

## KARIŞIM DENEY TASARIMI VE MATBAA MÜREKKEBİ İMALATINDA KULLANIMI

## MIXED EXPERIMENT DESIGN AND USE IN THE PRODUCTION OF PRINTING INK

Doç. Dr. Hüseyin Avunduk<sup>1</sup>

Aybüke Avkar<sup>2</sup>

### Özet

Küresel işletme çevresinin yarattığı yoğun rekabet ortamı, işletmeleri mal ve hizmet üreten birimler olma yanında birer araştırma kurumuna dönüştürmüştür. İşletmelerin araştırma konuları içinde ürün ve yöntem geliştirme önemli bir yer tutmaktadır. Araştırma faaliyetleri içinde önemli bir yer tutan deneysel çalışmalar bilimsel kurumların ve işletmelerin vazgeçilmez unsurudur. Ancak bu çalışmalar uzun zaman, maliyet ve çaba gerektiren faaliyetlerdir. Bu yüzden deneysel çalışmalarda başarılı olabilmek ve bu çalışmaları verimli yürütebilmek için doğru bir deney tasarımına gereksinim vardır. Doğru bir deney tasarımı (Design Of Experiments, DOE) ile en az deneme ile denemelerden elde edilecek yararlı verilerin optimizasyonunu sağlayan deneme planları elde edilmiş olur. Bu çalışmada deney tasarım yaklaşımları ve deney tasarımının özel bir hali olan karışım deney tasarım yöntemlerine ilişkin değerlendirmeler yapılmış ve İzmir’de faaliyet gösteren matbaa mürekkebi imalatçısında karışım deney tasarımı çalışması yapılmıştır. Çalışma sonuçları ile deney sayısının ve müşteriye yanıt süresinin azaltıldığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Deney Tasarımı, Karışım Tasarımı, Mürekkep İmalatı

**Jel Sınıflandırması:** C93

### Abstract

The intense climate of competition created by the global business environment has transformed business enterprises into research facilities in addition to being units that produce goods and services. Product and method development are important fields of research for these enterprises. Experimental studies, which occupy an important place in research activities, are an indispensable element for scientific institutions and business enterprises. However, these studies are activities that require much time, cost, and effort. Therefore, in order to be successful in experimental studies and to be able to carry out these studies efficiently, there is a need for correct experiment design. With the correct experiment design (Design Of Experiments, DOE), it is possible to obtain trial plans that optimize the useful data to be obtained from experiments with the minimum of experimentation. In this study,

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü Öğretim Üyesi, huseyin.avunduk@deu.edu.tr.

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, aybukeavkar@gmail.com.

\*Bu çalışma, 1. Uluslararası Sosyal Bilimlerde Kritik Tartışmalar Kongresi’nde bildiri olarak sunulmuş ve özet bildiri şeklinde yayınlanmış olan tebliğin genişletilmiş halidir.

evaluations were made of experimental design approaches and the methods of mixed experiment design, which is a special form of experimental design; and a mixed experiment design study was carried out at a printing ink manufacturer operating in Izmir. It was determined that as a result of the study there was a reduction in the number of experiments as well as the response time for customers.

**Key words:** Design of Experiments, Mixture Design, Printing Ink Production

**Jel Code:** C93

### 1.GİRİŞ

Bugünün işletmelerinin ayakta kalabilmek, büyüebilmek, etkili bir rekabet gücü elde edebilmek için işletmeciliğin tüm alanlarında var olan ve kullanılabilir bilgi ve teknolojileri içeren tüm araçları başarılı bir şekilde kullanabilmelerini gerektirmektedir. Firmalar, üretmiş oldukları ürünlerin müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılar nitelikte olmasını isterler. Bu nedenle, ürünün bazı özelliklerini geliştirmek ve iyileştirmek amacıyla ürün ve/veya süreç üzerinde çalışmaları yapmaktadırlar. Geliştirilmek istenen bu özellikler genel olarak içinde maliyet boyutunda içeren kalite karakteristikleri olarak adlandırılır. Yüksek kalite düzeyine sahip ancak düşük maliyetli ürünler üretmek için teknolojiye ve istatistiksel yöntemlerden aynı anda yararlanmak gerekmektedir. (Margavio ve Margavio, 1993). Bu amaçlara ulaşmak için geliştirilmiş ve bugüne kadar başarılı bir şekilde uygulanmış birçok kalite geliştirme yöntemi ve yaklaşımı ortaya konulmuştur. Bu yöntem ve yaklaşımlardan bir tanesi Deney Tasarımı'dır.

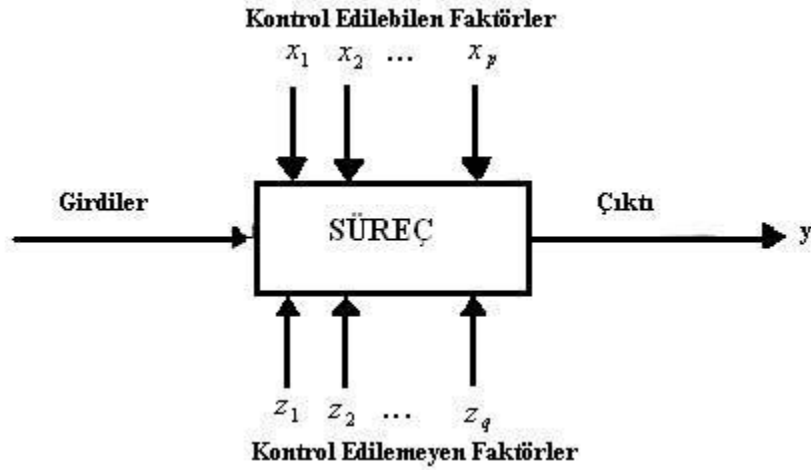
Deney tasarımı yaklaşımında araştırmaya konu olan kalite karakteristiğinin süreç sonunda elde edilen değeri çıktı ya da yanıt olarak adlandırılır. Yanıt değeri, hammadde özellikleri, süreç ve/veya makine özellikleri ve çevresel koşullardan etkilenmektedir. Yanıt değerini etkileyen bu özellikler genel olarak faktör olarak adlandırılır. Yanıt üzerindeki faktör etkileri nedeniyle ve yanıt değerlerinin tümünün mevcut teknoloji ile hedeflenen değerde üretilmesi imkansız ya da oldukça maliyetlidir. Bu nedenle daha gerçekçi bir yaklaşım, yanıt değerlerinin mümkün olduğunca hedef değerde ve çevresinde toplanması şeklindedir.

Bu çalışmada, ikinci bölümde deney tasarımı hakkında genel bilgiler verilmiş, üçüncü kısımda ise matbaa mürekkep üretiminde karşılaşılan viskozite problemi deney tasarımının özel bir hali olan karışım deney tasarımı yaklaşımı ile ele alınmış ve veriler Design Expert programı ile değerlendirilmiştir.

## 2. DENEY TASARIMI

Deneysel Tasarım, diğer istatistiksel yöntemler gibi, risk ortamında karar alırken kullanılan, sayısal verilerin analizi ile ilgili bir yöntemdir ve dolayısıyla 1600'lü yıllarda Batı'da ortaya çıkan ve modern çağı derinden etkileyen bilimsel bakış açısının ayrılmaz bir parçasıdır (Maxwell ve Delaney,2004). Bu yöntem, bir çıktıya etki eden ana etkilerin ve etkileşimlerin en iyi şekilde tahmin edilmesini sağlayan kuvvetli bir istatistik araçtır (Baray, 2007).

Deneysel Tasarım, sürecin incelenen kalite karakteristiğine etki eden kontrol edilebilir değişkenlerin değerlerini sistematik olarak değiştirerek süreç performansını etkileyecek değişken değerlerini belirlemede kullanılan bir tekniktir (Montgomery, 2005). Bir tek değişkeni tek seferde incelemek yerine değişkenleri ve etkileşimlerini beraberce incelemek gibi ayrı bir özelliği vardır. Bu özelliği ile deneysel tasarım, araştırmalarda önemli bir yere sahiptir (Baray, 2007). Genel olarak, deneyler Şekil 1'de gösterildiği gibi modellenmiş süreçlerin ve sistemlerin performanslarını anlamada kullanılır (Montgomery,1997). Burada süreç, ekipman, makine, insan, yöntem gibi girdilerin ölçülebilir çıktılara dönüştüren kaynaklar olarak tanımlanabilir. Süreç değişkenleri  $x_1$  ,  $x_2$  , ... $x_p$  , gibi kontrol edilebilir ve  $z_1$  ,  $z_2$  , ..... $z_q$  , gibi kontrol edilemeyen değişkenler olmak üzere iki bölüme ayrılır.



Şekil 1: Süreç veya Sistem Modeli

Ürün tasarımı ve üretim aşamalarında karşılaşılan pek çok durumda, ürün kalitesini etkileyebilecek çok sayıda faktörün varlığı dikkati çeker. Bu durumlarda istatistiksel olarak tasarlanmış deneylere gerek vardır. İstatistiksel olarak tasarımı yapılan deneylerle, birçok faktörün ürün parametrelerine olan etkilerini ve birbirleriyle oluşan etkileşimleri ekonomik olarak, yani düşük maliyetle incelemek mümkündür (Şirvancı, 1997).

### 2.1.Deney Tasarımının Tarihçesi

Bilimin düzenli deneylere olan ihtiyacı Francis Bacon'un "crucial deneyi"ne dayanmaktadır (Lakatos,1974). Mill'in geliştirdiği metod, bir defada tek faktörün değiştirilmesine dayanmaktadır. Mill aynı zamanda kontrollü deney ile pasif gözlem arasındaki önemli farka da dikkat çekmektedir. Bir defada tek bir faktörün gözönüne alındığı basit metotlardan sonra, deney tasarımının gelişimi 1920' lerin ilk yıllarında R. A. Fisher' in çalışmaları ile başlamıştır. R. D. Fisher çok sayıda faktörün ele alındığı deney teorisini ortaya atmıştır.

Fisher, bitki türlerinin kalitesini başarılı bir şekilde karşılaştırmıştır. Bu amaçla ilk olarak homojen gübre koşullarında arazileri bir kaç bloğa ayırmıştır. Daha sonra bu blokların her birinin içinde bitki türlerini rassal olarak ekmiştir. Bu yaklaşım, bitki türleri ve gübre koşulları arasında karşılaştırmaların yapılmasına imkan vermiştir.

Deney tasarımı 1950' lerin başına kadar teknolojik çalışmalarda pek kullanılmadı fakat bu tarihten itibaren kullanımın artması ile ilerleme ve gelişme çok hızlı olmuştur. Özellikle Japon endüstrisinde kesirli faktöriyel tasarımların yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanması ile oldukça ucuz ve az çaba ile pek çok kontrol edilebilir faktörün etkilerinin güvenilir bir şekilde nasıl belirlenebileceği kanıtlanmıştır.

Daha sonra bu ilk fikirlerin üzerine tam faktöriyel tasarım teorisi geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda klasik tasarımlardaki sıralar, sütunlar ve muamelelerin her biri bir faktör olarak ele alınmakta ve aynı zamanda, bu faktörlerin seviyeleri arasındaki kombinasyonel durumlar da denemelerde dikkate alınabilmektedir. 1930 ve 1940'larda cebirle de ilginç bağlantıları olan kombinasyonlu deneyler keşfedilmiştir: Ortogonal latin kareler, dengeli eksik bloklar, Youden kareler, ortogonal diziler, faktöriyel kesirler, eleme tasarımları gibi. 1950-1960'larda cevap yüzeyi metodolojisinin gelişimi daha karmaşık modellemelere olanak tanımıştır. Yanıt yüzeyi metodolojisinde temel fikir, faktör seviyeleri kombinasyonunun tanımladığı bir uzay ya da bölgenin mevcut olduğu ve bu bölgede denemelerin gerçekleştirilebilir olduğu varsayımına dayanmaktadır. En basit anlamda bu bölge içinde kontrol edilebilir faktörlerin ilgilenilen yanıtı nasıl etkilediklerini tahminleyebilecek bir model oluşturup, bu modelin parametrelerini tahminlemektir. Deney tasarımının tarihsel gelişimi en genel yaklaşımla "bir defada bir faktörün değişimi" metodundan, çok faktörlü tasarımlar yoluyla "bir defada birden fazla faktörün değişimi" metoduna doğru bir gelişim şeklinde özetlenebilir. 1980'lerden beri de ABD ve Avrupa'da, kalitenin daha tasarım aşamasında sağlanması amacı ile Deney Tasarımı teknikleri kullanılmaktadır. Deney Tasarımı metodu bugün birbirinden farklı alanlarda optimizasyon ve karar verme amacı ile kullanılmaktadır (Hamzaçebi ve Kutay, 2003).

### 2.2.Deney Tasarımının Kullanım Alanları

Deneyisel tasarım yöntemlerinin bir çok alanda uygulama imkanı bulunduğunu görülmektedir. Mal üreten işletmelerde; fiirenin azaltılması, ürün tasarımının geliştirilmesi, yeni ürünlerin devreye alınması, hammadde ve tedarikçi seçimi gibi konularda kullanılmaktadır. Hizmet üreten işletmelerde ise hizmet kalitesinin iyileştirilmesi konularında yöneticiyi zaman kaybetmeden sonuca götüren bir metodolojiye sahiptir (Baray, 2007). Aslında deneyler bilimsel sürecin bir parçası olarak görülebilir. Çoğunlukla tahminler belli bir süreç içinde sürdürülen işlemlerden elde edilen verilere dayanır. Bu veriler normal imlat sürecinden elde edilebileceği gibi aynı zamanda belli bir amaçla dayalı olarak yapılan deneyler ile de elde edilir. Tahminlerin isabetli olması için bu verilerin elde etme süreci süreklilik arz eder(Özkurt, 1999). Deney tasarımları mühendislik dünyasında üretim süreçleri performanslarını iyileştirmede önemli bir role sahiptir. Ayrıca, yeni süreçler geliştirilmesinde ve/veya iyileştirilmesinde de yoğun uygulamaları vardır. Deney Tasarım Yöntemleri ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilir (Montgomery, 2005);

1. İyileştirilmiş Süreç Çıktıları
2. Azaltılmış değişkenlik ve istenilen özelliklere daha yakın uygunluk
3. Daha Az Geliştirme Zamanı
4. Azaltılmış Maliyetler

Deney tasarım yöntemleri, yeni ürünlerin geliştirildiği ve mevcut ürünlerin iyileştirildiği mühendislik tasarım faaliyetlerinde de önemli rol oynar. Mühendislik tasarımı alanında deney tasarım uygulamalarına ilişkin aşağıdaki örnekler verilebilir:

1. Temel tasarım seçeneklerinin karşılaştırılması ve değerlendirilmesi
2. Malzeme seçeneklerinin karşılaştırılması
3. Ürünün farklı ortam koşullarında aynı performansa sahip olacak tasarım parametrelerinin seçilmesi,
4. Ürün performansı üzerinde etkisi olan tasarım parametrelerinin belirlenmesi

### 2.3.Karışım Deney Tasarımı

Bir çok ürün birden fazla bileşenin karışımı ile elde edilir. Bu tür ürünlere boyalar, fotografik filmler, sigara tütününü, beton gibi çok sayıda örnek verebiliriz. Bu örneklerdeki ürünleri dikkate aldığımızda bu ürünlerin dayanım, sertlik, renk satabilitesi gibi kalite karakteristiklerini

belirleyen temell unsurlar içinde , ürünü oluşturan bileşenlerin oranları belirleyici olmaktadır .Karışım Deneyi karışım sonucu eled edilen kalite karakteristiğinin , yalnızca karışımında mevcut olan bileşenlerin nispi oranına bağlı olduğu ve karışımın miktarına bağlı olmadığı bir deneydir(Cornell, 1990). Scheffe (1958) tarafından ilk kez önerilen karışım deneylerinin amacı , kalite karakteristiğinin (cevap-çıkıtı) Y'yi, karışım oranlarının terimleri türünden temsil edebilecek bir modelin (Coğunlukla Polinomiyal) ortaya koymaktır. Karışım deneylerinin tasarlanmasında çok sayıda farklı yaklaşım sözkonusudur. Scheffe (1958), karışımın çıktısını (cevap-response) modellemek için kanonik polinomiyaer ortaya koymuştur (Dogrusal, Kuadratik, Tam Kübik ve Özel kübik). Karışım deneyleri tasarımı için kullanılabilecek bir yaklaşım simpleks fatör uzayında tekdüzen olarak seçilmiş noktalardan olaşabilir (Khuri ve Cornel, 1987).

### 3. DENEY TASARIMI UYGULAMASI

#### 3.1.Problemin Tanımlanması

Bu çalışma çok farklı sektörlerde faaliyet gösteren firmalar çoğunlukla ambajaj ihtiyaçları için baskı mürekkepleri üreten bir işetmede gerçekleştirilmiştir. Matbaa mürekkebi belirli miktarlarda su, pigment, reçine ve ürünün özelliğine bağlı olarak değişen katkı maddeleri kullanılarak üretilmiş akışkan bir maddedir. Herhangi bir mürekkebin bileşenleri, mürekkebin istenen fonksiyonuna bağlı olarak değiştirilir. İmalat esnasında mürekkebin bileşenlerinin değişimi onun kuruma özellikleri, renk, akma ve yapışma özellikleri, ısı, ışık, su ve diğer çevresel faktörler vasıtasıyla bozulmaya karşı direnci gibi özelliklerini etkiler (Arslan, 2015). Tüm baskı mürekkep tipleri aşağıda sıralanmış dört farklı madde grubundan oluşur. Ancak ambajaj teknolojilerindeki yenikler ve yeni baskı yöntemleri geliştirildikçe mürekkeplerin içindeki maddeler ve mürekkeplerin özellikleri de değişmektedir (Leach, 2012).

1. Renklendiriciler (Boyar maddeler, Pigmentler)
2. Bağlayıcılar (Yağlar, Reçineler)
3. Çözücüler (Su Bazlı ve Solvent Bazlı)
4. Katkı Maddeleri (Kurutucular, Vakslar, Plastikleştiriciler, Yüzeyleştiriciler)

İmalatı yapılan mürekkeplere ilişkin bir çok fiziksel ve kimyasal yapıyı tanımlayan aşağıda sıralanmış özellikler söz konusudur. Mürekkebin kalite karakteristiklerinin üzerinde önemli olan bu özelliklerin ortaya çıkmasında hem mürekkep bileşenlerinin hemde imalat süreçlerindeki faktörlerin etkisi belirleyici olmaktadır. Örneğin pigmentler, mürekkebe renk

veren ve ışık dayanımını sağlayan maddelerdir. Reçineler ise parlaklık ve baskının yüzeye tutunmasını sağlarlar ve pigment ve katkıları bir arada tutma özelliğine sahiptir. Su; reçineyi çözünür halde tutar, mürekkep viskozitesini (akışkanlığını) ve kuruma hızını belirler. Ayrıca reçine, pigment ve katkıların baskı yüzeyine transferini sağlar. Diğer katkı maddeleri ise, yukarıda belirtildiği gibi, üretilmek istenen maddenin özelliklerine göre değişkenlik gösterir. Başlıca katılar, wax, köpük kesici, yüzey düzeltici, silikonlar, biosidler sıralanabilir.

### **Mürekkebin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri:**

1. Tikotropi
2. Yapışkanlık
3. Viskozite
4. Yüzeysel parlaklık
5. Dayanıklılık
6. Şeffaflık ve opaklık
7. Işık haslığı
8. Sıcaklık direnci

Mürekkepler kimyasal yapı olarak; yağ bazlı mürekkepler, solvent bazlı mürekkepler, su bazlı mürekkepler ve UV kür mürekkepler olmak üzere 4'e ayrılır. Uygulamada her bir kullanım alanında talep edilen mürekkep farklı özellikler içermek durumundadır. Ayrıca müşteriler, ihtiyaçları doğrultusunda farklı özelliklere sahip mürekkepler talep etmektedir. Bu istenen özelliklere sahip mürekkebin üretilmesi için, işletmenin Ar-Ge biriminde muhtelif testlere ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmamızda ele aldığımız mürekkep çocuk mama ambalajlarının baskılarında kullanılan bir mürekkep türü olup, müşterilerce farklı viskozite değerine sahip mürekkepler talep edilmektedir. Firma her bir farklı viskozite değerine sahip mürekkep talebi geldiğinde sadece bir doğrulama testi ile seri üretime geçmek istemektedir. Bu amaçla mürekkep girdilerinin farklı karışımlarına karşılık gelen viskozite ilişkisinin formülize edilmesi için karışım deney tasarımına ihtiyaç duyulmuştur.

### **3.2.Problemin Deney Tasarımı ile Çözümü**

Yukarıda kısaca açıklanmaya çalışıldığı üzere mürekkep imalatı için gerekli olan temel girdiler, Reçine, Su, Pigment ve Katkı Paketi olarak Ar-Ge departmanındaki yetkililerce ortaya konulmuş ve bu imalattaki girdilerin olasılık oranlarına ilişkin alt ve üst limitler Tablo-1'de belirlenmiştir.

**Tablo-1. Mürekkep Hammaddeleri Alt ve Üst Limitler**

	Alt Limit(%)	Üst Limit(%)
<b>Reçine</b>	45	65
<b>Su</b>	5	25
<b>Pigment</b>	25	25
<b>Katkılar</b>	5	5

Girdiler ve girdilere ilişkin alt ve üst limitler (seviyeler) Design Expert versiyon 10 yazılımına aktarılmıştır. Program, Tablo 2 görülen deney planını oluşturmuştur.

**Tablo-2. Deney Planı**

DENEY NO	SU(%)	RECİNE(%)	PİGMENT(%100)	KATKILAR(%100)	TOPLAM (%)
1	0,147	0,553	0,25	0,05	1
2	0,196	0,504	0,25	0,05	1
3	0,147	0,553	0,25	0,05	1
4	0,098	0,602	0,25	0,05	1
5	0,049	0,651	0,25	0,05	1
6	0,245	0,455	0,25	0,05	1
7	0,049	0,651	0,25	0,05	1

Deney planında verilen karışım oranları, hassas terazi yardımı ile numune kaplarına eklenmiştir. Her deneyin sonunda ölçülen viskozite değerleri programa girilmiştir. Bu analiz sonucunda Tahminlenmiş Model aşağıda verilmiştir.

**Tablo-3.**

**Fit**

**Summary**

**Fit Summary**

Response 1: VİZKOZİTE

Mixture Component Coding is L_Pseudo.				
Source	Sequential p-value	Lack of Fit p-value	Adjusted R <sup>2</sup>	Predicted R <sup>2</sup>
Linear	0,0005	0,0330	0,9151	0,8185
Quadratic	0,0068	0,1676	0,9860	0,9750 Suggested
Cubic	0,3124	0,1338	0,9875	0,7177
Quartic	0,1338		0,9953	

L\_Pseudo bileşenler üzerinde yapılan bir doğrusal dönüşümdür, dönüştürülmüş oranların alt sınırı 0 olacak şekilde sıfıra getirir. Amaç karışım oranları arasındaki doğrusal bağımlılığı (colinearity) azaltmaktır. Yukarıdaki tabloda görüldüğü üzere quadratic model önerilmektedir. İkinci derece model, bileşenlerin etkilerinin yanında, birbirleri ile



etkileşimlerinin önemli olduğunu göstermektedir. Dolayısı ile yukarıda da ifade edildiği gibi ikinci derece model kullanılmalıdır.

**Tablo-4. Anova Analizi**

<b>ANOVA for Quadratic model</b>					
<b>Response 1: VİZKOZİTE</b>					
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
Model	117,28	2	58,64	212,22	< 0.0001 significant
OLinear Mixture	110,01	1	110,01	398,13	< 0.0001
AB	7,27	1	7,27	26,32	0,0068
Residual	1,11	4	0,2763		
Lack of Fit	0,9200	2	0,4600	4,96	0,1676 not significant
Pure Error	0,1853	2	0,0926		
Cor Total	118,39	6			

Varyans Analizi (ANOVA) tablosundan (Tablo-4) görüleceği üzere, ikinci derecedeki modeldeki hem birinci derece terimler hem de etkileşim etkisi anlamlı görünmektedir. Ayrıca modelde bir uyum yetersizliği problemi görülmemektedir.

**Tablo-5. Kodlanmış Faktörler Cinsinden Katsayılar**

Coefficients in Terms of Coded Factors

Component	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
A-SU	11,50	1	0,4924	10,13	12,87	1,86
B-REÇİNE	22,24	1	0,3597	21,25	23,24	1,46
AB	-9,46	1	1,84	-14,58	-4,34	2,40

Kodlanmış faktörler cinsinden katsayı tahminlerinin %95 güven aralığına bakıldığında modeldeki terimlerin anlamlı olduğu görülmektedir. VIF ise 10 altında olduğu için bileşen oranları arasında çoklu doğrusal bağlantının da probleminin olmadığı anlaşılmaktadır. Aşağıda orijinal oranlar cinsinden tahminlenmiş karışım modeli görülmektedir.

**Final Equation in Terms of Real Components**

$$\text{VİSKOZİTE} = +59,48619 \text{ SU} + 27,88620 \text{ REÇİNE} - 120,64396 \text{ SU*REÇİNE}$$

### 3.3.Optimizasyon Sonuçları

Aranan ideal viskozite oranı  $T=20$ 'dir. Bu değeri veren karışım oranları hesaplanan regrasyon modelinden yararlanarak belirlenmiştir ve aşağıda sıralanmıştır. (Bu değerler, Desing Expert version 10 yazılımının optimizasyon sonuçlarıdır.)

- SU=0,103
- REÇİNE=0,897

Design Expert yazılımı ile elde edilen optimum karışım oranları kullanılarak yapılan 5 doğrulama deneyi sonucunda da elde edilen veriler aşağıda verilmiştir:

- 1.deney=19,60
- 2.deney=20,10
- 3.deney=20,15
4. deney=20,95
- 5.deney=19,84

Deney sonuçlarına bakıldığında sonuçların, hedef değere oldukça yakın olduğu ve viskozite için tolerans sınırlar içinde olduğu görülmektedir.

## 4. SONUÇ

Bu çalışmada genel olarak deney tasarımı konusu ve deney tasarımının özel bir hali olan karışım deneyi gözden geçirilmiştir ve bir karışım deneyi uygulaması tanıtılmıştır. Deney tasarımı yöntemi sayesinde bir ürünün veya üretim sürecinden beklenen kalite değeri çevresindeki değişkenliği azaltarak üründen veya süreçten beklenen kalite karakteristiklerine ulaşmak düşük maliyetler ve yüksek verim ile mümkün olabilmektedir. Matbaa Mürekkep üretim tesisinde yapılan Karışım Deney Tasarımının işletmenin değişen taleplere hızlı ve etkili yanıt vermesi açısından oldukça tatmin edici katkısı olduğu açıkça tespit edilmiştir. Bu çalışmada bileşen karışımlarının response (çıktı kalitesi) elde edilirken aynı zamanda bileşen karışımlarının maliyet açısından da optimize edilebileceğini vurgulamamız gerekir. Bu çalışmada işletme, maliyet optimizasyonu için gerekli olan verileri gizli bilgi olması nedeniyle vermemiştir. Bu yüzden çalışmanın bu bölümü yapılamamıştır. Bunun dışında matbaa üretimine ilişkin karışım faktörlerinin (bileşenlerinin) yanında ürün kalitesini (viskozite) etkileyen bazı süreç ve/veya gürültü faktörlerinin de analize dahil edilmesi ile ürün ve sürece ilişkin daha isabetli sonuçların elde edilebileceği değerlendirilmiştir.

## 5. KAYNAKÇA

- Arslan, Z. (2015). Keton/aldehit Reçinelerinin Mürekkep Hazırlanmasında Kullanımı (Doctoral dissertation, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Baray Ş.A. (2007) "*Deney Tasarımı Ve Endüstriyel Uygulamaları*", Üretim ve Hizmet Süreçlerinin Yönetimi, Erkan Bayraktar, Ed., Çağlayan, İstanbul, ss.143-144
- Cornell, J. A. (1990). *Experimental with Mixture*. Publication. New York.
- Hamzaçebi, C., Kutay, F. (2003). *Taguchi metodu: bir uygulama*. Teknoloji Teknoloji Dergisi, 6(3-4).
- Khuri, A. I., & Cornell, J. A. (1987). *Response surfaces: Design and analysis*. Vol. 81. Statistics: Textbooks and monographs. Marcel Dekker, New York, 3-6.
- Lakatos, I. (1974). The role of crucial experiments in science. *Studies In History and Philosophy of Science Part A*, 4(4), 309-325.
- Leach, R. (2012). *The printing ink manual*. Springer Science & Business Media, 4<sup>th</sup> Edition.
- Margavio, G. W., Margavio, T. M., & Fink, R. L. (1993). Quality improvement technology using the Taguchi method. *The CPA Journal*, 63(12), 72.
- Maxwell, S. E., Delaney, H. D., & Kelley, K. (2004). *Designing Experiments and Analyzing Data: A Model Comparison Perspective* (Vol. 1). Psychology Press.
- Montgomery, D. C. (2007). *Introduction to statistical quality control*. John Wiley & Sons.
- Montgomery, D.C. (2005). *Design and analysis of experiments*, 6th ed., John Wiley & Sons Inc. Newyork. 3-10. Ss
- Özkurt, Ö. (1999). *Deney Tasarımları ve İstatistiksel Veri Analizleri* (Doctoral dissertation, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Özler,C. ve L.Şenyay, "Karışım Deneyleeri Üzerine Bir İnceleme",IV.Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu, 963-972,14-16 Mayıs 1999 ,Antalya.
- Scheffé, H. (1958). *Experiments with mixtures*. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B* (Methodological), Vol:20, No:2,344-360.
- Şirvancı, M. (1997). *Kalite için deney tasarımı" Taguçi yaklaşımı"*. Literatür Yayıncılık,1.Baskı.