugraditi u svakom trenutku i nije potrebno dodatno ulaganje u mehaničku i tehnološku zaštitu nagradne igre.
- proširenje dizajnerske površine. Posebno na malim proizvodima, gdje nedostaje informativnog prostora, teško je sve informacije po zakonskoj regulativi upisati na ambalažu. Z informacija omogućava da sve deklaracije budu upisane.

Proizvodi predviđeni za različita tržišta imaju različite cijene, pa ih treba zaštititi kako se ne bi preprodavali na drugom tržištu. IRD tehnologijom, koja ne poskupljuje proces izrade ambalaže, moguće je ugraditi zaštitu od preprodavanja. Takav dizajn je nevidljiv ljudskom oku, pa preprodavači neće znati da postoji zaštita. Tako će lakše biti uhvaćeni u kriminalnom djelu preprodavanja. Uglavnom su to farmaceutski i skupi prehrambeni proizvodi.

IRD zaštitna tehnologija može se primijeniti u fleksotisku u različitim varijantama i izvedbama: unutarnji ili površinski tisak za potpuno prozirne folije (etiketa za vodu, gornja folija za meso i dr.), metalizirane folije (keksi, čokolade, kolači i dr.) i bijele folije. Ta je tehnologija povećala vrijednost ambalaže a da pritom nije poskupila upakirani proizvod. Time je postignuto veliko industrijsko dostignuće u proizvodnji i zaštiti ambalaže i upakiranog proizvoda.

7.7. Mehanička zaštita i IRD tehnologija prozirne savitljive polimerne ambalaže

Savitljiva polimerna ambalaža izrađena je od folija debljine od 15 μ do 300 μ . Volumenom zauzima malu površinu i pogodna je za pakiranje u kutije, limenke te plastičnu ambalažu. Može se iskoristiti kao primarna i kao sekundarna ambalaža. Navedena kruta pakiranja služe kao mehanička zaštita od probijanja folije savitljive polimerne ambalaže i od mehaničkog oštećenja upakiranog proizvoda (drobljenja, lomljenja, ogrebotina), dok folija služi za zaštitu od klimatskih utjecaja (vlaga i izmjena plinova). Pri transportu u dodatnoj krutoj ambalaži savitljiva ambalaža se može čvršće upakirati i tako zaštititi od mehaničkog oštećenja. Primjeri su ekskluzivna pakiranja kave, keksa, zbirna pakiranja i dr.

Na savitljivu se ambalažu može zalijepiti zaštitna markica koja štiti upakirani proizvod od uništenja, odnosno od namjernog otvaranja ambalaže prije kupnje. Te markice moraju biti nalijepljene posebnim ljepljivom koje se ne može odlijepiti s folije savitljive ambalaže bez mehaničkog oštećenja. Svako namjerno otvaranje savitljive ambalaže bit će vidljivo. Tako će kupac biti siguran da je upakirani proizvod tvornički zaštićen. Takav proizvod nije kontaminiran nakon pakiranja u savitljivu ambalažu. Zaštitna markica može se zalijepiti na vrećicu sušenog duhana, na zaštitnu foliju kutije cigareta, na pakiranja s predviđenim lakim otvaranjem odnosno perforacijom, izrezom, jezičcem, te na savitljivu polimernu ambalažu s ugrađenim *easy open* polietilenom. Ako se kupcu olakšava otvaranje upakiranog proizvoda, povećava se opasnost od zlouporabe. Zbog toga je dobro upotrijebiti mehaničku zaštitu markicama ili dodatnom krutom ambalažom. Kako bi zaštita bila potpuna, na zaštitnu markicu treba ugraditi hologram (koji poskupljuje upakirani proizvod) ili Z grafiku. Pomoću mreže dvoobraznih konvencionalnih fleksotiskarskih bojila i konvencionalne proizvodnje moguće je izraditi sigurnosnu Z grafiku na zaštitnoj markici. To bi onemogućilo namjerno otvaranje i zamjenu markica mehaničke zaštite. U krutoj ambalaži (kutiji ili limenci) moguće je uz nova testiranja i eksperimente provesti IRD zaštitnu tehnologiju.

Slika 7.6. Zaštitna folija na staklenoj ambalaži.



7.8. Primjena fleksotiskarske IRD zaštite na prozirnoj savitljivoj polimernoj ambalaži

Suvremeni prehrambeni proizvodi i potrebna ambalaža definirani su strogim međunarodnim zakonima, propisima ili normama. Da bi se zaštitio ambalažer i proizvođač prehrambenih proizvoda, razvijen je postupak infraredesign (IRD) koji rješava, unapređuje i jamči pouzdanu zaštitu. Postupak IRD temelji se na spajanju dviju slika koje se pojavljuju i prepoznaju u dva različita dijela spektra. S obzirom na to da se radi o milijunskim nakladama [22] ambalaže dnevno, istraživanju ovog postupka pristupilo se s velikom pažnjom u određivanju relacija X_{40} za regresijske koeficijente Z separacije. Provele su se spektralne analize bojila za propisane procedure i njihove primjene pri pakiranju hrane. Razvijen je sustav parova bazičnih bojila za vizualni (V) i infracrveni (Z) spektar. Definirani su blizanci i njihove Z veličine na osnovi procesnih CMYK (cijan, *magenta*, žuta i crna) komponenti.

Današnja pakiranja hrane sadrže samo informacije u vidljivom dijelu spektra koje su propisane zakonom sa strogo definiranim bojilima i materijalima. Posebna vrsta propisanih materijala i bojila za pakiranje koje sadrži hranu je novi pristup matematičkom modelu podudaranja blizanaca. Polazi se od zaštite prozirnog pakiranja u bliskom infracrvenom području (NIR) s konvencionalnim bojilima koja se upotrebljavaju u fleksotisku pakiranja savitljive ambalaže. Specifično savitljivo prozirno pakiranje hrane sužava planiranje IRD metode zbog ograničenog prostora i zbog prozirnosti bojila koje nosi skrivenu Z grafiku (apsorpcija svjetla na 1000 nm) u vizualnom spektru (V od 400 do 700 nm). Vide se dvije početne grafike u dva neovisna V i Z spektra. U CMYKIR tehnologiji metoda integracije dvaju dijelova informacije za dva spektralna područja ovisi o materijalu (foliji), bojilima i ograničenjima grafičkog rješenja. IRD tehnologija ne poskupljuje proizvodnju ambalaže. Ona se koristi istim osnovnim fleksotiskarskim bojilima, jednakim brojem separacija i ne usporava tisak. Matematički model za polimerne folije s adekvatnim bojilima za izradu savitljive polimerne ambalaže temelji se na CMYKIR separacijama. Takvi modeli omogućavaju primjenu IRD postupka zaštite na različitim vrstama prozirnog savitljivog pakiranja. Vizualno (V) rješenje nosi informaciju reguliranu zakonom, npr. informacije o sadržaju proizvoda, datum isteka roka valjanosti, cijena, marka i logo. Pomoću infracrvene ZRGB kamere u bliskom infracrvenom NIR (Z) području tekst ili slike postaju vidljivi. Z grafika nosi informacije o tiskari, izdavaču proizvoda, porijeklu i uputama za rad.

IRD tehnologija poboljšava prozirnú savitljivu polimernu ambalažu, daje grafičkom rješenju novo značenje, što poboljšava sigurnost pakiranja, skladištenja i njegu polimera prozirnog savitljivog pakiranja. Na potpuno prozirnim područjima nalaze se skrivene Z grafike kojima se ne može upravljati, odnosno koje nije moguće krivotvoriti.

IRD tehnologija stvara novu vrstu grafičkog rješenja koje sadrži inovativno dizajnersko rješenje s višestrukim informacijama i slikama, a to su: vidljivo (V) višebojno grafičko rješenje i Z grafika, koja je u crno-bijelim i sivim tonovima.

Skrivena Z grafika u fleksotisku potrebna je za stvaranje novog informacijskog sustava na prozirnim podlogama s prozirnim bojilima. IRD tehnologija omogućuje:

1. Sakrivanje informacija za ambalažna pakiranja koje nisu bitne u svakom trenutku i nisu bitne svakom promatraču (potrošaču). Informacija je skrivena unutar Z grafike.
2. Zaštita kupca (potrošača) ambalažne folije. Garantira, da je upravo taj proizvod od deklariranog proizvođača koji garantira kvalitetu tj. da je proizvod siguran. Često je potrebno dokazivati ispravnost, sljedivost i porijeklo, pa se IRD tehnologijom proširuje informativni prostor.
3. Individualizacija svakog proizvoda tj. grafičkog rješenja. Svaki istovrsni proizvod na polici ne mora imati jednaku Z grafiku, nego je unikat.
4. Zaštita samog proizvođača. U Z grafiku su upisane sve potrebne tehničke i tehnološke informacije o proizvodu, kako bi se reprint napravio bez dodatnih zapisa, samo pomoću komadića dostavljene folije.
5. Kako bi neki podaci koji nisu atraktivno grafičko rješenje a potrebni su elementi na prozirnoj savitljivoj ambalaži bili prikazani, može se upotrijebiti Z grafika, vidljiva samo IR čitačem ili ZRGB kamerom. To su, recimo, bar-kod (sadrži podatke o upakiranom proizvodu), fotomarker (upotrebljava se pri formiranju vrećica), razne šifre proizvođača (radi sljedivosti pakiranja proizvoda i proizvodnje ambalaže).
6. Kako bi se proizvod zaštitio od krađe, lijepe se etikete s bar-kodom, ispod kojih se nalazi neka vrsta metalne ovojnice. Ona služi da na izlazu iz trgovine zazvone uređaji za detektor metala. Sve to poskupljuje proizvod, a i prekriva dizajn grafičkog rješenja. Moguće je napraviti zaštitu koja je dio dizajna, a to grafičko rješenje sadržava Z grafiku. Ako proizvod nije plaćen, na izlazu će ZRGB kamere registrirati taj proizvod i zazvoniti.
7. Pakiranje dviju ili više vrsta proizvoda u istu prozirnú savitljivu polimernu ambalažu. U vidljivoj V grafici bi bili smješteni podaci o jednoj vrsti proizvoda, a u Z grafici o

drugoj vrsti proizvoda. Tako bi se uštedjelo na fleksotisku ambalaže, tj. na repromaterijalu, a i skladišni prostor bi bio smanjen.

8. Svođenje prostora grafičkog rješenja na minimum. Mogao bi se vidjeti skoro cijeli upakirani proizvod jer bi dio informacija bio prikazan kao Z grafika. To bi omogućilo kupcu lakši odabir i realnija očekivanja od proizvoda tj. znao bi što kupuje.

Sve su to razlozi zašto se upotrebljava IRD kao moguće rješenje. Činjenica je da IRD ne zahtijeva dodatno ulaganje jer se upotrebljavaju konvencionalna provjerena bojila za fleksotisk prozirne savitljive polimerne ambalaže, tiska se na konvencionalnim polimernim folijama, te konvencionalni procesi proizvodnje od izrade i obrade grafičkog rješenja, izrade tiskovnih formi, fleksotiska, kaširanja, rezanja i formiranja vrećica. To znači da je IRD postupkom ambalaži omogućena višestruka namjena i zaštita a da pritom nisu uložena dodatna sredstva.

Slika 7.7. Savitljiva polimerna ambalaža za pakiranje praška za rublje sa skrivenim znakom originalnosti.



8. ZAKLJUČAK

IRD tehnologija osigurava zaštitu od reprodukcije prehrambenog proizvoda i njegovog ambalažnog materijala. Sve vrste prozirnih polimernih materijala, bojila i ostalih sirovina definirane su strogim međunarodnim zakonima i propisima. Potrebna je nadmetoda koja osigurava zaštitu proizvođača ambalaže i proizvođača prehrambenih artikala, a to je IRD tehnologija.

U disertaciji su potvrđene teze:

1. Svojstva viskoziteta, prozirnosti i tehnologije sušenja procesnih i spot bojila su baza za algoritam miješanja bojila za postizanje dvostruke slike u fleksotisku.
2. *Infraredesign* metoda se proširila na polimerne, metalizirane i matirane materijale (folije) s ciljem skrivanja slike na prozirnoj i savitljivoj polimernoj ambalaži.
3. Dvostruku sliku apliciranu IRD postupkom s novim programskim rješenjima na prozirnju savitljivu polimernu ambalažu nije moguće reproducirati niti krivotvoriti.

IRD tehnologija ne poskupljuje ambalažu, za razliku, recimo, od holografije, koja je iznimno skupa. Budući se radi o milijunskim nakladama ambalaže, neusporedivo većim od novinskih naklada, IRD tehnologija je jedna od prihvatljivih metoda zaštite.

IRD metoda osigurava zdravstvenu ispravnost (siguran) proizvoda, osigurava se njegova kvaliteta, svježina, nutritivna vrijednost, ispravno deklariranje, a proizvođač ambalaže, proizvođač prehrambenog artikla i krajnji kupac mogu biti sigurni da je to što su kupili doista taj proizvod, a ne neka kopija.

Ovo je nova dizajnerska praksa i novi način planiranja zaštićene, nevidljive i dvostruke informacije. Zbog toga fleksotisak ima velik trend u tiskarskoj industriji. Ovim se proširuje područje oblikovanja proizvoda u prostoru pakiranja i ambalaže općenito.

Novija testiranja odnose se na nevidljive informacije koje će se čitati bar-kod čitačem. Teorija IRD-a potvrđena je uspješnom primjenom na visokim nakladama. Ovdje je pokazano zajedništvo CMYKIR separacije sa Z separacijom spot bojila u V (vizualnom) i Z (infracrvenom) spektru na 1000 nm.

Ova disertacija o primjeni IRD tehnologije omogućuje:

- Veliku količinu informacija

Ambalaža za prehrambeni proizvod mora sadržavati ove informacije: sastav upakiranog proizvoda sa svim navedenim aditivima, način pripreme i konzumacije (juhe, puding i dr.), zemlju porijekla, proizvođača, datum proizvodnje i rok valjanosti, ikone koje predstavljaju sastav ambalaže: za prehrambeni proizvod žlica i vilica, za povratnu ambalažu trokutić s brojem, za reciklažnu ambalažu *green punkt*, bar-kod za registraciju proizvoda na blagajni i masa upakiranog prehrambenog proizvoda.

Deklaracija je na jezicima svih zemalja u kojima se upakirani proizvod distribuira. Veličina fonta ne smije biti manja od 8 tp. Na ambalažu malih dimenzija teško je ubaciti sve potrebne informacije. To nam omogućuje IRD tehnologija, koja stvara dvostruki informativni prostor i omogućuje upis veće količine informacija.

Većina kupaca ne čita deklaraciju zato što ima previše teksta i vrlo je sitnog fonta. Zato je u velikoj količini informacija poželjno istaknuti samo one koje su bitne za određenu grupu ljudi. Tako su npr. za alergičare u Z grafici vidljivi samo alergeni iz sastava upakiranog prehrambenog proizvoda. Za proizvođače i ambalažere važni su podaci o klasifikaciji repromaterijala i skriveni su u Z grafici. Krajnjem kupcu predlaže se recept upotrebe upakiranog prehrambenog proizvoda ugrađenog u Z grafici.

- PROZIRNOST

Danas se sve više primjenjuje prozirna savitljiva polimerna ambalaža jer krajnji kupac nema povjerenja u proizvođače, a i zbog trenda prirodnog izgleda (ekološka proizvodnja sa što manje bojila na foliji). Problem je u tome što je otisnuta slika zapravo fotografija dotjerana u *Photoshopu* ili je fotograf prije fotografiranja uredio proizvod za fotografiranje. Takav sređeni proizvod nije više jestiv jer je npr. lakiran lakom za kosu ili premazan bojom.

Zahtjevom za što većom transparentnošću, odnosno za što manjom površinom otiska na ambalaži, smanjuje se prostor za potrebne i poželjne informacije. IRD tehnologija slike u slici smanjuje otisnutu površinu, odnosno omogućuje transparentnost .

Proizvodi koji se pakiraju u savitljivu polimernu ambalažu sa zahtjevom za što većom transparentnošću uglavnom su prehrambeni proizvodi. Danas se taj zahtjev proširio i na ostale proizvode.

- SIGURNOST

Prehrambeni proizvodi mogu biti kruti ili tekući. U krute spadaju praškasti i komadni proizvodi, a u tekuće spadaju voda, sokovi i alkoholna pića. Teško je odgonetnuti je li upakirani prehrambeni proizvod originalan. Ne razlikuje se od originala bojom niti veličinom, a ni okusom. Kako bismo u potpunosti bili sigurni u originalnost a da se pritom ne ugrozi prozirnost savitljive polimerne ambalaže, upotrebljava se IRD tehnologija, koja ne mijenja dosadašnji izgled ambalaže, a omogućuje ugradnju nevidljive sigurnosne Z grafike. Ugradnjom Z grafike spriječeno je krivotvorenje i omogućena je sigurna kupnja.

IRD grafičko rješenje dostupno je samo određenoj grupi promatrača. Nisu potrebna dodatna ulaganja u repromaterijale i proizvodne procese.

Nova vrijednost Z grafike jedinstvena je za svaki upakirani proizvod. To podiže vrijednost upakiranog proizvoda kao unikata.

9. POPIS LITERATURE

1. Pap, Klaudio; Žiljak- Stanimirović, Ivana; Žiljak-Vujić, Jana.
„**Process Color Management for Producing Double Images**” // Annual 2008 of the Croatian Academy of engineering Book Series: Annual of the Croatian Engineering, Zagreb, 2008., pp. 395 – 410, ISSN: 1332-3482 (ISI Proceeding, CPCI-Thomson Reuters).
2. Žiljak-Stanimirović, Ivana; Pap, Klaudio; Žiljak-Vujić, Jana.
„**Infrared design on textiles as product protection**” // Tekstil, Vol. 58, No. 6, Croatian Association of Textile Engineeres, 2009., pp. 239 – 253, ISSN 0492-5882 (SCI Expanded, IF 0.050).
3. Žiljak, Vilko; Pap, Klaudio; Žiljak- Stanimirović, Ivana.
“**CMYKIR Security Graphics Separation in the Infrared Area**” // Infrared Physics and Technology, Vol. 52., No. 2-3, Elsevier B.V., 2009., pp. 62 – 69, ISSN 1350-4495 (CC, SCI, SCI-Expanded, INSPEC, IF 0.932).
4. Žiljak-Vujić, Jana; Perčić, Dora.
„**Infraredesign na ambalaži u farmaceutskoj industriji**” // „Blaž Baromić” 2012 proceedings / Mikota, Miroslav; Pavlović, Ivana; Ćutić, Darija; Kajganović, Jelena (ur.). Zagreb: AKD, 2012. pp. 38 – 46 (predavanje, objavljeni rad, znanstveni).
5. Žiljak Vujić, Jana; Prisljan-Fujs, Stela; Hoić, Ana.
„**Widened communication on postage stamps – the 1000th postage stamp of the Republic of Croatia**” // Society & technology / Društvo i tehnologija 2015 dr. Juraj Plenković / Plenković, Mario; Toplak, Ludvik; Galičić, Vlado; Mustić, Daria (ur.). Opatija: Hrvatsko komunikološko društvo, Alma Mater Europaea – ECM, Međunarodna federacija komunikoloških društava, 2015., pp. 219 – 224 (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).

6. Žiljak Vujić, Jana; Zečević, Marko; Žiljak, Vilko.
„Antiteroristicke maskirne odore s IR detekcijom” // Zbornik sažetaka radova IV. međunarodne znanstveno-stručne konferencije „Istraživački dani Visoke policijske škole u Zagrebu” / Butorac, Ksenija (ur.). Zagreb: Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske, Policijska akademija, 2015., str. 34. – 35. (predavanje, sažetak).
7. Čaljkušić, Igor; Hoić, Ana; Žiljak-Vujić, Jana.
„Reprodukcija likovnog djela s njegovim vizualnim i infracrvenim stanjem” // Tiskarstvo & dizajn 2013 / Žiljak-Vujić, Jana (ur.). Zagreb: FotoSoft, 2013., str. 127. – 129. (predavanje, objavljeni rad, znanstveni).
8. Žiljak-Stanimirović, Ivana; Žiljak-Vujić, Jana; Morić-Kolarić, Branka; Rudolf, Maja.
„Security printing with colorant control in the UV, visual and INFRARED spectrum” // TTEM, Technics Technologies Education Management, Vol 8, No. 2, 2013., pp.: 480 – 485, ISSN 1840-1503 (SCI Expanded, EBSCO).
9. Morić-Kolarić, Branka.
„Razvoj elemenata zaštite dokumenata separacijom boja za ultraljubičasti, vidljivi i bliski infracrveni spektar” // Zagreb, 2013. (doktorski rad).
10. Friščić, Martina; Žiljak-Stanimirović, Ivana; Žiljak-Vujić, Jana.
„Infrared tehnologija u fleksotisku sa spot bojama” / „Infrared Technology in Flexographic Printing with Spot Colors” // 16th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Blaž Baromić 2012. Proceedings, Senj, Croatian Society of Graphic Artists, Croatia, ED: M. Mikota, 2012., pp. 503 – 512, ISSN1848-6193.
11. Friščić, Martina; Žiljak-Vujić, Jana; Žiljak, Vilko; Pap, Klaudio.
“Nevidljiva grafika na transparentnim materijalima s flekso tiskom” / “Invisible prints on transparent materials with flexo printing” // Međunarodni znanstveni skup Tiskarstvo & dizajn 2013., Centar za grafičko inženjerstvo Akademije tehničkih znanosti Hrvatske, 2013., pp. 156 – 161, ISBN: 9789537064204.

12. Žiljak, Vilko; Pap, Klaudio; Žiljak-Stanimirović, Ivana; Žiljak-Vujić, Jana.
„Managing dual color properties with the Z-parameter in the visual and NIR spectrum” // *Infrared Physics & Technology*, Vol. 55, Elsevier B.V., 2012., pp. 326 – 336, ISSN 1350-4495 (CC, SCI, SCIEExpanded, IF 0.932).
13. Žiljak, Vilko; Pap, Klaudio; Žiljak-Stanimirović, Ivana.
„Development of a Prototype for ZRGB Infraredesign Device” // *Technical Gazette*, Vol. 18, No.2, 2011., pp. 153 – 159, ISSN: 1330-3651 (SCI-Expanded, IF 0.083).
14. Žiljak-Stanimirović, Ivana; Pap, Klaudio; Žiljak, Vilko.
„Double Separation Method for Translation of the Infrared Information into a Visible Area” // *Journal of Information and Organizational Sciences*, 33, 2009., pp. 219 – 225, ISSN 1846-3312 (INSPEC, LISA).
15. Žiljak, Vilko; Pap, Klaudio; Žiljak, Ivana.
„Infrared Hidden CMYK Graphics” // *The Imaging Science Journal*, Vol. 58, No.1, 2010., pp. 20 – 27, ISSN:1368-2199 (CC, SCI Expanded, ASC, IF 0.260).
16. Pap, Klaudio; Žiljak-Stanimirović, Ivana; Žiljak-Vujić, Jana.
„Image Reproduction for Near Infrared Spectrum and the Infraredesign Theory” // *Journal of Imaging Science and Technology*, Vol. 54 , No. 1, 2010., pp. 1 – 9, ISSN 1062-3701 (CC, SCI, SCI-Expanded, IF 0.513).
17. Dunn, Thomas.
„Flexible Packaging” // *Manufacturing Flexible Packaging-Materials, Machinery, and Techniques* // Pages 27 – 37; Imprint: William Andrew, USA, 2015.; ISBN: 978-0-323-26436-5, eBook ISBN: 978-0-323-26505-8.
18. Tajeddin, Behjat; Ahmadi, Bahareh; Sohrab, Farahnaz; Ahmadi Chenarbon, Hossein.
„Food Packaging and Preservation” // *Polymers for Modified Atmosphere Packaging Applications* // pp. 457 – 499; Edited by: Alexandru Mihai Grumezescu and Alina Maria Holban, Romania, 2018.; ISBN: 978-0-12-811516-9, eBook ISBN: 978-0-12-811265-6.

19. Flexographic Technical Association (FTA).
“**Flexographic Image Reproduction Specifications and Tolerances (FIRST 5.1)**” // editor Michaelle Warfford Beuscher, USA, 2016.; Third edition; Ronkonkoma, NY 11716-1074, ISBN-13: 978-0-9894374-6-2.
20. Morris, Barry A.
„**End-Use Factors Influencing the Design of Flexible Packaging**”,
„**Polymer Blending for Packaging Applications**” // The Science and Technology of Flexible Packaging // pp. 617 – 654, pp. 149 – 177; Imprint: William Andrew, USA, 2017.; ISBN: 978-0-323-24273-8, eBook ISBN: 978-0-323-24325-4.
21. Lipiak, Jan.
„**Methodology for Assessing the Factors Affecting the Quality and Efficiency of Flexographic Printing Process**”// 7th International Conference on Engineering, „Procedia Engineering”, Volume 182, 2017, pp. 403 – 411, Warsaw University of Technology, Faculty of Production Engineering, 85 Narbutta Str., 02-524 Warsaw, Poland ISSN: 1877-7058.
22. Faddoul, Rita; Reverdy-Bruas, Nadège; Blayo, Anne; Haas, Thomas; Zeilmann, Christian. „**Optimisation of silver paste for flexography printing on LTCC substrate**” // Microelectronics Reliability // Volume 52, Issue 7, July 2012., Pages 1483-1491 // Editor-in-Chief: Dr. M. Tahoori; ISSN: 0026-2714.
<https://doi.org/10.1016/j.microrel.2012.03.004>.
23. Marsh, Kenneth S.
„**Polymer and Plastic Packaging**“ Encyclopedia // Reference Module in Food Science // 2016. // Editor-in-Chief, Geoffrey Smithers.; ISBN: 978-0-08-100596-5.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.03379-5>.
24. Izdebska, Joanna; Sabu, Thomas.
„**Flexographic Printing**“ // Printing on Polymers Fundamentals and Applications, // 2016., Pages 179-197 // ISBN: 978-0-323-37468-2.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-37468-2.00011-7>

25. Pekarovicova, Alexandra; Husovska, Veronika.
„**Printing Ink Formulations**“ // Printing on Polymers Fundamentals and Applications, //2016., Pages 41-55 // ISBN: 978-0-323-37468-2.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-37468-2.00003-8>
26. Pious, C.V.; Sabu, Thomas.
„**Polymeric Materials—Structure, Properties, and Applications**“ // Printing on Polymers Fundamentals and Applications, // 2016., Pages 21-39 // ISBN: 978-0-323-37468-2.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-37468-2.00002-6>
27. Zvonkina, I.J.; Gkountara, P.; Hilt, M.; Franz, M.
„**New printing inks with barrier performance for packaging applications: Design and investigation**“ // Progress in Organic Coatings // Volume 77, Issue 3, March 2014, Pages 646-656 // ISSN: 0300-9440.
<https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2013.12.001>
28. Montagner, Cristina; Bacci, Mauro; Bracci, Susanna; Freeman, Rachel; Picollo, Marcello.
„**Library of UV–Vis–NIR reflectance spectra of modern organic dyes from historic pattern-card coloured papers**“ // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy // Volume 79, Issue 5, September 2011, Pages 1669-1680 // ISSN: 1386-1425.
<https://doi.org/10.1016/j.saa.2011.05.033>
29. „**Index**“ // Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry (Third Edition)
// 2017., Pages 753-810 // Editor(s)-in-Chief: John C. Lindon, George E. Tranter and David W. Koppenaal; ISBN: 978-0-12-803224-4.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803224-4.09975-1>

30. Ghosh, Arabinda.

„Manufacturing of Polymer Packaging“ // Technology of Polymer Packaging // 2015., Pages 19-81 // ISBN: 978-1-56990-576-0.
<https://doi.org/10.3139/9781569905777.002>.

31. Ghosh, Arabinda.

„Converting of Polymer Packaging (Composite Packaging)“ // Technology of Polymer Packaging // 2015., Pages 83-114 // ISBN: 978-1-56990-576-0.
<https://doi.org/10.3139/9781569905777.003>.

32. Raj, Baldev; Matche, R.S.

„Safety and regulatory aspects of plastics as food packaging materials“ // Multifunctional and Nanoreinforced Polymers for Food Packaging // 2011., Pages 669-691 // Edited by: J.M. Lagarón ; ISBN: 978-1-84569-738-9.
<https://doi.org/10.1533/9780857092786.4.669>

10. ŽIVOTOPIS I POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

Martina Friščić rođena je 13.11.1976. u Umagu. Godine 2002. diplomirala je na Grafičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Godine 2007. upisuje doktorski studij „Grafičko inženjerstvo i oblikovanje grafičkih proizvoda” na Grafičkom fakultetu. Od 2003. godine sve do danas (2018. godine) zaposlena je tvrtci „Rotoplast d.o.o”, koja se bavi fleksotiskom i proizvodnjom savitljive polimerne ambalaže, na poslovima tehnologa, planera proizvodnje, direktora proizvodnje i trenutno na radnom mjestu voditelja tehnologije i studija. Njezino dugogodišnje iskustvo u proizvodnji savitljive polimerne ambalaže, te njezin znanstveni interes za zaštitu ambalaže (brenda) bez dodatnog ulaganja poticalo ju je na izradu ove disertacije. Stručne radove objavljuje u časopisima i zbornicima od 2007. godine.

POPIS OBJAVLJENIH RADOVA:

1. Friščić, Martina; Agić, Ana; Žiljak-Stanimirović, Ivana.
„Visual and infrared graphic applied through dedicated halftoning for transparent polypropylene packaging”. // Tehnički vjesnik: znanstveno-stručni časopis tehničkih fakulteta Sveučilišta u Osijeku. Vol. 24 No. 1 (2017) ; 225 – 230 (članak, znanstveni).
2. Žiljak-Stanimirović, Ivana; Morić-Kolarić, Branka; Friščić, Martina.
„Dinamična zaštitna grafika u proširenom UV – V – NIR spektru izvedena u lentikularnoj tehnologiji” // „Blaž Baromić” 2016. / Miroslav Mikota (ur.). Senj, 2016. (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).
3. Friščić, Martina; Žiljak-Vujić, Jana; Žiljak, Vilko.
„CMYKIR Separations for Printing on Transparent Polymer Materials”
// ACTA GRAPHICA journal is published quarterly by Faculty of Graphic Arts, University of Zagreb, Croatia. Vol. 26, No.3 (2015) | Table of Contents (2015.); 16 – 22 (članak, znanstveni).

4. Žiljak-Vujić, Jana; Friščić, Martina; Lajić, Branka.
„Prozirna, savitljiva ambalaža sa dvostrukim sakrivenim informacijama po INFRAREDESIGN® metodi” // Zbornik radova GeTID&teh 2015 / Darko Babić (ur.). Travnik: Fakultet za tehničke studije Univerziteta u Travniku, Travnik, Bosna i Hercegovina, 2015.
5. Friščić, Martina; Žiljak, Vilko; Žiljak-Stanimirović, Ivana.
„Proširenje sustava blizanaca bojila za tisak na polimernim prozirnim materijalima” // „Blaž Baromić” 2015. / Mikota, Miroslav (ur.). Senj: Hrvatsko društvo grafičara, Hrvatska, 2015. (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).
6. Friščić, Martina; Žiljak-Stanimirović, Ivana.
„Dvostruka slika s blizancima bojila na prozirnom polipropilenskom materijalu s INFRAREDESIGN® grafikom” // Tiskarstvo & dizajn 2015. / Žiljak-Vujić, Jana (ur.). Zagreb, 2015. (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).
7. Friščić, Martina; Žiljak-Stanimirović, Ivana; Žiljak, Vilko.
„Vizualne i NIR Ggrafike na prozirnoj savitljivoj ambalaži” // Tiskarstvo & dizajn 2014 / Žiljak-Vujić, Jana (ur.). Tuheljske Toplice, 2014. (međunarodna recenzija, sažetak).
8. Žiljak-Vujić, Jana; Žiljak-Stanimirović, Ivana; Bjelovučić Kopilović, Sanja, Friščić, Martina.
„Zaštita prozirne, savitljive plastične ambalaže postupkom INFRAREDESIGN”
// Polimeri: časopis za plastiku i gumu. 34 (2013) , 10; 42 – 46 (članak, znanstveni).
9. Friščić, Martina; Žiljak-Vujić, Jana; Žiljak, Vilko; Pap, Klaudio.
„Nevidljiva grafika na transparentnim materijalima s fleksotiskom” // International scientific conference on Printing & design 2013, proceedings = Međunarodni znanstveni skup Tiskarstvo i dizajn 2013., zbornik radova / Žiljak-Vujić, J. (ur.). Zagreb, Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, Centar za grafičko inženjerstvo, 2013., str. 156. – 161. (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).

10. Friščić, Martina; Međugorac, Olivera, Tepeš Golubić, Lidija, Jurečić, Denis.
„Invisible information on the transparent polymer foodpackaging with Infra V/Z technology” // TTEM - Technics Technologies Education Management. Journal of Society for Development of Teaching and Business Processes in New Net Environment in B&H. 8 (2013) , 4; 1512-1519 (članak, znanstveni).
11. Žiljak-Vujić, Jana; Rudolf, Maja, Morić-Kolarić, Branka, Friščić, Martina.
„Postage Stamps with hidden information in security Z values” // Technics Technologies Education Management (TTEM). 8 (2013) , 4; 1466-1473 (članak, znanstveni).
12. Friščić, Martina; Žiljak-Stanimirović, Ivana; Žiljak-Vujić, Jana.
„Infrared tehnologija u fleksotisku sa spot bojama” // 16. međunarodna konferencija tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija „Blaž Baromić” 2012., Zbornik radova = 16th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Blaž Baromić 2012: Proceedings / Mikota, Miroslav (ur.). Zagreb, Hrvatsko društvo grafičara, 2012., str. 503. – 512. (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).
13. Friščić, Martina; Cigula, Tomislav; Mahović Poljaček, Sanja, Gojo, Miroslav.
„Utjecaj trošenja tiskovne forme za fleksotisak na kvalitetu reprodukcije” // Savjetovanje o materijalima, tehnologijama, trenju i trošenju MATRIB 2007: zbornik radova = proceedings / Grilec, Krešimir (ur.). Zagreb, Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, 2007., str. 71. – 78. (poster, međunarodna recenzija, objavljeni rad, stručni).

11. POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFOVA

11.1. Popis slika

Slika 2.1. Polimerna savitljiva laminirana ambalaža različitih namjena.	20
Slika 2.2. PET rukavac (lijevo) i dupleks PET/PE (desno).	20
Slika 2.3. Granulat PE-LDa i ekstruder za proizvodnju PE-LD folije.	22
Slika 2.4. Poliesterska folija.	23
Slika 2.5. Aluminijska folija.	24
Slika 2.6. Metalizirana polimerna folija.	25
Slika 2.7. Nacrt tiskarskog stroja: Windmoller & Holscher Miraflex.	26
Slika 2.8. Deseterbojni fleksografski stroj za tisak MIRAFLEKS CM10 Eqp 54 920.	28
Slika 2.9. Nanos mat laka na tripleks foliju.	29
Slika 2.10. Nanos mat laka na dupleks foliju.	29
Slika 2.11. Obostrano obrađeni PET, označen testnom tintom za poliestersku foliju.	30
Slika 2.12. Kaširanje na stroju Nordmeccanica Super Simplex.	34
Slika 2.13. Gravirani valjak za nanos hladnog vara.	36
Slika 2.14. Nanos hladnog vara na unutarnjoj strani folije za pakiranje čokolade.	36
Slika 2.15. Krugorezač Dyesenbery.	38
Slika 2.16. Točkasta laserska perforacija u obliku ravne crte na tripleks foliji.	39
Slika 2.17. Laserska perforacija u obliku ravne crte na tripleks foliji.	39
Slika 2.18. Laserska perforacija za lakše otvaranje pojedinačnog pakiranja.	40
Slika 2.19. Konfekcijski stroj GSD 450-Z Kina.	41
Slika 2.20. Samostojeće vrećice.	42
Slika 2.21. Dno samostojeće vrećice.	42
Slika 2.22. Uzdužni var samostojeće vrećice.	43
Slika 2.23. Patentni zatvarač ugrađen u samostojeću vrećicu.	43
Slika 2.24. Banana i euroloh ručka.	44
Slika 2.25. Perforirani zarez na samostojećoj vrećici.	44
Slika 2.26. Samostojeće vrećice sa zaobljenim vrhovima.	44
Slika 2.27. Uvučeni dizajn unutar samostojeće vrećice i dizajn (boja) napušten do rubova vrećice.	45
Slika 2.28. Krivocrtna vrećica u obliku majice.	45
Slika 2.29. Uređaj RDM TEST EQUIPMENT.	46

Slika 2.30. Uređaj SST-3XS Seal/Tensil. Slika 2.31. Uzorak okomit na os valjka.....	47
Slika 2.32. Analitička vaga.....	47
Slika 3.3. CIE LAB sustav.....	52
Slika 3.10. Gornja barijerna dupleks folija zavarena na posudu za pakiranje.....	61
Slika 3.12. Donja barijerna folija.....	63
Slika 3.13. Termoformirana kadica (posuda za pakiranje) – donja folija.....	63
Slika 3.16. Klinovi i rezna crta.....	65
Slika 3.17. Gretag Macbeth Spektro Eye uređaj.....	66
Slika 3.19. Otisnuta spot i procesna bojila s ručnim dotiskivačem i prikaz u Z infracrvenom dijelu spektra.....	68
Slika 4.1. Pantone skala u vizualnom i infracrvenom (Z) spektru, ZRGB kamera.....	73
Slika 4.3. Spot bojila i procesna bojila za fleksotisak u vizualnom i infracrvenom (Z) spektru.....	74
Slika 4.4. Spot bojila i procesna bojila za fleksotisak u vizualnom i infracrvenom (Z) spektru otisnuta ručnim otiskivačem.....	75
Slika 4.5.1. Spot bojila i procesna bojila s dodatkom od 40 % Z bojila za fleksotisak u vizualnom i infracrvenom (Z) spektru, otisnuta ručnim otiskivačem.....	76
Slika 4.5.2. Spot bojila i procesna bojila s dodatkom od 40 % Z bojila za fleksotisak u vizualnom i infracrvenom (Z) spektru, otisnuta ručnim otiskivačem.....	77
Slika 4.7. Prikaz otisnutih kolornih blizanaca u fleksotisku.....	80
Slika 4.9. Blizanci bojila za fleksotisak na polimernoj savitljivoj ambalaži.....	84
Slika 4.10. Barijerno skeniranje blizanaca u vidljivom i infracrvenom (Z) spektru.....	84
Slika 4.13. Transparentno linearno dizajnersko grafičko rješenje sa X26 i X0 linijama.....	89
Slika 4.14. Spektar (valne duljine).....	93
Slika 4.15. Otisnuta folija polipropilena – blizanci.....	94
Slika 4.44. Odabrani blizanci bojila.....	112
Slika 5.1. Gornja barijerna prozirna folija na pakiranju svježeg mesa.....	117
Slika 6.1. Nacrt stojeće vrećice s leđnim varom.....	122
Slika 6.2. Grafičko rješenje kotirano unutar nacrta sa svim potrebnim elementima.....	123
Slika 6.3. Orijehtacija tiska bar-koda.....	124
Slika 6.4. Suvremena prozirna savitljiva polimerna ambalaža omogućuje prepoznavanje proizvoda.....	126
Slika 6.5. Kruh s makom u prozirnoj savitljivoj polimernoj ambalaži nakon CMYKIR dizajna.....	126
Slika 6.6. Z fotografija „Kruh s makom”, snimljena ZRGB kamerom.....	127

Slika 6.7. V i Z grafika – grafičko rješenje šalice kave.	129
Slika 6.8. V i Z fotografija obitelji Friščić.....	130
Slika 6.9. Prikaz grafike voća i kekisa s ugrađenim Z kružnim prijelazom („efekt sunca”)..	131
Slika 6.10. Dvostruko čitljiv QR bar-kod.	132
Slika 6.11. Linijska koljenasta grafika u boji.	134
Slika 6.12. Prozirnosti zaobljene linijske Z grafike za vizualni i infracrveni spektar.	135
Slika 6.13. Linijska koljenasta Z grafika – portret Sare Friščić.	136
Slika 6.14. Linijska okomita Z grafika – portret Sare Friščić.....	137
Slika 6.15. Rozeta u vizualnom i infracrvenom (Z) dijelu spektra.	138
Slika 6.16. Apstraktni linijski dizajn koji skriva tekst „ROTOPLAST & M.F.”	138
Slika 6.17. Dizajn „ROTOPLAST M.F.” na prozirnoj savitljivoj polimernoj ambalaži za sjemenke tikve.	139
Slika 6.18. Linijska vektorska grafika – reljefni V i plošni Z tekst.....	140
Slika 6.19. Separacija CMYKIR za kanale cijana, magente i žute.....	141
Slika 6.20. Dizajn s vizualnim (V) i infracrvenim (Z) grafikama na prozirnoj polimernoj etiketi.	142
Slika 6.21. Planirani Z spektar etikete VODA na 850 nm.....	142
Slika 6.22. Tripleks ambalaža za kavu s infracrvenom zaštitnom grafikom izvedenom pomoću linijske koljenaste grafike, lente (krivulja), te kombinacije spot i CMYKIR separacija.	144
Slika 6.23. QR-kod i vaza s cvijećem – barijerno skeniranje.	145
Slika 6.24. Z prikaz vinjete – barijerno skeniranje.	146
Slika 6.25. Z prikaz vinjete – barijerno skeniranje.	146
Slika 6.26. Z prikaz vinjete – barijerno skeniranje.	147
Slika 7.1. Tripleks folija za pakiranje kave s ugrađenom Z zaštitom.	149
Slika 7.2. Prozirne etikete na prozirnoj PET ambalaži koja zahtijeva da se na proizvodu vidi ugrađena Z grafika.	150
Slika 7.3. Savitljiva polimerna ambalaža smrznute borovnice s ugrađenom Z linijskom koljenastom grafikom.	152
Slika 7.4. Sigurnosna Z grafika na savitljivoj polimernoj ambalaži – dupleks folija PET/PE.	153
Slika 7.5. Šareni bar-kod.....	155
Slika 7.6. Zaštitna folija na staklenoj ambalaži.	156
Slika 7.7. Savitljiva polimerna ambalaža za pakiranje praška za rublje sa skrivenim znakom originalnosti.	159

11.2. Popis tablica

Tablica 3.1. Tehnička i kemijska svojstva procesnih i spot bojila	50
Tablica 3.2. Mješavina bojila tehnički prilagođena fleksotisku.	51
Tablica 3.4. Linijatura rasterskog (aniloks) valjka	53
Tablica 3.5. Tehnička svojstva poliesterske folije (PET).....	55
Tablica 3.6. Tehnička svojstva polipropilenske folije (PP).	56
Tablica 3.7. Tehnička svojstva poliamidne folije (PA).....	57
Tablica 3.8. Tehnička svojstva papira/PE.	58
Tablica 3.9. Tehnička svojstva polietilenske folije (PE).....	59
Tablica 3.11. Tehnička svojstva barijerne gornje folije PE/EVOH/PE.	62
Tablica 3.14. Tehnička svojstva barijerne donje folije PP/PA/PE.....	64
Tablica 3.15. Tehnička svojstva barijerne donje folije APET/PE PEEL.	64
Tablica 3.18. Gustoća obojenja.	67
Tablica 4.6. Bojila za fleksotisak.	78
Tablica 4.8. Lab, CMYK, RGB digitalnog prikaza i otiska.	81
Tablica 4.11. Blizanci bojila – izmjerene i izračunane vrijednosti za X0 (C0, M0, Y0) i X40 (C40, M40, Y40).	87
Tablica 4.12. Regresijski koeficijenti modela za stvaranje procesnih fleksotiskarskih bojila blizanca za $Z = 0,4$	88
Tablica 4.19. Blizanac 8E bojila pripremljenog za fleksotisak na polimernim folijama.	99
Tablica 4.21. Blizanac 1B bojila pripremljenog za fleksotisak na polimernim folijama.	100
Tablica 4.23. Blizanac 2D bojila pripremljenog za fleksotisak na polimernim folijama.....	101
Tablica 4.25. Lab vrijednosti i ΔE plavog V i Z bojila H4.	102
Tablica 4.27. Lab vrijednosti i ΔE ružičastog i ljubičastog V i Z bojila G13 i D14.....	103
Tablica 4.29. Lab vrijednosti i ΔE svjetloplavog i tamnocrvenog V i Z bojila D8 i E8.....	104
Tablica 4.31. Lab vrijednosti i ΔE plavog i ružičastog V i Z bojila A18 i F4.	105
Tablica 4.36. CIE Lab i ΔE od bojila 5E.....	108
Tablica 4.38. CIE Lab i ΔE bojila 5F.....	109
Tablica 4.40. CIE Lab i ΔE bojila 6C.	110

11.3. Popis grafova

Graf 3.20. Spektralna krivulja procesne crne.	68
Graf 3.21. Spektralna krivulja procesnog cijana.	69
Graf 3.22. Spektralna krivulja procesne žute.	69
Graf 3.23. Spektralna krivulja spot zelene.	70
Graf 3.24. Spektralna krivulja spot narančaste 021.	70
Graf 3.25. Spektralna krivulja spot crvene.	71
Graf 4.2. Spektri procesnih bojila i njihovih mješavina.	73
Graf 4.16. Spektrogram blizanaca V i Z ružičastog bojila 6E.	97
Graf 4.17. Spektrogram blizanaca V i Z smeđeg bojila 4F.	97
Graf 4.18. Spektrogram blizanaca V i Z plavog bojila 11E.	98
Graf 4.20. Spektrogram blizanaca V i Z tamnocrvenog bojila 8E.	99
Graf 4.22. Spektrogram blizanaca V i Z tamnoplavog bojila 1B.	100
Graf 4.24. Spektrogram blizanaca V i Z tamnozelenog bojila 2D.	101
Graf 4.26. Spektrogram blizanaca V i Z plavog bojila H4.	102
Graf 4.28. Spektrogram blizanaca V i Z ružičastog i ljubičastog V i Z bojila G13 i D14.	103
Graf 4.30. Spektrogram blizanaca V i Z plavog i crvenog bojila D8 i E8.	104
Graf 4.32. Spektrogram blizanaca V i Z plavog i ružičastog bojila A18 i F4.	105
Graf 4.33. Spektrogram blizanaca V i Z bojila 13A.	106
Graf 4.34. Spektrogram blizanaca V i Z bojila 4B.	107
Graf 4.35. Spektrogram blizanaca V i Z bojila 3D.	107
Graf 4.37. Spektrogram blizanaca V i Z bojila 5E.	108
Graf 4.39. Spektrogram blizanaca V i Z bojila 5F.	109
Graf 4.41. Spektrogram blizanaca V i Z bojila 6C.	110
Graf 4.42. Spektrogram blizanaca V i Z bojila 7E.	110
Graf 4.43. Spektrogram blizanaca V i Z bojila 1G.	111
Graf 4.45. Prikaz blizanaca A1 V i A1 Z, te A2 V i A2 Z.	112
Graf 4.46. Prikaz blizanaca A3 V i A3 Z, te A4 V i A4 Z.	113
Graf 4.47. Prikaz blizanaca B1 V i B1 Z, te B2 V i B2 Z.	114
Graf 4.48. Prikaz blizanaca B3 V i B3 Z, te B4 V i B4 Z.	115

12. POPIS PRILOGA

1. Prilog slike 4.7. Prikaz otisnutih kolornih blizanaca u fleksotisku.
2. Prilog a) i b) Blizanci bojila za fleksotisak na polimernoj savitljivoj ambalaži.
3. Prilog kolornih klinova i lenti.
4. Prilog slike 4.13. Transparentno linearno dizajnersko grafičko rješenje s X26 i X0 linijama.
5. Prilog slike 5.8. V i Z fotografija obitelji Friščić.
6. Prilog slike 5.9. Prikaz grafike voća i keksa s ugrađenim Z kružnim prijelazom („efekt sunca”).
7. Prilozi slike 5.10. Dvostruko čitljivi QR bar-kod, slike 5.11. Linijska koljenasta grafika u boji i slike 5.12. Prozirnosti zaobljene linijske Z grafike za vizualni i infracrveni spektar.
8. Prilozi slike 5.13. Linijska koljenasta Z grafika i slike 5.14. Linijska okomita Z grafika – portreti Sare Friščić.
9. Prilozi slike 5.15. Rozeta u vizualnom i infracrvenom – Z dijelu spektra i slike 5.17. Dizajn „ROTOPLAST M.F.” na prozirnoj savitljivoj polimernoj ambalaži za sjemenke tikve i slike 5.18. Linijska vektorska grafika – reljefni V i plošni Z tekst.
10. Prilog slike 5.20. Dizajn s vizualnim (V) i infracrvenim (Z) grafikama na prozirnoj polimernoj etiketi.
11. Prilozi slike 5.7. V i Z grafika – grafičko rješenje šalice kave i slike 5.22. Tripleks ambalaža za kavu s infracrvenom zaštitnom grafikom pomoću linijske koljenaste grafike, lente (krivulja), te kombinacija spot i CMYKIR separacija.
12. Prilog slike 5.23. Prikaz QR kod i vaza s cvijećem – barijerno skeniranje.
13. Prilozi slike 5.24. Z prikaz vinjete, slike 5.25. Z prikaz vinjete i slike 5.26. Z prikaz vinjete – barijerno skeniranje.
14. Prilog slike 6.1. Tripleks folija za pakiranje kave s ugrađenom Z zaštitom.
15. Prilog slike 6.4. Sigurnosna Z grafika na savitljivoj polimernoj ambalaži – dupleks folija PET/PE.
16. Prilozi slike 6.7. Savitljiva polimerna ambalaža za pakiranje praška za rublje sa skrivenim znakom originalnosti i slike 6.4. Dupleks folije PET/PE.
17. Prilog – Lente s ugrađenim Z zaštitnim tekstom.
18. Prilozi savitljive prozirne ambalaže:

19. Mljevena paprika

20. Grah

21. Povrće

22. Štapići i sok