

## Dijital Termal Flekso Baskı Kalıbı Hazırlama Parametrelerinin, Kalıp Üzerindeki Nokta Yapısına Etkisinin İncelenmesi

Ömer B. ZELZELE<sup>1</sup>, Lutfi ÖZDEMİR<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Marmara Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu,

Görsel İşitsel Teknikler ve Medya Yapımcılığı Bölümü

### Özet

Flekso baskı tekniği; esnek kalıp ve likit mürekkep kullanılan, rotatif baskı yapan yüksek baskı tekniği olarak tanımlanmaktadır. Flekso baskı tekniği temel olarak ambalaj ve etiket sektöründe kullanılan en yaygın baskı tekniğidir. Flekso baskı tekniğinde kalıbın kaliteli, ekonomik ve hızlı hazırlanması, üretim verimliliği ve baskı kalitesi açısından en önemli unsurdur. Kalıbın termal metot ile indirme aşamasında verimlilik ve kalite ile ilgili sorunlarla karşılaşmaktadır. Dijital kalıpların termal metotla indirilmesi sürecinde, kalıba uygulanan parametreler kalıp üzerindeki görüntünün özelliklerini belirlemektedir. Çalışmada; flekso baskıda kullanılan dijital kalıp yapımında pozlandırma parametreleri sabit tutulmuş, termal olarak indirilmesi sürecindeki parametreler ise değişken olarak kabul edilmiştir. İndirme parametrelerinin sistematik olarak analiz edilebilmesi için MiniTAB deney tasarım programı kullanılmıştır. Program ile elde edilen değerler kalıp indirme makinesi yazılımına girilerek; kalıplar farklı ısı, basınç, hız ve tur değerlerinde termal metotla indirilmiştir. İndirilen kalıplar; nokta ölçüm cihazı, sertlik ölçüm cihazı ve mikroskop ile incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda termal metotla kalıp hazırlama parametrelerinin dijital kalıplar üzerinde oluşturulan nokta yapısına etkileri tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Flekso baskı, dijital kalıp, termal kalıp, kalıp hazırlama, kalıp yapım parametreleri

### Determination of The Effects of Digital Thermal Flexo Printing Plate Preparation Parameters on Plate's Dot Structure

#### Abstract

Flexo printing is defined as an elevated printing technique that uses flexible plates and liquid ink enabling rotary printing. Flexo printing is the most common printing technique used primarily in the packaging and labels industry. Besides production efficiency and printing quality, its most important attributes aim to ensure quality, cost-effectiveness and fast plate-making. There are some troubles about productivity and quality during the development of the plate. During the thermal developing process of digital plates, developing parameters determine the image properties on the plate. In this study; exposure parameters of the flexographic digital plate making are accepted constant parameters and parameters of the developing process accepted variable parameters. In order to systematic analysis of the developing parameters, MiniTAB test design software was used. The output of the test design software were entered the developing machine and plates made by the different temperature, pressure, speed and revision thermally. Developed plates were analysed by dot measure device, hardness measure device and microscope. As a result of study; the effects of thermal plate preparation parameters on the plate's dot structure were determined.

**Keywords:** Flexo printing, digital plate, thermal plate, plate making, parameters of plate making

## 1. Giriş

Günümüzde flekso baskı kalıbı yapımı için farklı teknikler kullanılabilir. Bunlardan en yeni ve en gelişmiş olanı ise dijital olarak görüntü aktarılan kalıpların termal olarak indirilmesidir.

Fotopolimer yapıya sahip bu esnek kalıpların minimum zamanda, minimum malzeme kullanımı ile maksimum kalitede elde edilmesi amaçlanmaktadır. Dijital termal kalıpların üretimi ile ilgili araştırmalar devam ederken, bu kalıpların hazırlanmasında etkin olan parametrelerin üretim verimliliği ve kalıp üzerindeki nokta kalitesine etkisinin tespiti araştırılması gereken bir konudur.

Flekso baskı kalıbının esnek oluşu avantajlı olduğu gibi, dezavantajlı olduğu durumlar da vardır. Esnek olan kalıptan baskı alabilmek için, baskı forsanı verildiğinde esneyen tram noktaları baskı yaptığında, noktanın çevresinde çember şeklinde bir kontur oluşur. [1,2,3]

Flekso baskı kalıbı hazırlığında ultraviyole ışığın iki farklı türü kullanılmaktadır. Arka poz, ana poz ve son poz için UV-A olarak adlandırılan, 315-400 nanometre dalga boyuna sahip ışık kullanılırken; bitirme pozu işleminde ise UV-C olarak adlandırılan, 100-280 nanometre dalga boyuna sahip ışık kullanılmaktadır. [8]

Kalıp üzerinde baskı yapacak bölümlerin yüksekte kalmasını sağlamak için, pozlanmamış bölümlerdeki fotopolimer, indirme işlemi sırasında çözülerek kalıptan ayrılır. Termal indirme süreci; çapraz bağlanmamış yani iş olmayan bölgelerin çözülmesi ve çapraz bağlanmış yani iş olan bölgelerin çözülmeden kalıp üzerinde kalması sistemi ile çalışmaktadır. Pozlanmamış bölgelerdeki monomerin dokumasız kumaştan üretilmiş ve developer rulosu olarak adlandırılan malzeme tarafından emilerek kaldırılması ile gerçekleşmektedir. İndirilmiş kalıplara son poz ve bitirme pozu uygulanarak baskıya hazır hale getirilmektedir. [16,17,18,19]

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Kullanılan Materyal, Yöntem, Hammaddeler, Skala ve Cihazlar

Yapılan deneysel çalışmalarda flekso baskıda dijital termal kalıp hazırlama parametreleri ve bu parametrelerin kalıp üzerindeki görüntü yapısına etkileri incelenmiştir. Bu amaçla ambalaj baskısında kullanılan ideal kalınlık ve sertlikte dijital termal kalıp seçilmiştir. Bu kalıp üzerinde farklı parametreleri test etmek amacıyla test skalası hazırlanmıştır. Kalıbın indirilmesini sağlayan parametreler belirlenmiş ve bu parametrelerin test edilebilmesi için test simülasyonu yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım ile belirlenen parametreler kalıp indirme makinesi yazılımına girilerek; kalıplar farklı ısı, basınç, hız ve tur değerlerinde termal metotla indirilmiştir. İndirilen kalıplar; nokta ölçüm cihazı, sertlik ölçüm cihazı ve mikroskop ile incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan hammadde, skala ve cihazların özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

#### 2.1.1. Dijital Termal Flekso Baskı Kalıbı

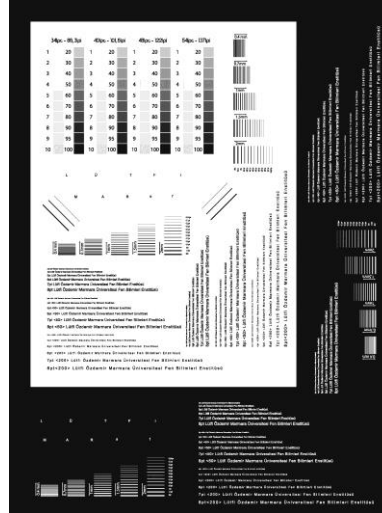
Yapılan deneysel çalışmada DuPont firmasının Cyrel DFH 0.67inch (1,7mm) kalıplar kullanılmıştır. DFH 1,7 mm kalıp kullanılmasının en önemli nedeni; bu kalıpların ambalaj baskısında kalite ve verimlilik açısından en iyi performansı göstermesi ve sektörde tercih edilen kalıp olmasıdır. Bu kalıplar için, görüntü dijital yöntemle kalıba aktarılır ve termal yöntem ile indirilir.

**Tablo 1.** Kullanılan kalıba ait teknik veriler

Kullanılan Kalıplara Ait Teknik Veriler	
Sertlik	70 Sh A
Görüntü Tram Ton Değeri	2 – 98% 60 lpc
Görüntü Reprodüksiyon	0,050 mm
Minimum Pozitif Çizgi Genişliği	
Rölyef Derinliği	0,6 - 0,7 mm

### 2.1.2. Test Skalası

Farklı parametrelerle termal olarak indirilecek kalıpların değerlendirilmesi amacıyla, farklı görüntü alanlarına sahip bir test skalası oluşturulmuştur. Bu kalıplar ile yapılan baskılarda, sektörde flekso baskı sisteminde kullanılan 34, 40, 48, 54 lpc'lik tram sıklıkları seçilmiştir. Hazırlanan test skalası; kalıptan ölçülmesi amaçlanan farklı özellikte tramlardan ve çizgilerden oluşturulmuştur.



Şekil 1. Test Skalası

Test skalası, kalıplar üzerine aktarıldıktan sonra; öncelikle indirme işlemi gerçekleştirilmiş ve indirme işleminden sonra ölçüm cihazları ile test skalası üzerindeki nokta, çizgi yapılarındaki değişimler belirlenmiştir.

### 2.1.3. Kalıp Pozlandırma Makinesi

Kalıp pozlandırma makinesi, baskı kalıbının yapımında arka poz, ana poz, son poz ve bitirme pozlarının verilmesini sağlayan bir makinedir. Bu makinede UVA ve UVC ışık kaynakları ile pozlandırma yapılmaktadır.

### 2.1.4. Bilgisayardan Kalıba Görüntü İşleme Makinesi

Bilgisayarda hazırlanan test skalası kalıp üzerindeki şablon tabakasına Esko CDI Spark 4835 görüntü işleme makinesi kullanılarak hazırlandı. Görüntü işleme makinesi Yag-Lazer ile kalıp üzerinde bulunan şablon tabakasını yakarak görüntü şablonunu oluşturur. Bu şablon tabakası üzerinde görüntü olan yerler yakılmış olacağı için ana poz sürecinde sadece maskelenmeyen bölgeler ışığı geçirmektedir.

**Tablo 2.** Bilgisayardan kalıba görüntü işleme makinesinin özellikleri

Lineer Hız	Alan	İmaj İşleme Hızı
V-hız(Çok hızlı)	Kalıplar: 43 mm/min	4260: 4.3 m <sup>2</sup> / saat
Kalıp Özellikleri	Kalıp İşleme	
Kalıp Türü	Dijital fleksografik ve tipo kalıbı polyester tabanlı (Max. 4000ppi)	
Kalıp Ölçüsü	1200 x 900 mm	
Kalıp Kalınlığı	0,76 to 6,35mm	
Ölçü (y x g x d)	2100 x 1100 x 1160 mm	

### 2.1.5. Termal Kalıp İndirme Makinesi

Hazırlanan kalıplar DuPont Cyrel FAST 1000TD cihazı kullanılarak termal olarak indirilmiştir. Termal kalıp indirme makinesi; kalıbın yapısına ve özelliğine göre standart programlar kullanarak indirme işlemini gerçekleştirmektedir.

**Tablo 3.** Termal Kalıp İndirme Makinesinin Özellikleri

Makine Özellikleri	
Ekipman adı	DuPont™ Cyrel® FAST 1000 TD
Maksimum kalıp genişliği	900 mm – 36 inch
Minimum kalıp uzunluğu	254 mm – 10 inch
Maksimum kalıp uzunluğu	1200 mm – 48 inch
Maksimum kalıp kalınlığı	2,84 mm
Basınçlı hava	112 litre/dakika (nem ihtiva etmeyen)
Ortam bilgileri	Ortam sıcaklık aralığı 8.3°C ile 29.4°C – 47°F to 85°F

**Tablo 4.** DFH 1,7 Kalıbının Standart Programda İndirme Parametreleri

Tur Sayısı	Basınç (%)	Hız (inç/d)	IR (%)
1	100	25	80
2	100	30	80
3	90	30	80
4	90	30	70
5	90	30	70
6	80	35	70
7	80	35	60
8	70	40	60
9	70	40	60
10	60	40	60
11	60	40	50

Tablo 4’te görüldüğü üzere; termal kalıp indirme makinesi DFH 1,7 kalıplar için standart olarak 11 dönüş gerçekleştirerek kalıbı indirmektedir. Standart programda 11 dönüşten sonra relief derinliği 0,6 – 0,7 mm aralığına ulaştığında (0,65 ideal kabul edilmektedir) kalıp makinenin dışına alınır. Hazırlanan kalıplar; standart kalıp ve deney tasarım programı ile kriterleri belirlenen 27 kalıp termal olarak indirilmiştir.

#### **2.1.6. Baskı Makinesi**

Baskı işlemi Art Ambalaj baskı bölümündeki Bielloni marka (Şekil2.6) makinede basıldı. Makine hızı dakikada 150m olacak şekilde ayarlandı. Normalde 8 renk basabilen makinenin 7 renk ünitesi iptal edilerek hazırlanan magenta mürekkep ile baskıya girildi.

Baskı Makinesi; 8 adet renk istasyonuna, 250metre/dakika baskı hızına, 300mm – 800mm arasındaki tekrar uzunluğuna, 1200mm baskı genişliğine, otomatik pre-register ayarına ve kapalı doktor blade sistemine sahip özelliktedir.

#### **2.1.7. Mürekkep**

Deneyel çalışmada Kolorkim firmasının, Euroflex-r serisi solvent bazlı magenta mürekkebi kullanılmıştır. Baskı için önce mürekkep vizkositesi 18-19s aralığında ayarlanıp, Etil Alkolle bomesi 99,6 olacak şekilde inceltirilmiştir.

#### **2.1.8. Baskıaltı Malzemesi**

40 mikron kalınlığında beyaz LDPE malzeme kullanıldı. Baskı uzunluğu ayar süreci ile birlikte 7000m.

#### **2.1.9. Deney Tasarımı ve Deney Tasarım Yazılımı**

Hücre – kolon bazlı çalışan deney tasarımı ve istatistiksel analiz gerçekleştiren yazılımdır. Çalışma sayfaları, grafik ve analiz pencereleri gibi alt bileşenlerden oluşmaktadır. Deney tasarım metotları; en az deney ile en fazla sonuç elde etmek için değişkenlerin deney kombinasyonlarını düzenleyen metotları içermektedir. Deney tasarım yöntemleri düzenlendiği deney sayısına ve etkili sonuçlar çıkarma kabiliyetleri açısından birbirinden ayrılmaktadır. Deney tasarımı elde var olan opsiyonların seçimi ile ilgilidir.

#### **2.2. Yöntem**

Deney tasarımı; dijital termal kalıp indirme parametrelerinin değişken sayısı ve parametre sayısı nedeniyle yanıt yüzeyi (Response Surface) optimizasyon metodu kullanılmıştır. Yanıt yüzeyi metodu ürün geliştirme sürecinde çok kriterli karar verme durumlarında kullanılan önemli yöntemlerden biridir. Bilimsel deney tasarımı yöntemlerini kullanarak hazırlanan; bağımsız değişkenlerin 2den çok olduğu durumlarda deney tablosundaki faktörlerin maksimum ve minimum değerleri arasındaki durumların analizinde kullanılan en etkin metottur. [19]

**Tablo 5.** Minitab Programında Yanıt Yüzeyi Optimiasyon Metodu ile Kalıp Parametrelerine Göre Tasarlanan Testler ve Parametreleri

Test Uygulama Sırası	Test Numarası	Tur Sayısı	Basınç (%)	Hız (inç/d)	IR (%)
27	1	10	75	35	65
26	2	10	75	35	65
2	3	12	50	35	65
8	4	10	75	50	90
6	5	10	75	50	40
19	6	8	75	50	65
7	7	10	75	20	90
5	8	10	75	20	40
13	9	10	50	20	65
3	10	8	100	35	65
9	11	8	75	35	40
14	12	10	100	20	65
25	13	10	75	35	65
1	14	8	50	35	65
15	15	10	50	50	65
24	16	10	100	35	90
22	17	10	100	35	40
12	18	12	75	35	90
20	19	12	75	50	65
17	20	8	75	20	65
4	21	12	100	35	65
16	22	10	100	50	65
21	23	10	50	35	40
11	24	8	75	35	90
18	25	12	75	20	65
10	26	12	75	35	40
23	27	10	50	35	90

Hazırlanan test parametreleri Test Numarası belirtilerek numaralandırılmıştır. Yanıt yüzeyi optimizasyon methodu ile 27 adet test kalıbı ve bunlara ait parametreler Tablo 5'te görülmektedir. Dijital termal kalıp hazırlama parametrelerine bağlı olarak oluşturulan bu testler Test Uygulama Sıralaması ile uygulanarak test tutarlılığı sağlanmıştır. Deney tasarım yazılımı ile belirlenen 27 adet kalıp ve Dupont firmasının standart değerleri ile üretilen 28. kalıp testlerde kullanılacak kalıplardır.

Deney tasarımı yazılımında oluşturulan test parametrelerinin uygulanacağı bu kalıplara öncelikle 40s arka poz verilmiş ve bilgisayardan kalıba görüntü işleme makinesi ile test skalası kalıplar üzerindeki şablon tabakada oluşturulmuştur. Şablon tabakaya görüntü aktarımından sonra kalıplara 600s (10 dakika) ana poz verilmiş ve kalıplar üzerinde görüntü oluşum sürecine başlanmıştır.

Baskı öncesi uygulanan testler ve kalıplar üzerinden yapılan ölçümler ise aşağıdaki gibidir;

- Her kalıp bilgisayardan kalıba sistemi ile üzerlerine test skalası işlendikten sonra ana poz verilmiş, indirme işlemine tabi tutulmadan önce şablon tabaka üzerinden tram ton değerleri ölçülmüştür. Kalıplar indirilip, son poz ve bitirme pozu uygulandıktan sonra kalıp üzerindeki tram ton değerleri % cinsinden nokta ölçüm cihazı ile ölçülmüştür.
- Kalıplar indirme işleminden önce ve sonra hassas terazi ile tartılarak indirme sürecinde kalıp üzerinden ağırlık olarak ne kadar polimer alındığı tespit edilmiştir.
- Her kalıbın rölyef derinliği mikro metre ile ölçülmüştür.

- Kalıplar hazırlandıktan sonra dijital mikroskop ile kalıp üzerindeki çizgilerin kalınlıkları, kalıbın kesiti alınarak mm cinsinden ölçülmüştür.
- Kalıplar hazırlandıktan sonra dijital mikroskop ile farklı tram sıklıklarında ve farklı tram ton değerlerindeki tram noktası rölyef derinliği, kalıbın kesiti alınarak mm cinsinden ölçülmüştür.
- Kalıplar hazırlandıktan sonra dijital mikroskop ile farklı tram sıklıklarında ve farklı tram ton değerlerindeki tram noktalarının omuz açıları, kalıbın kesiti alınarak derece cinsinden ölçülmüştür.

Uygulanan parametrelerle termal olarak indirilen kalıplara son poz ve bitirme pozu 5 er dakika olarak uygulanmıştır.

Flekso baskı makinesinde yapılan bu testte; standart kalıp, RunOrder16 ve RunOrder6 numaralı test kalıpları aynı kalıp silindiri üzerine yapıştırılmış, böylece baskı parametrelerinin her kalıp için aynı olması sağlanmıştır. 40 $\mu$  kalınlıkta LDPE baskı altı malzemesi üzerine optimum fiziksel baskı atölyesi şartlarında baskı yapılmıştır.

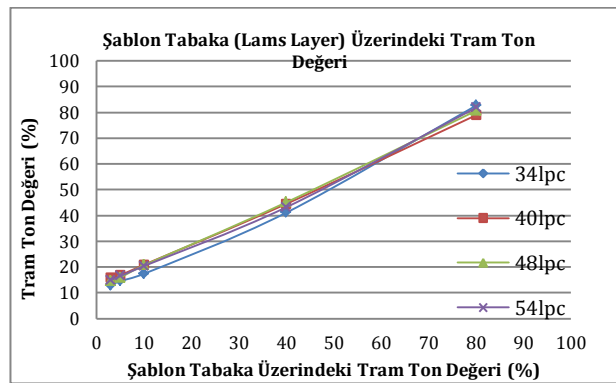
Alınan baskı örnekleri nokta ölçüm cihazı ile ölçülünerek, farklı indirme parametreleri ile hazırlanmış olan standart kalıp, RunOrder16 ve RunOrder6 kalıplarının baskı sonuçları karşılaştırılmıştır.

### 3. Bulgular

Bu güne kadar yapılan araştırmalarda cihazın standart değerleri değiştirilmeden ve uygulanan basınç yüzdesi, indirme hızı ve infrared ısıtma yüzdesi parametreleri değiştirilmeden inceleme çalışmaları yapılmaktaydı. Bu çalışmada dijital termal kalıp indirme cihazının yönetim paneli kullanılarak, tur sayısı, basınç uygulama yüzdesi, IR ısıtıcı kullanım yüzdesi ve indirme hızı parametreleri değiştirilmiş ve bu parametrelerin baskı kalitesine etkisi incelenmiştir.

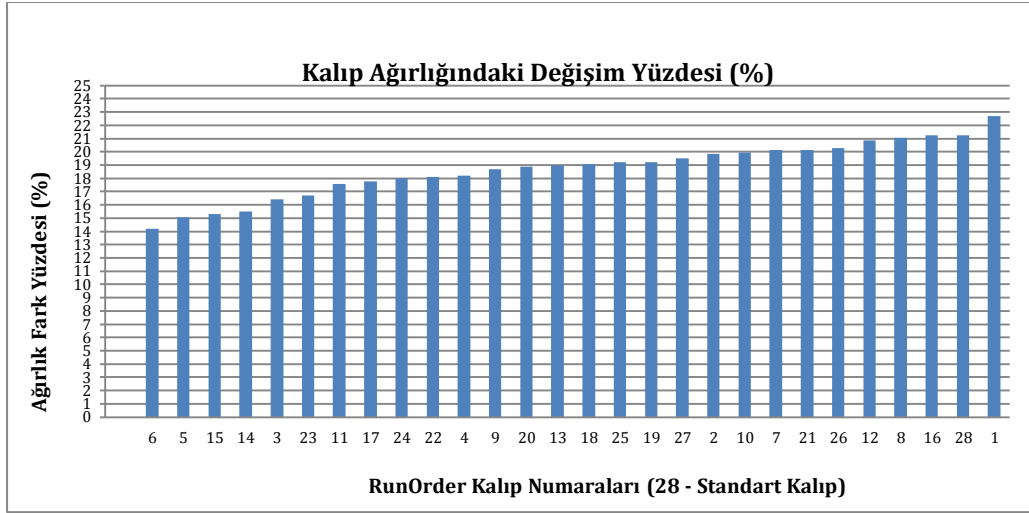
Geliştirilen bu metotla elde edilen kalıpların kalitesi gerçek üretim şartlarında, bakımı ve ayarları yapılmış flekso baskı makinesi ile polietilen malzeme üzerine yapılan baskılarla kanıtlanmıştır.

Kalıplar hazırlandıktan sonra nokta ölçüm cihazı ve dijital mikroskop ile farklı tram sıklıklarında ve farklı tram ton değerlerindeki tram noktalarının; lams layer üzerinde (Tablo 6), kalıp üzerinde ve baskı sonucunda ölçümleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Şablon Tabaka (Lams Layer) Üzerindeki Tram Ton Değeri Grafiği

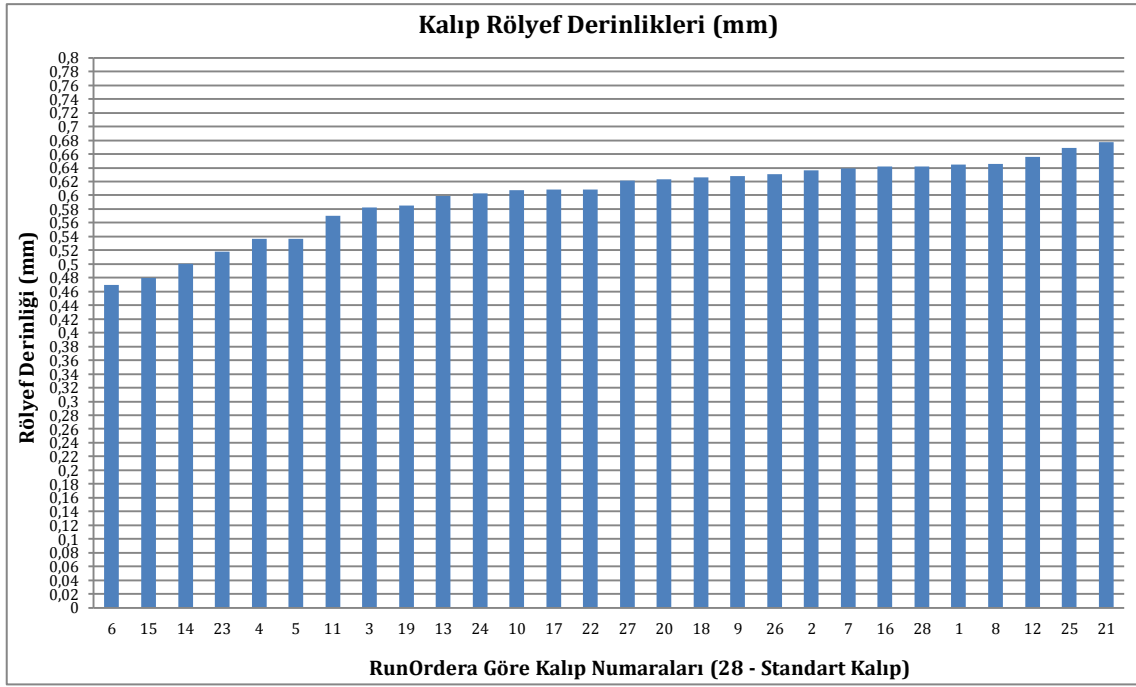
Uygulanan parametrelerle termal olarak indirilen kalıplara son poz ve bitirme pozu 5 er dakika olarak uygulanmıştır. Elde edilen kalıpların indirme sürecinin öncesinde ve sonrasında ağırlık farkları ölçülmüş ve ne kadar polimerin kalıptan söküldüğü ölçülmüştür.



**Şekil 3.** Test Kalıpları Ağırlık Fark Yüzdesi Grafiği  
(28.; Üretici Firmanın Standart Parametreleri ile Elde Edilen Kalıp)

Şekil 3'te test kalıplarının ağırlığındaki değişim yüzdesinin grafiği görülmektedir. Deney tasarım yazılımındaki parametrelerle elde edilen kalıplar ve üretici firmanın standart parametreleri ile elde edilen kalıp (28 numaralı kalıp) aynı şartlarda ve aynı terazi ile ölçülmüştür. Ölçümü gerçekleştirilen test kalıplarının; kalınlıkları, üzerlerinde oluşturulan test skalası ve poz süreleri aynı olmasına rağmen uygulanan test parametrelerin, kalıp yüzeyinden sökülen fotopolimer oranında farklılık oluşturduğu görülmektedir. RunOrder1 numaralı parametrelerle indirilen kalıp en fazla, RunOrder6 numaralı parametrelerle indirilen kalıp ise en az polimeri kalıp yüzeyinden kaldırmıştır. Kalıp yüzeyinden sökülen fotopolimer oranının farklı olması; dijital termal kalıp indirme parametrelerinin kalıp üzerindeki fotopolimer miktarını ve dolayısı ile görüntü oluşumunu etkilediği görülmüştür.

Ağırlık farkı ölçümünden sonra test kalıplarının rölyef derinliği mikro metre ile ölçülmüş, değişkenlerin rölyef derinliğine etkisi tespit edilmiştir.



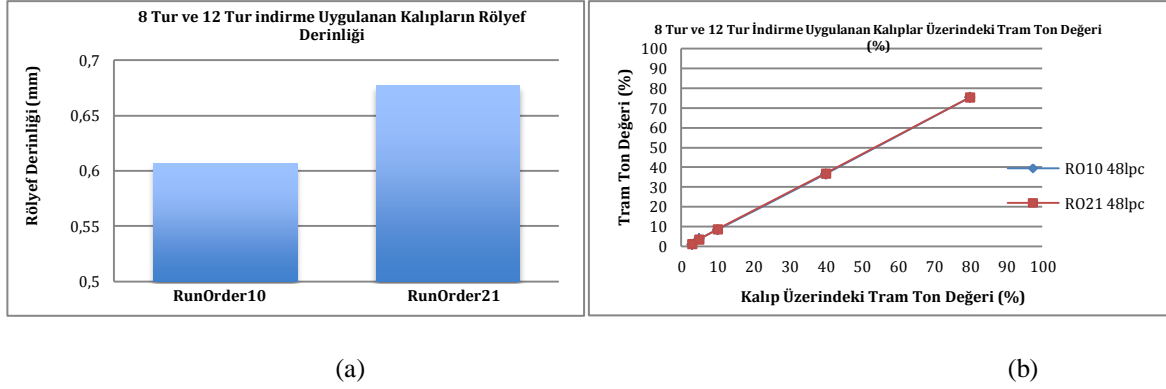
Şekil 4. Test Kalıpları Rölyef Derinlikleri Grafiği

Şekil 4'te görüldüğü gibi; en düşük rölyef derinliği RunOrder6 kalıbında, en fazla rölyef derinliği ise RunOrder21 kalıbında oluşmuştur. Standart kalıbın rölyef derinliği ile aynı değerde rölyef derinliği RunOrder16 numaralı parametrelerin uygulandığı test kalıbında elde edilmiştir. Kalıp yapımındaki parametreler olan; tur sayısı, basınç uygulama yüzdesi, hız ve infrared ısıtma yüzdesi parametrelerinin bu değişimin temel nedenini oluşturduğu belirlenmiştir.

Rölyef derinliği ölçümünden sonra test kalıpları RunOrder numarasına göre uygulanan parametreler analiz edilmiş ve test çalışmalarının değişkenleri olan tur sayısı, uygulanan basınç yüzdesi, indirme hızı ve infrared ısıtma yüzdesi parametrelerinin rölyef derinliğine etkisinin grafikleri çıkartılmıştır.

### 3.1. Tur Sayısının Rölyef Derinliğine Etkisi

Kalıp indirme parametrelerinden tur sayısının rölyef derinliğine etkisinin belirlenebilmesi için öncelikle minimum ve maksimum tur sayılarında indirilmiş kalıplar belirlenmiştir. Belirlenen bu kalıplar RunOrder10 ve RunOrder21 numaralı kalıplardır. Bu kalıpların indirilmesindeki diğer parametreler olan basınç uygulama yüzdesi (%100), hız (35inç/d) ve infrared ısıtma yüzdesi (%65) değerleri sabit tutulmuş, tur sayıları ise değişken olarak belirlenmiştir. RunOrder 10 numaralı kalıp 8 tur sayısında, RunOrder 21 numaralı kalıp ise 12 tur sayısında indirilmiştir.



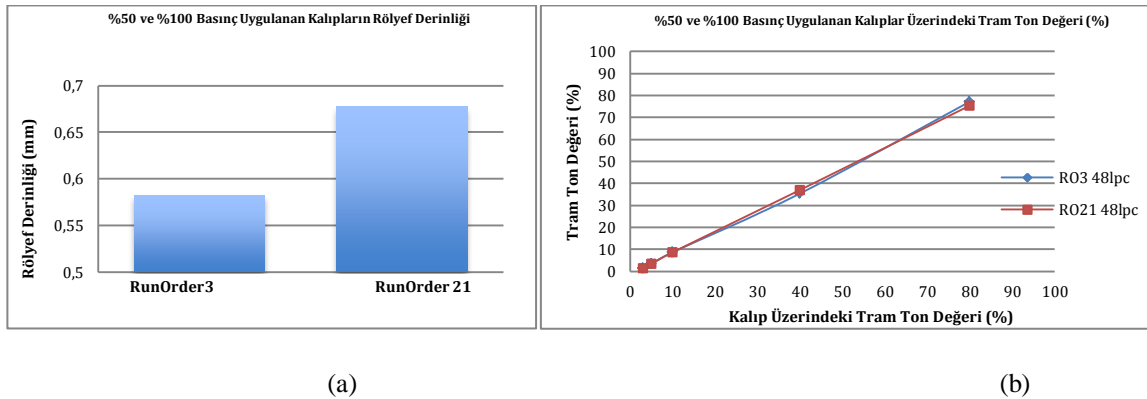
Şekil 5. Farklı Tur Sayılarında İndirilen Kalıpların Rölyef Derinliği (a) ve Kalıplar Üzerindeki Tram Ton Değeri Grafiği (b)

Şekil 5.(a)'da 8 ve 12 turda indirilen kalıplar arasındaki rölyef derinliği farkı görülmektedir. Kalıpların rölyef derinlikleri ise; RunOrder10'da 0,607mm, RunOrder21'de ise 0,677mm'dir. Test çalışması içerisinde tur sayısının 8'den 12'ye çıkmasının (%50 fazla tur sayısı uygulanmasının) rölyef derinliğini %10,34 oranında etkilediği tespit edilmiştir. RunOrder10'da %19,95, RunOrder21 de ise %20,15 oranında gerçekleşen kalıp ağırlıklarındaki değişim yüzdeleri de oluşan bu rölyef derinliği farkını doğrulamaktadır.

Şekil 5.(b)'deki 8 ve 12 turda indirilmiş kalıplar üzerindeki tram ton değerlerine bakıldığında ise; nokta eğrileri arasında fark olmadığı, rölyef derinlikleri farklı olmasına rağmen kalıp üzerindeki nokta büyüklükleri arasında fark olmadığı Şekil 4.'te görülmektedir.

### 3.2. Basınç Yüzdelerinin Rölyef Derinliğine Etkisi

Uygulanan basınç yüzdesinin rölyef derinliğine etkisinin belirlenebilmesi için öncelikle %50 ve %100 basınç yüzdesi uygulanarak indirilmiş kalıplar belirlenmiştir. Belirlenen bu kalıplar RunOrder3 ve RunOrder21 numaralı kalıplardır. Bu kalıpların indirilmesindeki diğer parametreler olan tur sayısı (12) hız (35inç/d) ve infrared ısıtma yüzdesi (%65) değerleri sabit tutulmuş, basınç uygulama yüzdesi ise değişken olarak belirlenmiştir. RunOrder 3 numaralı kalıp %50 basınç değerinde, RunOrder 21 numaralı kalıp ise %100 basınç değerinde indirilmiştir.

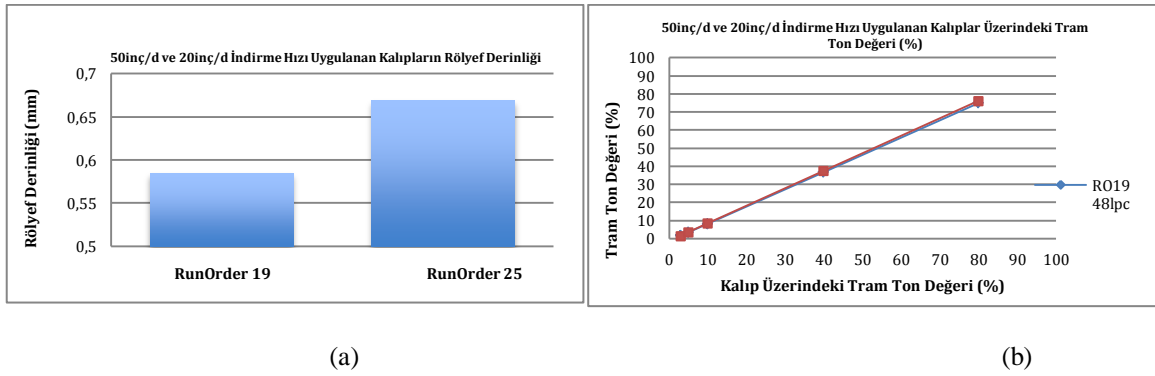


Şekil 6. a) Farklı Basınç Yüzdeleri Uygulanarak İndirilen Kalıpların Rölyef Derinliği, b) Kalıplar Üzerindeki Tram Ton Değeri Grafiği

Şekil 6. a'da %50 ve %100 basınç uygulanarak indirilen kalıplar arasındaki rölyef derinliği farkı görülmektedir. Uygulanan bu parametreler sonucu oluşan rölyef derinlikleri ise; RunOrder3 numaralı kalıpta 0,582mm, RunOrder21 numaralı kalıpta ise 0,677mm dir. Test çalışması içerisinde; basınç uygulama yüzdesinin %50 arttırılmasının rölyef derinliğini %14,04 oranında etkilediği tespit edilmiştir. RunOrder3'te %16,43, RunOrder21 de ise %20,15 oranında gerçekleşen kalıp ağırlıklarındaki değişim yüzdeleri de oluşan bu rölyef derinliği farkını doğrulamaktadır. Bu kalıpların nokta eğrileri arasında göz ardı edilecek kadar fark olduğu, rölyef derinlikleri farklı olmasına rağmen kalıp üzerindeki nokta büyüklükleri arasında fark olmadığı Şekil 6.b'de görülmektedir.

### 3.3. İndirme Hızının Rölyef Derinliğine Etkisi

Kalıp indirme parametrelerinden indirme hızının rölyef derinliğine etkisinin belirlenebilmesi için öncelikle test kalıplarında uygulanan minimum hız olan 20inç/d ve maksimum hız olan 50inç/d değerleri ile indirilmiş kalıplar belirlenmiştir. Belirlenen bu kalıplar RunOrder19 ve RunOrder25 numaralı kalıplardır. Bu kalıpların indirilmesindeki diğer parametreler olan tur sayısı (12), uygulanan basınç yüzdesi (%75) ve infrared ısıtma yüzdesi (%65) değerleri sabit tutulmuş, indirme hızı ise değişken olarak belirlenmiştir. RunOrder19 numaralı kalıp 50inç/d hızında, RunOrder25 numaralı kalıp ise 20inç/d hızında indirilmiştir.



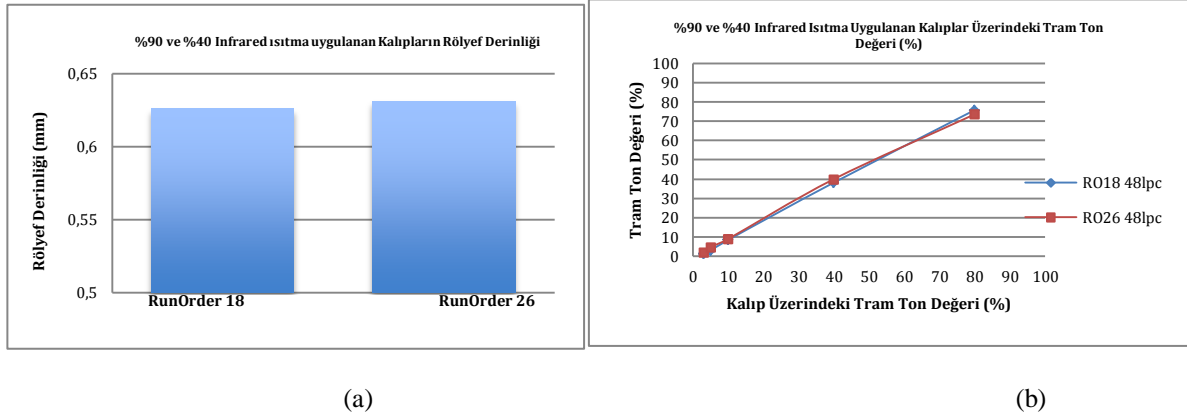
Şekil 7. a)Kalıplara Uygulanan İndirme Hızının Rölyef Derinliğine Etkisi, b) Kalıplar Üzerindeki Tram Ton Değeri Grafiği

Şekil 7.a'da 50inç/d ve 20inç/d hızlarda indirilen kalıplar arasındaki rölyef derinliği farkı görülmektedir. Uygulanan bu parametreler sonucu oluşan rölyef derinlikleri ise; RunOrder19 numaralı kalıpta 0,585mm, RunOrder25 numaralı kalıpta ise 0,669mm dir. Dijital termal kalıp yapımında indirme hızının test kalıpları içerisinde 50inç/d'dan 20inç/d'ya düşürülmesi durumunun (hızın %60 azaltılmasının) test edilmesi sonucu; indirme hızının rölyef derinliğini %12,56 oranında etkilediği tespit edilmiştir. Bu kalıpların ağırlık farklarındaki değişim ise; RunOrder19'da %19,22, RunOrder25'te ise %19,20 oranında gerçekleşmiştir. 50inç/d ve 20inç/d hızlarda indirilmiş kalıplar üzerindeki tram ton değerlerine bakıldığında ise (Şekil 7..b); rölyef derinlikleri farklı olmasına rağmen kalıp üzerindeki nokta büyüklükleri arasında fark olmadığı görülmektedir.

### 3.4. Infrared Isıtma Yüzdesinin Rölyef Derinliğine Etkisi

Infrared ısıtma yüzdesinin rölyef derinliğine etkisinin belirlenebilmesi için öncelikle test kalıplarına uygulanan minimum ısıtma yüzdesi olan %40 ve maksimum ısıtma yüzdesi olan %90 ısıtma yüzdesi uygulanmış kalıplar belirlenmiştir. Belirlenen bu kalıplar RunOrder18 ve RunOrder26 numaralı kalıplardır. Bu kalıpların indirilmesindeki diğer parametreler olan tur

sayısı (12), uygulanan basınç yüzdesi (%75) ve indirme hızı (35inç/d) değerleri sabit tutulmuş, infrared ısı uygulama yüzdesi ise değişken olarak belirlenmiştir. RunOrder18 numaralı kalıba infrared ısıtma %90 oranında, RunOrder26 numaralı kalıba ise %40 oranında uygulanmıştır.

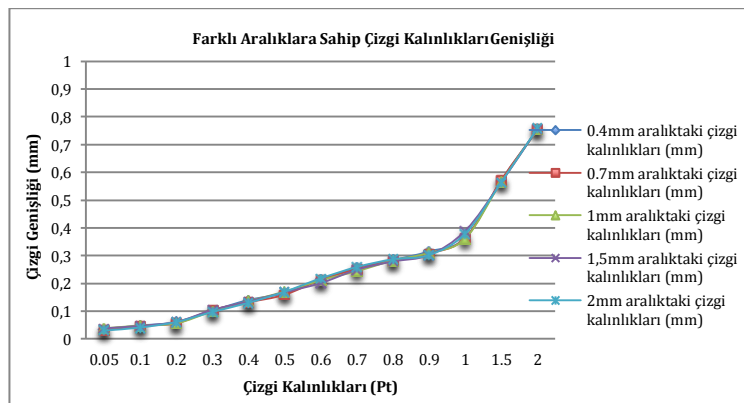


Şekil 8. a) Kalıplara Uygulanan Infrared Isıtmanın Rölyef Derinliğine Etkisi, b) Kalıplar Üzerindeki Tram Ton Değeri Grafiği

Şekil 8.a'da %90 ve %40 infrared ısıtma uygulanarak indirilen kalıplar arasındaki rölyef derinliği farkı görülmektedir. Uygulanan bu parametreler sonucu oluşan rölyef derinlikleri ise; RunOrder18 numaralı kalıpta 0,626mm, RunOrder26 numaralı kalıpta ise 0,631mm dir. Infrared ısıtmanın %90 uygulama yüzdesinden %40 uygulama yüzdesine düşürülmesinin test edilmesi sonucu; infrared ısıtma yüzdesinin %55,56 değişiminin rölyef derinliğini %0,8 oranında etkilediği tespit edilmiştir. %90 ve %40 infrared ısıtma uygulanarak indirilmiş kalıplar üzerindeki tram ton değerlerine bakıldığında (Şekil 8.b); nokta eğrileri arasında göz ardı edilebilecek kadar fark olduğu, rölyef derinlikleri arasındaki farkın da göz ardı edilebilecek düzeyde olduğu ve kalıp üzerindeki nokta büyüklükleri arasında fark olmadığı görülmektedir.

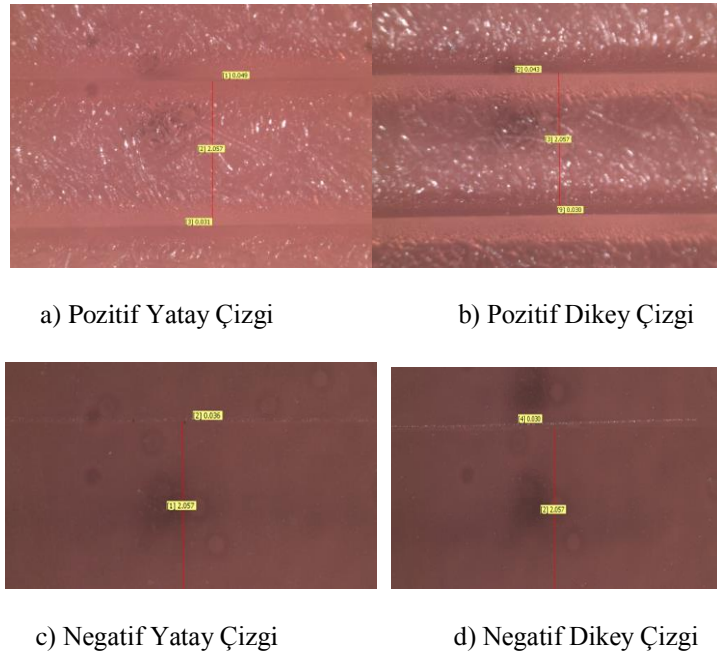
### 3.5. Kalıp Testi Bulguları

Termal indirme işlemi uygulanan kalıplara 300'er saniye son poz ve bitirme pozu uygulanmıştır. Böylelikle baskıya hazır duruma getirilen kalıplar üzerinden mikroskop ile çizgi özellikleri nokta büyüklükleri ölçülmüştür.



Şekil 9. Farklı Aralıklara Sahip Çizgi Kalınlıklarının Genişlik Değeri Grafiği

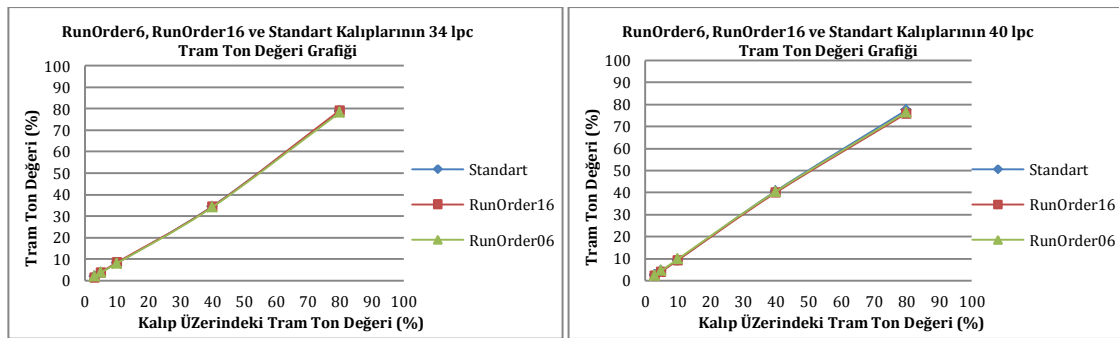
0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1, 1.5 ve 2 punto kalınlığında; 0.4mm, 0.7mm, 1mm, 1.5mm ve 2mm aralıklara sahip olarak yerleştirilen pozitif çizgilerin genişliklerinin ölçüm sonucu Şekil 9.'da görülmektedir. Yapılan ölçümler sonucunda farklı kalınlıktaki bu çizgilerin farklı aralıklarla yerleştirilmiş olmalarının kalıp üzerindeki kalınlıklarına etkisinin olmadığı belirlenmiştir.



**Şekil 10.** 0,1 pt Kalınlıktaki Yatay Çizgilerin ve Dikey Çizgilerin Kalıp Üzerindeki Kalınlıklarının 128x Büyütülmüş Görüntüsü

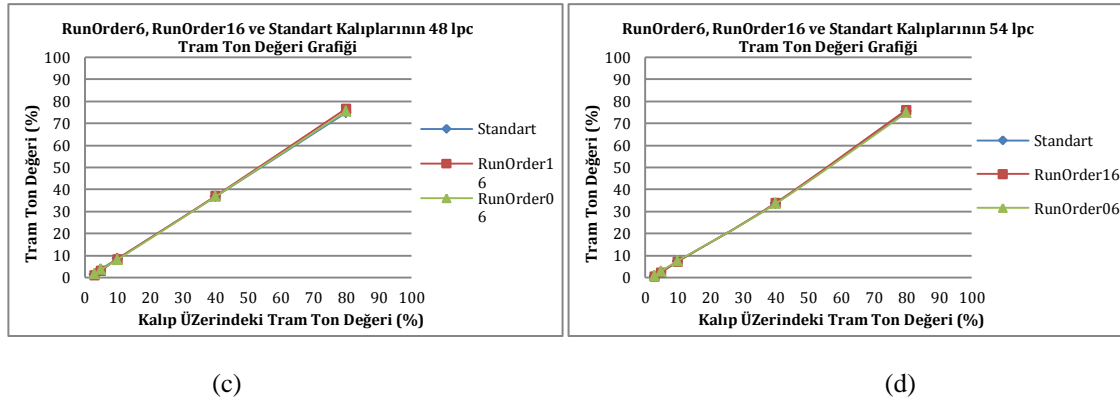
Ölçümler sonucunda; çizgilerin yatayda veya dikeyde, pozitif veya negatif olmaları durumunun kalıp üzerindeki kalınlıklarında fark olmadığı tespit edilmiştir.

Tram ton değeri grafikleri sonucuna göre DuPont firmasının standart kalıbı ile aynı tram ton değerine sahip olan RunOrder6 ve RunOrder16 kalıpları seçilmiştir. RunOrder6, RunOrder16 ve standart kalıp tram ton değeri karşılaştırmaları ise Şekil 11 'de verilmiştir.



(a)

(b)



Şekil 11. RunOrder6, RunOrder16 ve Standart Kalıpların Tram Sıklığına Göre Tram Ton Değeri Grafikleri (a: 34lpc, b: 40lpc, c: 48lpc, d: 54lpc)

Baskı testinde kullanılacak kalıplardan ilki olan RunOrder16 numaralı kalıbın, rölyef derinliği standart kalıbın rölyef derinliği olan 0,642mm'dir (Şekil 4). RunOrder16 kalıbının tram ton değeri standart kalıp ile aynıdır (Şekil 11). Baskı testinde kullanılacak olan RunOrder6 kalıbının ise tram ton değerleri standart kalıp ile aynı değerde (Şekil 11) fakat rölyef derinliği ise 0,5mm'dir (Şekil 4).

Böylece üretim parametreleri farklı tram ton değerleri aynı olan üç kalıp seçilmiştir.

Bu kalıplardan ilki; rölyef derinliği test kalıpları içerisinde en az rölyef derinliği olan 0,5mm, diğer kalıplardan biri standart parametrelerle indirilmiş 0,642mm rölyefe sahip kalıp, üçüncü kalıp ise standart kalıp ile aynı rölyef derinliğine (0,642) ve tram ton değerine sahip RunOrder16 kalıbıdır. Seçilen bu üç kalıbın baskı performanslarının karşılaştırılması için test baskısı yapılmasına karar verilmiştir.

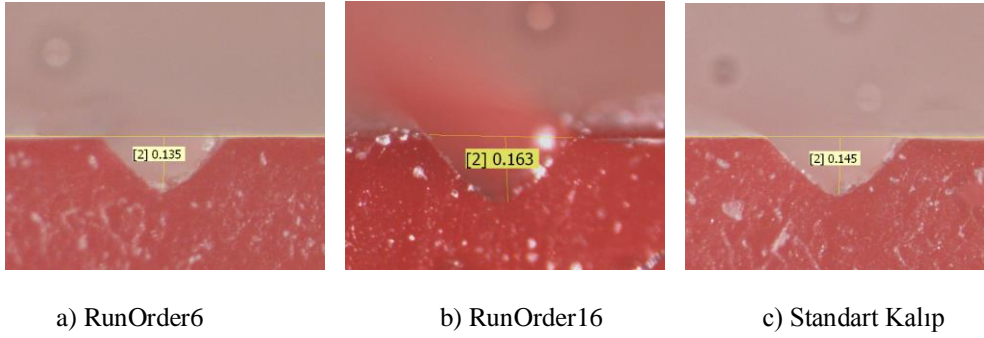
Tablo 6. RunOrder6 RunOrder16 Kalıplarının İndirme Parametreleri

RunOrder	Tur Sayısı	Basınç Uygulama Yüzdesi(%)	Hız (inç/d)	IR ısıtma (%)
6	8	75	50	65
16	10	100	35	90

RunOrder6 numaralı test kalıbı, 8 tur sayısında, %75 basınç altında, 50inç/d hızda ve %65 infrared ısıtma parametreleri kullanılarak, standart kalıbın tram ton değerleri ile aynı değerlerde elde etmiştir. Rölyef derinliği standart kalıptan farklı olarak 0,5mm'dir.

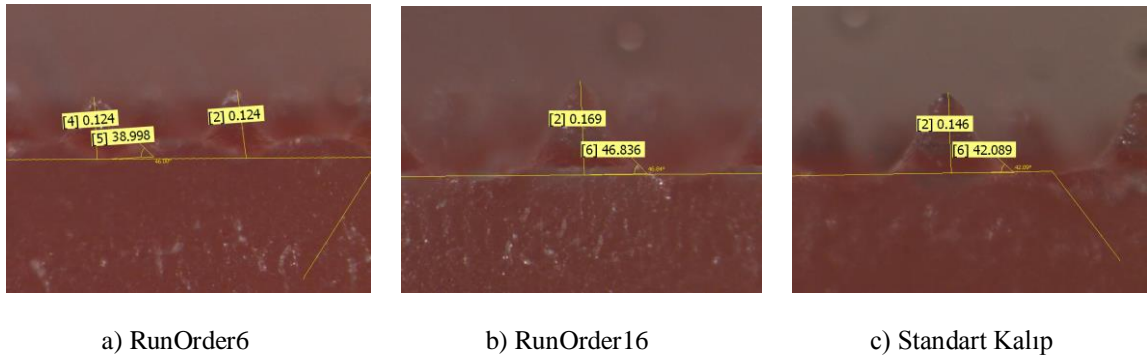
RunOrder16 numaralı test kalıbı, 10 tur sayısında, %100 basınç uygulama yüzdesi altında, 35inç/d hızda ve %90 infrared ısıtma yüzdesi parametreleri kullanılarak, standart kalıbın tram ton değeri ile aynı değerlerde elde etmiştir. Standart kalıpta 11 tur sayısında elde edilen rölyef derinliğini 10 turda elde etmiştir.

RunOrder6 ve RunOrder16 numaralı test kalıpları ile standart test kalıbının tram ton değerlerinin aynı olmaları, RunOrder16 ile standart test kalıbının rölyef derinliklerinin aynı olmaları fakat ağırlık fark yüzdelere farklı olmaları sebebiyle bu kalıplar mikroskop altında incelenmiştir. Kalıpların yüzey ve kesit görüntüleri ölçümlenmiş, kalıp üzerindeki çizgiler ile nokta yapıları incelenmiştir.



**Şekil 12.** RunOrder6 ve Runorder16 ve Standart Kalıplar Üzerindeki 2punto Kalınlığındaki Negatif Yatay Çizgi Derinliklerinin 128x Büyütülmüş Görüntüsü.

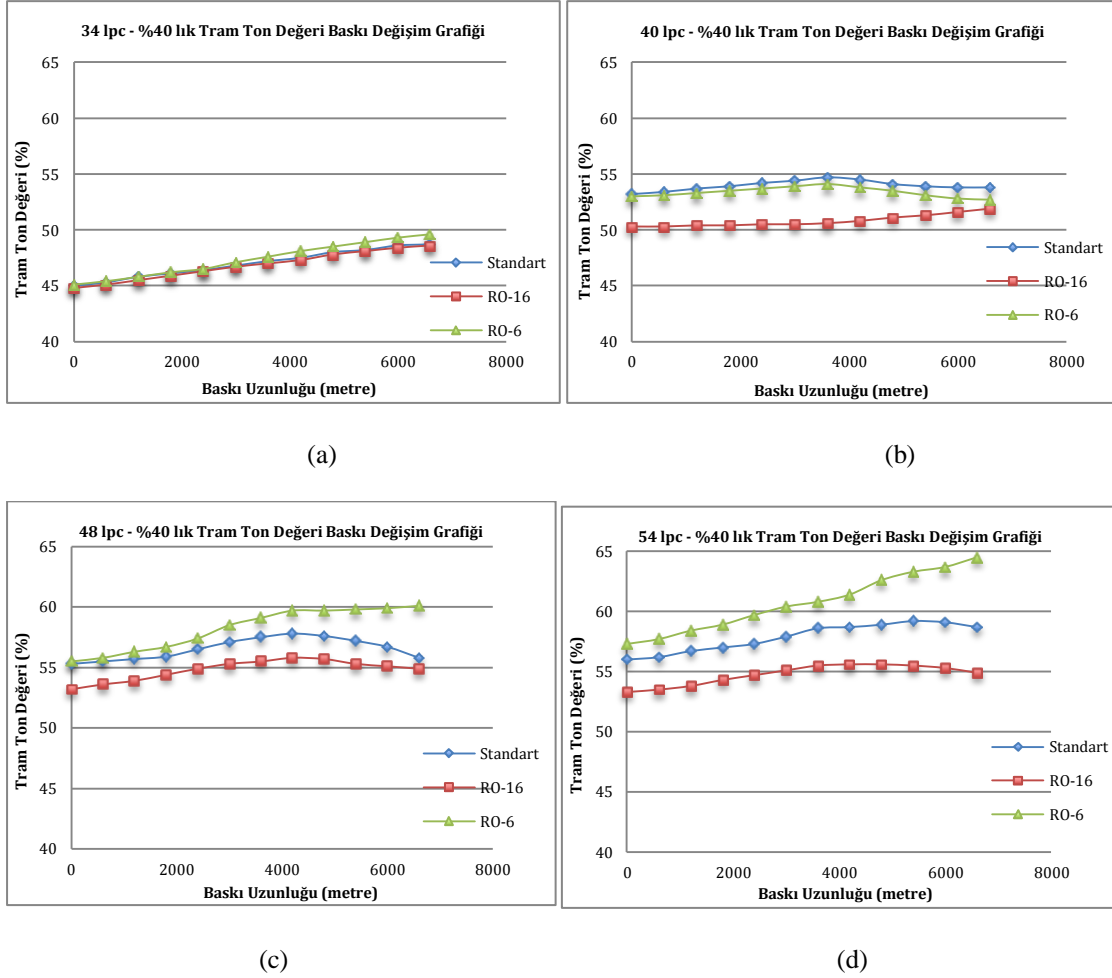
Şekil 12.'de görüldüğü gibi 2punto kalınlığındaki negatif çizgilerin; RunOrder6 kalıbındaki derinliği en az elde edilmiştir. RunOrder16 kalıbında ise standart kalıptakinden daha derin negatif çizgi elde edilmiştir. Bu doğrultuda RunOrder16 kalıbının hazırlama parametrelerinin; aynı genişlikteki negatif çizgilerin standart kalıba göre daha derin elde edilmesini sağladığı tespit edilmiştir.



**Şekil 13.** RunOrder6, RunOrder16 ve Standart Kalıplar Üzerindeki 40lpc'de %3'lük Noktaların 128x Büyütülmüş Görüntüsü.

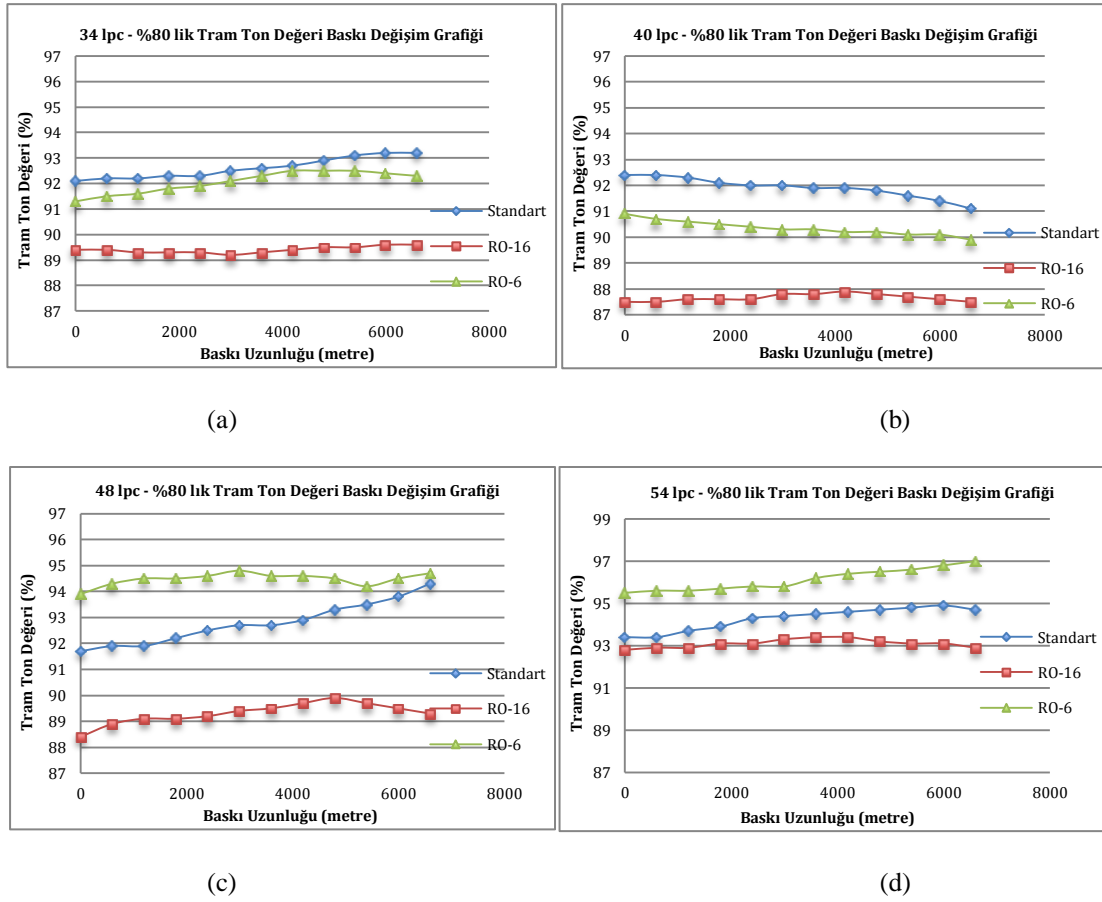
Test kalıplarının kesitleri alınarak yapılan mikroskobik analizler sonucunda; tram noktalarının yapısal özelliklerinin indirme parametrelerine göre değişimi ölçümlenmiştir. Şekil 13.'te görüldüğü gibi; %3'lük tram noktasının kalıplar üzerindeki yüksekliği, RunOrder6'da 124 $\mu$ , RunOrder16'da 169 $\mu$  ve standart kalıpta 146 $\mu$  değerindedir. Kalıp üzerindeki alanlarda rölyef derinliği, zemin alanlar ve tram içi derinlik olmak üzere iki şekildedir. RunOrder16'da elde edilen tram noktaları standart kalıba göre yaklaşık 0,03mm daha yüksek tram içi rölyefe ve 4,75<sup>0</sup> daha dik omuz açısına sahiptir. Böylelikle RunOrder16 ile 10 turda elde edilen tram noktası, standart kalıp ile 11 turda elde edilen tram noktasından daha uygun yapıda elde edilmiştir.

Baskı kalitesindeki değişimler ve alınan örneklerin değerlendirilmesi ile baskı uzunluğu 7000metre olarak gerçekleştirilmiştir. Alınan baskı örnekleri nokta ölçüm cihazı ile ölçülünerek, farklı indirme parametreleri ile hazırlanmış olan standart kalıp, RunOrder16 ve RunOrder6 kalıplarının baskı sonuçları karşılaştırılmıştır.



Şekil 14. %40'lık Tram Noktasının Baskı Uzunluğuna Göre Değişim Grafiği  
(a: 34lpc, b: 40lpc, c: 48lpc, d: 54lpc)

%40'lık tram noktasının baskı uzunluğu boyunca göstermiş olduğu değişime bakıldığında; (Şekil 14) baskı sürecinde nokta kazancının tram sıklığı arttıkça giderek arttığı ve düzensizleştiği belirlenmiştir. Orta tonların değerlendirilmesinde; %40'lık noktanın RunOrder16 kalıbında diğer kalıplara göre daha stabil ve düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. %40'lık noktanın RunOrder6 kalıbında 34lpc tram sıklığında artan bir nokta kazancına sahip olduğu görülmektedir. 48lpc ve 54lpc tram sıklıklarında ise RunOrder6 kalıbındaki %40'lık noktanın nokta kazancının diğer kalıplara göre çok yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 15. %80'lik Tram Noktasının Baskı Uzunluğuna Göre Değişim Grafiği  
(a: 34lpc, b: 40lpc, c: 48lpc, d: 54lpc)

%80'lik tram noktasının baskı uzunluğu boyunca göstermiş olduğu değişime bakıldığında; (Şekil 15) baskı sürecinde nokta kazancının tram sıklığı arttıkça giderek arttığı ve düzensizleştiği belirlenmiştir. Koyu tonların değerlendirilmesinde %80'lik noktanın; standart kalıpta artıp azalan düzensiz bir özellik gösterdiği, RunOrder16 kalıbında diğer kalıplara göre daha stabil ve düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. %40'lik noktanın RunOrder6 kalıbında 34lpc tram sıklığında artan bir nokta kazancına sahip olduğu görülmektedir. 48lpc ve 54lpc tram sıklıklarında ise RunOrder6 kalıbındaki %80'lik noktanın diğer kalıplardan daha fazla tram ton değerine sahip olduğu görülmektedir.

#### 4. Sonuçlar

Dijital termal kalıp hazırlama parametreleri deney tasarımı yazılımı ile analiz edilmiştir. Uygulanan parametre ve metod ile standart dijital termal kalıp indirme süreci RunOrder16 ile %10 ve RunOrder6 ile %27 daha ekonomik, RunOrder16 ile %4 ve RunOrder6 ile %15,5 daha kısa sürede ve verimli olarak gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen bu metodla elde edilen kalıpların kalitesi gerçek üretim şartlarında yapılan baskılarla kanıtlanmıştır. Dijital termal kalıp hazırlama parametrelerinin analiz edilebilmesi için deney tasarım metodu olarak yanıt yüzeyi optimizasyon metodunun uygun olduğu tespit edilmiştir.

Ana poz, son poz ve bitirme pozu süreleri eşit olan DFH 1,7 dijital termal kalıpların indirme parametreleri farklı uygulansa bile sertlikleri eşit ve yaklaşık  $69 \pm 1$  Sh A değerindedir. Kalıp

indirme parametreleri olan; tur sayısı, basınç uygulama yüzdesi, indirme hızı ve infrared ısıtma kalıp yüzdesi kalıbın sertliğine etki etmemektedir.

Flekso baskıda 1,7 mm kalınlığındaki dijital termal kalıpların indirilmesindeki parametrelerden, uygulanan basınç uygulama yüzdesi rölyef derinliğine en çok etki eden faktördür. Uygulanan basınç yüzdesinin %50'den %100'e çıkartılmış olması durumunun rölyef derinliğine etkisi %14,04'tür. İndirme hızının 20inç/d'dan 50inç/d'ya çıkartılmasının rölyef derinliğine etkisi %12,56, tur sayısının 8 turdan 12 tura çıkartılmasının rölyef derinliğine etkisi %10,34 ve infrared ısıtma yüzdesinin %40'dan %90'a çıkartılmasının rölyef derinliğine etkisi ise % 0,8'dir. Infrared ısıtmanın rölyef derinliğine etkisi minimum seviyededir.

Üretici firmanın standart üretim metodu ve standart üretim değerleri ile elde edilen kalıp ile aynı sertlikte, aynı rölyef derinliğinde ve aynı tram ton değeri eğrisine sahip kalıp RunOrder16 indirme parametreleri ile üretilebilir. Standart kalıp ile aynı tram ton değeri eğrisine sahip kalıp ise RunOrder6 kalıbının parametreleri ile üretilebilir.

Termal indirme işlemi uygulanan kalıplar üzerindeki farklı kalınlıktaki çizgilerin, farklı aralıklarda yatay yada dikey olmalarının kalıp üzerindeki çizgi oluşumuna etkisi yoktur. 1.7mm kalınlıktaki kalıplarda minimum çizgi kalınlığı yatay yada dikey olmaları fark etmeksizin 0.2pt kullanılmalıdır. Pozitif yada negatif olmaları durumunda da 0.2pt değeri kullanılmalıdır. Kullanılan çizgilerin negatif olmaları durumunda, çizgi derinliğinin en fazla olması istenilen durumda kalıplar RunOrder16 kalıbının yapım parametreleri ile üretilmelidir.

Kalıp üzerindeki tram içi rölyef derinliği ve omuz açıları indirme parametrelerine göre değişmektedir. Yüksek tram içi rölyef derinliği ve tram omuz açısına sahip noktaların baskıdaki nokta kazancının düşük olduğu tespit edilmiştir. Baskı sürecinde de mürekkep ile tıkanma problemi daha az yaşanmaktadır. Tram içi rölyefin ve tram omuz açılarının yüksek olması istenilen durumlarda RunOrder16 kalıbının indirme parametreleri kullanılmalıdır.

Dijital termal kalıpların hazırlığındaki indirme parametreleri kalıp üzerinde oluşan nokta kalitesini ve dolayısıyla baskı kalitesini belirlemektedir.

## Teşekkür

Yazarlar, FEN-DRP-050608-0142 nolu proje kapsamında verdiği destekten ötürü, Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkürlerini sunarlar.

## Kaynaklar

- [1] Gençoğlu, E.N.; Şimşeker, O.; Özdemir, L.: "Flekso Baskı Sistemi", 2. Baskı, İstanbul, Türkiye (2009)
- [2] Johnson, J.: "Aspects of Flexographic Print quality and relationship to some printing parameters", *Doktora Tezi*, Karlstads University, Karlstad, Sweden, (2008) 8, 10-18.
- [3] Kurt, B.,: "Flekso Baskı Sisteminde Kullanılan Baskıaltı Malzemelerinin ve Kalıbın Basan Yüzey Yüksekliğinin, Kaliteye Etkisinin Tespit Edilmesi", *Doktora Tezi*, İstanbul, (2012)
- [4] Kipphan, H.: "Handbook of Print Media Technologies and Production Methods", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Almanya 2001.
- [5] Oum, E.: "Flexo Plate – Quality Unmasked", *Flexo.*, 25-10 (2000) 18-20, 22-24.
- [6] Perkowski, P.: "The Graphic Corrugated Market Growth Opportunities for Flexographic Printing", *Flexo.*, 31-1 (2006)
- [7] Hofstrand, E.H.: "Flexographic Post-Printing of Corrugated Board", *Doktora Tezi*, Karlstads University, Karlstad, Sweden, (2006) 40-42
- [8] Liu, X.; Guthrie, J. T.: "A review of flexographic printing plate development", *Surface Coatings International Part B: Coatings Transactions* 86(B2), (2003) 91-168.

- [9] Sinconolfi, F.N.; Weigand, C.; Paris, G.J.: "Flexography principles and practices" FTA, Bohemia, NY (1991)
- [10] Parlak, H.,: "Flekso Baskıda Nokta Kazancının Baskı Kalitesine Etkilerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, (2002) 130-133.
- [11] Meyer, K.H.: "Flexo Printing Technology" DFTA, Stuttgart, Germany, (2000)
- [12] Hofstrand, E.H.: "Flexographic Post-Printing of Corrugated Board", *Doktora Tezi*, Karlstads University, Karlstad, Sweden, (2006) 40-42.
- [13] Bould, D.C.: "An Investigation into Quality Improvements in Flexographic Printing", *Doktora Tezi*, University of Wales Swansea, Swansea, UK., (2001) 30-32.
- [14] Sharpio, F.; Sagraves, D.: "Chemistry and Technology of water- based inks", *Laden, P. Ed., Blackie Academic & Professional*, London, UK, (1997)
- [15] Harri, L.: "Microscopic Studies of the Influence of Main Exposure Time on Parameters of Flexographic Printing Plate Produced by Digital Thermal Method", *Microscopy Research and Technique* 72 (2009), 707-716
- [16] DuPont. (2008): Cyrel Photopolymer Flexographic Printing Plates, Process of Use Manual, Customer Technology Center, Germany.
- [17] Esko Graphics. (2004): Cyrel Digital Imager CtP Flexo System, Esko-Graphics White Paper, Barco Graphics Technology Center, Belgum.
- [18] Novaković, D.; Dedijer, S; Poljaček, S.M.: "A Model for Improving the Flexographic Printing Plate Making Process", *Technical Gazette* 17, (2010), 403-410
- [19] Armstrong, M. L.; Chang, H.,; Method for thermal development with a conformable support. US Patent 8492073, July 23. (2013) United States of America.