

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İSTATİSTİKSEL DENEY TASARIMI YÖNTEMİ VE
BİR TEKSTİL İŞLETMESİNDE UYGULANMASI**

Leyla DEMİR

Yüksek Lisans Tezi

DENİZLİ – 2004

İSTATİSTİKSEL DENEY TASARIMI YÖNTEMİ VE BİR TEKSTİL İŞLETMESİNDE UYGULANMASI

**Pamukkale Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarafından Kabul Edilen
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

Leyla DEMİR

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 25.06.2004

DENİZLİ – 2004

TEZ SINAV SONUÇ FORMU

Bu tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Özcan MUTLU
(Yönetici)

Yrd. Doç. Dr. Aşkîner GÜNGÖR
(Jüri Üyesi)

Yrd. Doç. Dr. Güngör DURUR
(Jüri Üyesi)

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih
ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. M. Ali SARIGÖL
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŐEKKÜR

BaŐta tez çalıŐmam boyunca beni yönlendiren ve çalışmanın oluŐmasında büyük katkıları olan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. zcan MUTLU olmak üzere, çalışma esnasında bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren ve yardımlarıyla bana destek olan Tekstil Mühendisliği'ndeki değerli hocalarım Öğr. Gör. Nalan DEVRENT ve Yrd. Doç. Dr. Güngör DURUR'a ve araŐtırma görevlisi arkadaŐım Nurhan ONAR'a, çalışmanın uygulama kısmının oluŐmasında büyük emekleri olan, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaŐarak yardımlarını benden esirgemeyen Sayın Murat İLHAN, Burçin YILDIZ ve Fatma YATAK'a teŐekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca tez çalıŐmam boyunca bilgi birikimlerini benimle paylaŐan ve manevi desteklerini benden esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç Dr. AŐkiner GÜNGÖR'e, değerli mesai arkadaŐlarım ArŐ. Gör. Banu YETKİN EKREN ve ArŐ. Gör. Hacer GÜNER'e, verdikleri moral desteklerinden ötürü sevgili arkadaŐlarım Eylem YILMAZ ve zer CAN'a çok teŐekkür ederim.

Son olarak da bugünlere gelmemde büyük emekleri olan sevgili aileme, en sıkıntılı anlarımda yüzümü güldürmeyi baŐaran sevgili kardeŐime ve özellikle de tüm hayatım boyunca olduğu gibi yüksek lisans öğrenimim boyunca da her türlü desteğini yanımda hissettiğim sevgili ablama sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Leyla DEMİR

ÖZET

Deney tasarımı yöntemi son yıllarda sanayi sektöründe yaygın olarak kullanılmakta olan bir kalite iyileştirme tekniğidir. Deney tasarımı teknikleri özellikle yeni ürün tasarımı, üretim süreçlerinin geliştirilmesi ve süreç iyileştirme gibi mühendislik alanlarında önemli bir rol oynamaktadır.

Bu tez çalışmasında tekstil mamullerinin en önemli kalite karakteristiklerinden biri olan renk haslıklarından yıkamaya ve sürtmeye karşı renk haslığı üzerinde art işlemlerin etkisi 2^4 tam faktöryel deney tasarımı tekniği kullanılarak incelenmiştir. Koyu renk boyamalarda bu haslıkların her zaman istenen seviyede olmaması nedeniyle bu duruma yol açtığı düşünülen faktörlerden art işlemlerin etkisi araştırılmıştır.

Deney tasarımı sonucunda elde edilen veriler istatistiksel olarak analiz edildiğinde art işlemlerin ilgilenilen haslıklar üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Fakat ulaşılan bu sonuç tüm haslıklar için genellenememektedir. Bu nedenle diğer haslıklar için de aynı sonuçlara ulaşıp ulaşılmayacağı ayrıca araştırılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Deney tasarımı, faktöryel tasarımlar, 2^k deney tasarımı, renk haslıkları

ABSTRACT

Design of experiment (DOE) is a quality improvement technique used widely in all industries and plays an important role in most engineering applications such as new product design, process development and process improvement.

In this study, an application of DOE in textile industry is presented and discussed. Colorfastness to washing and crocking are two important quality characteristics of textile fabrics. Desired levels of colorfastness to washing and crocking may not usually be obtained for dark color dyeings. In this study, whether the after treatments have effects on colorfastness to washing and crocking are investigated by using 2^4 factorial design.

The results of experiment are analyzed and interpreted statistically. The analysis shows that after treatments have no effects on colorfastness to washing and crocking. However, this result cannot be generalized to all types of colorfastness of textile materials. So, the effects of after treatment to other types of colorfastness should be further investigated in order to reach any firm conclusions.

Key Words: Design of experiments, factorial designs, 2^k factorial design, colorfastness

İÇİNDEKİLER

Birinci Bölüm

GİRİŞ

	Sayfa
<u>1. Giriş.....</u>	<u>1</u>
<u>1.1 Giriş.....</u>	<u>1</u>
<u>1.2 Deney Tasarımı ve Kalite.....</u>	<u>3</u>
<u>1.3 Literatür Araştırması</u>	<u>4</u>

İkinci Bölüm

DENEY TASARIMI

<u>2. Deney Tasarımı</u>	<u>7</u>
<u>2.1 Deney Tasarımının Tanımı.....</u>	<u>7</u>
<u>2.2 Deney Tasarımının Amaçları</u>	<u>8</u>
<u>2.3 Deney Tasarımının Uygulama Alanları</u>	<u>9</u>
<u>2.4 Deney Tasarımında Temel Kavramlar ve Tanımlar.....</u>	<u>9</u>
<u>2.5 Deney Tasarımının Tarihçesi</u>	<u>11</u>
<u>2.6 Deney Tasarımının Uygulanması Süreci.....</u>	<u>12</u>

Üçüncü Bölüm

FAKTÖRYEL TASARIMLAR

<u>3. Faktöryel Tasarımlar</u>	<u>15</u>
<u>3.1 Temel Tanımlar ve İlkeler.....</u>	<u>15</u>
<u>3.2 Faktöryel Tasarımın Avantajları</u>	<u>16</u>

<u>3.3 Faktöryel Tasarım Modelleri.....</u>	<u>17</u>
<u>3.3.1 Sabit Etkiler Modeli</u>	<u>18</u>
<u>3.3.2 Rassal Etkiler Modeli</u>	<u>21</u>
<u>3.3.3 Karma Modeller</u>	<u>23</u>
<u>3.4 Çoklu Karşılaştırma.....</u>	<u>25</u>
<u>3.5 Modelin Uygunluğunun Kontrolü</u>	<u>25</u>
<u>3.6 Her Hücrede Bir Gözlem Olması Durumu.....</u>	<u>26</u>
<u>3.7 Dengelenmemiş Deney Tasarımları</u>	<u>27</u>

Dördüncü Bölüm

2^k FAKTÖRYEL DENEY TASARIMI

<u>4. 2^k Faktöryel Deney Tasarımı.....</u>	<u>29</u>
<u>4.1 Temel Tanımlar ve İlkeler.....</u>	<u>29</u>
<u>4.2 Hata Analizi ve Modelin Uygunluğunun Kontrolü</u>	<u>32</u>
<u>4.3 Etkilerin Anlamlılığını Test Etmek İçin Kullanılan Diğer Metotlar</u>	<u>34</u>
<u>4.4 Tek Tekrarlı 2^k Deney Tasarımı</u>	<u>34</u>

Beşinci Bölüm

UYGULAMA

<u>5. Uygulama</u>	<u>36</u>
<u>5.1 Giriş.....</u>	<u>36</u>
<u>5.2 Tekstil Terbiyesi.....</u>	<u>36</u>
<u>5.3 Renk Haslıkları.....</u>	<u>38</u>
<u>5.3.1 Yıkamaya Karşı Renk Haslığı.....</u>	<u>39</u>
<u>5.3.2 Sürtünmeye Karşı Renk Haslığı</u>	<u>40</u>
<u>5.4 Problemin Tanımı.....</u>	<u>41</u>
<u>5.5 Faktörlerin Belirlenmesi.....</u>	<u>41</u>
<u>5.6 Çıktı Değişkeni ve Ölçüm Yöntemi</u>	<u>44</u>
<u>5.7 Deneyin Tasarımı</u>	<u>45</u>
<u>5.8 Deneyin Yapılması</u>	<u>45</u>

<u>5.9 Verilerin Analizi.....</u>	<u>47</u>
<u>5.9.1 Kırmızı Renk İçin Verilerin Analizi.....</u>	<u>47</u>
<u>5.9.2 Haki Renk İçin Verilerin Analizi</u>	<u>55</u>
<u>5.9.3 Lacivert Renk İçin Verilerin Analizi.....</u>	<u>63</u>
<u>5.10 Modelin Uygunluğunun Kontrolü.....</u>	<u>69</u>

Altıncı Bölüm

SONUÇ VE ÖNERİLER

<u>6. Sonuç ve Öneriler</u>	<u>76</u>
<u>Kaynaklar</u>	<u>78</u>
<u>Ekler</u>	<u>80</u>
<u>Özgeçmiş</u>	<u>82</u>

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1: Üç temel yöntemin kalite yönetimine katkısı .	4
Şekil 2.1: Bir sürecin genel modeli	7
Şekil 2.2: Deney tasarımının uygulanması süreci	13
Şekil 3.1: Etkileşimin olduğu faktöryel deney tasarımı	15
Şekil 3.2: Etkileşimin olmadığı faktöryel deney tasarımı	16
Şekil 3.3: Her defasında bir faktör etkisinin gözlemlendiği bir deney	17
Şekil 4.1: 2^2 deney tasarımında deneme kombinasyonlarının geometrik gösterimi	30
Şekil 5.1: Tekstil terbiyesi	37
Şekil 5.2: Kırmızı renk için renk değişim derecesine ait esas etki grafikleri	50
Şekil 5.3 Kırmızı renk için pamuğu kirletme derecesine ait esas etki grafikleri	51
Şekil 5.4 Kırmızı renk için kuru sürtme haslık değerine ait esas etki grafikleri	53
Şekil 5.5: Kırmızı renk için kuru sürtme haslık değerine ait ikili bileşik etki grafikleri	54
Şekil 5.6: Haki renk için renk değişim derecesine ait etki grafikleri	58
Şekil 5.7: Haki renk için pamuğu kirletme dercesine ait etki grafikleri	60
Şekil 5.8: Haki renk için kuru sürtme haslık değerine ait etki grafikleri	62
Şekil 5.9: Lacivert renk için renk değişim derecesine ait esas etki grafikleri	66
Şekil 5.10: Lacivert renk için pamuğu kirletme derecesine ait esas etki grafikleri	67
Şekil 5.11: Lacivert renk için kuru sürtme haslık değerine ait esas etki grafikleri	69
Şekil 5.12: Kırmızı renk için normal olasılık diyagramları	70
Şekil 5.13: Haki renk için normal olasılık diyagramları	71
Şekil 5.14: Lacivert renk için normal olasılık diyagramları	72
Şekil 5.15: Kırmızı renk için hata dağılım grafikleri	73
Şekil 5.16: Haki renk için hata dağılım grafikleri	74
Şekil 5.17: Lacivert renk için hata dağılım grafikleri	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1: İki faktörlü sabit etkiler modeli için varyans analizi tablosu	20
Çizelge 3.2: İki faktörlü rassal etkiler modeli için varyans analizi tablosu	22
Çizelge 3.3: İki faktörlü karma model için varyans analizi tablosu	24
Çizelge 4.1: 2^3 Deney tasarımında etkilerin hesaplamasında kullanılan kontrast katsayıları	31
Çizelge 4.2: 2^k Deney tasarımı için varyans analizi tablosu	32
Çizelge 5.1: Deneyde incelenen faktörler ve seviyeleri	43
Çizelge 5.2: Denemelerde kullanılan fiksator ve yumuşatıcı oranları	44
Çizelge 5.3: Deneme kombinasyonları	46
Çizelge 5.4: Kumaş cinsleri ve boyandıkları renkler	46
Çizelge 5.5: Kırmızı renk için elde edilen haslık değerleri	48
Çizelge 5.6: Kırmızı renk için renk değişim derecesine ait varyans analizi tablosu	49
Çizelge 5.7: Kırmızı renk için pamuğu kirletme derecesine ait varyans analizi tablosu	50
Çizelge 5.8: Kırmızı renk için kuru sürtme haslığına ait varyans analizi tablosu	52
Çizelge 5.9: Haki renk için elde edilen haslık değerleri	56
Çizelge 5.10: Haki renk için renk değişim derecesine ait varyans analizi tablosu	57
Çizelge 5.11: Haki renk için pamuğu kirletme derecesine ait varyans analizi tablosu	59
Çizelge 5.12: Haki renk için kuru sürtme haslığına ait varyans analizi tablosu	61
Çizelge 5.13: Lacivert renk için elde edilen haslık değerleri	64
Çizelge 5.14: Lacivert renk için renk değişim derecesine ait varyans analizi tablosu	65
Çizelge 5.15: Lacivert renk için pamuğu kirletme derecesine ait varyans analizi tablosu	66
Çizelge 5.16: Lacivert renk için kuru sürtme haslığına ait varyans analizi tablosu	68

SİMGELER DİZİNİ

μ	Genel ortalama
$\tau_i, \beta_j, \gamma_l$	Faktör esas etkileri (genel ortalamadan sapma miktarı)
$(\tau\beta)_{ij}$	İkili bileşik etki
ε_{ijk}	Deney hatası
y_{ijk}	Herhangi bir deneme için elde edilen gözlem değeri
\hat{y}_{ijk}	Herhangi bir deneme için tahmin değeri
\bar{y}_{ijk}	Herhangi bir deneme için deneme ortalaması
σ^2	Varyans
α	Anlamlılık seviyesi (I. tip hata)

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1 Giriş

Kalitenin rekabet açısından çok önem kazandığı günümüzde, işletmeler için düşük maliyetler ile yüksek kaliteli ürünler üretebilmek birincil amaç haline gelmiştir. Bu nedenle istatistiksel deney tasarımı teknikleri tüm dünyada endüstrinin her alanında son 10-15 yılda çok geniş bir kullanım alanı bulmuştur.

Deney tasarımının amacı, genel olarak bir sürecin gösterdiği davranışlar hakkında bilgi toplayarak, bu sürecin kalite karakteristiklerini etkileyen faktörleri belirlemek ve sürecin kalitesinin iyileştirilebilmesi için hangi faktörlerin hangi seviyede olması gerektiğini tespit etmektir. Bu şekilde süreçten beklenen performans özelliklerinin eniyelenmesi için optimum faktör seviyeleri belirlenmiş ve ilgili sürecin kalitesi geliştirilmiş olur.

Deney tasarımı imalat süreçlerinin performanslarının iyileştirilmesi, süreç geliştirme, yeni ürün geliştirme ve varolan ürünlerin iyileştirilmesi gibi birçok mühendislik çalışmasında kullanılan ve kritik öneme sahip bir araçtır. Deney tasarımı tekniklerinin kullanılmasıyla mevcut süreçlerdeki değişkenlik miktarı azaltılmakta ve süreçten veya üründen beklenen performans özellikleri iyileştirilmektedir.

Deney tasarımı yöntemi ilk defa 1920'lerde istatistikçi Sir Ronald A. Fisher tarafından tarım alanında araştırmalar yaparken bulunmuş ve geliştirilmiştir. Bugün deney tasarımı teknikleri endüstrinin birçok alanında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada tekstil terbiyesi alanında bir deney tasarımı uygulamasına yer verilmiş olup, tekstil mamullerinin en önemli kalite karakteristiklerinden biri olan renk haslığını etkileyen faktörler araştırılmıştır. Renk haslığı bir tekstil mamulünün renginin gerek üretimi, gerekse kullanımını sırasında karşı karşıya kaldığı etkenlere dayanma gücüdür. Haslık konusu beşinci bölümde ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Terbiye işlemi ham kumaşların dikime hazır hale gelinceye kadar gördüğü tüm işlemleri kapsamaktadır. Tekstil terbiyesi genel olarak aşağıdaki işlemlerden oluşmaktadır:

1. Ön terbiye,
2. Renklendirme,
3. Bitim işlemleri.

Tekstil terbiyesi sonucu mamulde görülen hataların %23'ünün renklendirme işlemlerinden kaynaklandığı görülmüştür (Aniş, 1998). Renklendirme işlemleri içinde en çok karşılaşılan problemler ise istenen rengin tutturulamaması ve istenen haslık değerlerine ulaşamamasıdır. Bu nedenle bu çalışmada renk haslıkları konusu ele alınmış ve renk haslıklarından yıkamaya ve sürtmeye karşı renk haslığını etkileyen faktörler üzerinde durulmuştur.

Bu tez çalışmasının birinci bölümünde deney tasarımının bir kalite iyileştirme aracı olarak önemi açıklamış ve bu çerçevede boyama sürecinde, kalite iyileştirme çalışmalarında deney tasarımının kullanımına ilişkin yapılan çalışmalara yer verilmiştir. İkinci bölümde, deney tasarımının tanımı, dayandığı temel ilkeler, uygulama alanları, tarihçesi ve deney tasarımı süreci anlatılmıştır. Üçüncü bölümde deney tasarımı tekniklerinden biri olan faktöryel tasarımlar konusu ele alınmış, faktöryel tasarımın temel prensipleri ve amaçları üzerinde durulmuştur. Dördüncü bölümde, uygulamada oldukça yaygın olarak kullanılan ve bu tez çalışmasının da konusunu oluşturan 2^k faktöryel deney tasarımı açıklanmıştır. Beşinci bölümde ise Denizli ilinde bulunan bir tekstil işletmesinin boyahanesinde 2^4 tam faktöryel deney tasarımı uygulanarak, renklendirme işleminden sonra yapılan art işlemlerinin kumaşın yıkamaya ve sürtmeye karşı renk haslığı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Son bölümde ise yapılan bu çalışma ile elde edilen sonuçlar ve bu çalışmanın devamı olarak yapılması düşünülen konulara yer verilmiştir.

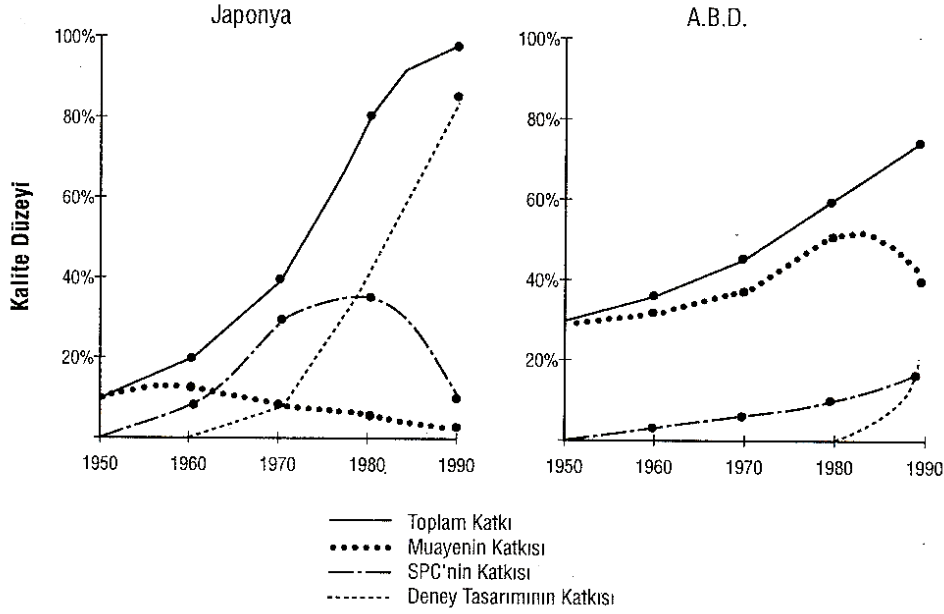
1.2 Deney Tasarımı ve Kalite

Önce Japonya'da uygulanan, daha sonra Amerika ve Avrupa'da yaygınlaşan toplam kalite yönetimi uygulaması ile işletmeler performanslarını önemli ölçüde iyileştirmeyi ve geliştirmeyi başarmışlardır. Müşteri beklentilerini karşılamayı temel hedef olarak belirleyen ve işletmenin tüm çalışanlarının kendi süreçlerini, ürün veya hizmet kalitelerini sürekli iyileştirmelerini gerektiren toplam kalite yönetiminin en önemli ve en temel faaliyeti sürekli iyileştirme yani Kaizen yaklaşımıdır.

Kaizen çalışmalarında PUKÖ döngüsü veya Deming çemberi olarak bilinen “planla, uygula, kontrol et, önlem al” süreci genel çalışma çerçevesi olarak uygulanmaktadır. Bu çerçeve içinde çemberin değişik aşamalarında, çoğu istatistiksel olmak üzere birçok teknik ve yöntem kullanılabilir. Bu yöntemler arasında, Japonya’da geniş kitlelere öğretilmiş olmaları nedeniyle en çok bilinenleri “İshikawa’nın Yedi Basit Aracı” yada “İstatistiksel Proses Kontrol Araçları” olarak bilinen balık kılçığı diyagramı, pareto diyagramı, çetele tablosu, gruplandırma, serpilme diyagramları, histogramlar ve kontrol çizelgeleridir.

Toplam kalite yönetimi sürekli gelişmekte olan bir yönetim biçimi olduğundan bu tekniklere her geçen gün yenileri eklenmektedir. Bu tekniklerden bir tanesi de istatistiksel deney tasarımıdır. İstatistiksel deney tasarımı birçok faktörün ürün veya süreç parametrelerine olan etkilerini ve bu faktörlerin birbirleriyle olan etkileşimlerini ekonomik olarak yani düşük maliyetle incelemektedir.

Motorola firmasının kalite grubundan K. Bhote, Amerika ve Japonya’da, “geleneksel muayene”, “istatistiksel proses kontrol (statistical process control-SPC)” ve “deney tasarımı” yöntemlerinin kalite gelişimine olan katkısını 1950-1990 dönemi için değerlendirmiştir. Şekil 1.1’den görüldüğü gibi Japonya’da kalite ilerlemesine en büyük katkıyı, 1970’den sonra deney tasarımı sağlamıştır. Japonya’da, yılda bir milyondan fazla istatistiksel olarak tasarlanmış deneyin uygulandığı söylenmektedir. 1980’lerin başında Prof. Genichi Taguchi’nin Amerika’da verdiği seminerlerden sonra, deney tasarımının eğitimi ve uygulaması Amerika’da da hızla yaygınlaşmıştır. Bugün dünyanın hemen hemen her ülkesinde deney tasarımı eğitimleri verilmekte ve yöntem üretimde uygulanmaktadır (Şirvancı, 1997).



Şekil 1.1: Üç temel yöntemin kalite yönetimine katkısı (1950-1990) (Şirvancı, 1997).

1.3 Literatür Araştırması

Bu tez çalışması kapsamında literatür taraması yapılırken tekstil alanında yapılmış deney tasarımı uygulamaları ile renk haslıkları konusunda yapılmış çalışmalar üzerinde durulmuştur. Literatür araştırması sonucunda konu ile ilişkili olarak aşağıdaki çalışmalara rastlanmıştır:

Köksal ve diğ. (1998), çalışmalarında tekstil materyallerinin boyama süreci için sağlam (robust) bir tasarım gerçekleştirilmesi konusunu ele almışlardır. Boyama sürecindeki optimum proses parametrelerini belirleyerek tekstil mamulü için hedeflenen renk seviyesinin en az renk varyasyonu ile tutturulması amacı ile deneysel tasarım metodunu uygulamışlardır. Boyama sürecinin sağlam (robust) tasarımını, çok amaçlı optimizasyon problemi olarak formüle etmiş ve doğrusal olmayan programlama problemlerinin çözümünde kullanılan bir yazılım olan Explore ile çözmüşlerdir. Modelin çözülmesiyle elde edilen sonuçlar ile deney sonuçlarının birbiriyle uyumlu olmadığını görmüşlerdir. Bu uyumsuzluğun nedenlerini araştırarak çözüm için yeni önerilerde bulunmuşlardır.

Kale (2001), yüksek lisans tez çalışmasında deney planlamasında yanıt yüzeyi metodolojisi konusunu ele almıştır. Tez kapsamında bir iplik fabrikasının boyahanesinde iplik boyama

standardına etki eden faktörleri incelemiştir. İplik ağırlığı, boya yüzdesi, PH değeri, su miktarı ve boyama metodu olarak belirlenen beş faktörün boyama standardı üzerindeki etkilerini belirlemek üzere merkezi bileşik düzen olarak isimlendirilen bir yöntemi kullanmıştır.

Öktem ve diğ. (1998), çalışmalarında iki farklı boyarmadde (reaktif ve direkt) ile yapılan boyamaların ardından, mamulün haslık, tutum ve görünüm özelliklerini iyileştirmek amacıyla uygulanan iki kimyasal maddenin (fiksator ve yumuşatıcı) etkilerini incelemiştir. Çalışmada, kullanılan kimyasalların yıkama haslığı, sürtme haslığı ve ışık haslığı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yumuşatıcının etkisi de kumaştaki dökümlülük seviyesine göre belirlenmiştir. Deneyler bir fabrikada yapılmış ve deney numunesi olarak da işletmede direkt ve reaktif boyarmaddeler ile siyaha boyanmış iki kumaş kullanılmıştır. Yapılan deneylerle özellikle yaş sürtme haslıklarının düşük olduğu durumlarda iyi haslıklara ulaşabilmek için fiksator kullanmanın gerekliliği ve fiksatorlerin yüksek konsantrasyonda kullanımının işlemlerde bir fayda sağlamadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Micheal ve diğ. (2001), çalışmalarında pamuklu örme mamullerde iki farklı örme metodunun (çözümlü ve atkılı örme) ve üç farklı örme tipinin (interlock, jarse ve rib) boyanabilirlik ve ışık haslığı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Yaptıkları çalışma sonucunda örme tipine bakılmaksızın çözümlü örme metodunun atkılı örme metoduna göre boyanabilirliğinin daha fazla olduğunu görmüşlerdir. Işık haslığı açısından incelediklerinde ise atkılı örme metodu ile daha iyi haslık değerleri elde etmişlerdir. Diğer yandan örme tipine göre mamullerin boyanabilirliklerini incelediklerinde interlockun en iyi boyanabilirliği sağladığı bunu jarse ve rib örme tiplerinin takip ettiğini görmüşlerdir. Işık haslığı açısından değerlendirdiklerinde ise en iyi haslık değerlerini sırasıyla interlock, rib ve jarse tipi örmenin verdiğini görmüşlerdir.

Zervent ve diğ (2002), çalışmalarında havlu kumaş üretimi ve havlulara uygulanan terbiye işlemleri hakkında genel bilgiler vererek, terbiye işlemleri sırasında meydana gelen belli başlı hatalar üzerinde durmuşlardır. Çukurova bölgesinde havlu kumaş üreten bir işletmenin üç ayrı firmaya ihraç ettiği ürünler üzerinde yaptıkları incelemeler sonucunda en büyük hata oranının terbiye işlemleri sırasında oluştuğunu gözlemlemişlerdir.

Jordan (2001), çalışmasında tekstil mamullerinde ürün kalitesinin geliştirilmesi konusu ele almış ve tekstil mamullerinde en çok yaşanan sorunlardan biri olan renk kalitesi problemine

değirmiştir. Üretici ve müşteri arasında sıklıkla yaşanan renk kalitesi probleminin, istatistiksel teknikler ve ölçüm sistemleri kullanarak ve boyama sürecine etki eden değişkenleri standart ve ölçülebilir bir şekilde tanımlamak suretiyle üretici ve müşteri arasında anlaşmazlıklara yol açmayacak bir sistem yaratılması ile giderilebileceğini belirtmiştir. Jordan çalışmasında ayrıca üreticilere ve müşterilere yönelik çeşitli önerilerde de bulunmuştur.

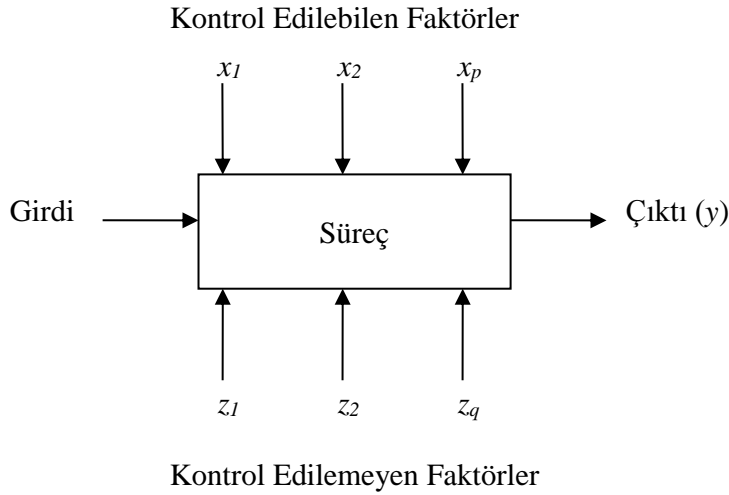
İKİNCİ BÖLÜM

DENEY TASARIMI

2.1 Deney Tasarımının Tanımı

Deney tasarımı bir sürecin performansını iyileştirmek amacıyla, süreci etkileyen faktörler üzerinde değişiklikler yaparak, sürecin çıktısı üzerindeki değişkenliklerin gözlemlenmesi ve yorumlanmasıdır.

Bir süreç ve bileşenleri genel olarak Şekil 2.1'deki gibi gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Bir sürecin genel modeli (Montgomery, 1991)

Süreç, belirli bir çıktı (ürün veya hizmet) elde etmek için birbirleriyle etkileşim halinde bulunan makine, malzeme, metot ve insan gibi kaynakların kullanıldığı faaliyetler dizisi olarak tanımlanabilir. Faktörler diğer adıyla deney değişkenleri ise deney sonucunu etkileyen kontrol edilebilen veya edilemeyen değişkenlerdir.

Sürece etki eden faktörlerin bazılarını istenildiği gibi değer ataması yapılabilir ve sürecin işleyişi boyunca bu değerler sabit olarak tutulabilir. Bu tip faktörlere kontrol edilebilen faktörler denir. Kullanılan malzeme tipi, makine ayarları, üretim yöntemi vb. faktörler kontrol

edilebilen faktörlerdir. Ortamdaki nem miktarı, sıcaklık gibi çevresel faktörler her ne kadar ölçülebilir ise de, bu faktörlerin sürecin işleyişi esnasında sabit olarak tutulmaları çok zor veya imkansızdır. Bu tip faktörler ise kontrol edilemeyen faktörler olarak isimlendirilmektedir.

2.2 Deney Tasarımının Amaçları

Deney tasarımının amacı genel olarak bir sürecin gösterdiği davranışlar hakkında bilgi toplayarak, bu sürecin kalite karakteristiklerini etkileyen faktörleri belirlemek ve sürecin kalitesinin iyileştirilebilmesi için hangi faktörlerin hangi seviyede olması gerektiğini tespit etmektir. Böylece süreçten beklenen performansın elde edilmesi için optimum faktör seviyeleri belirlenmiş ve sürecin kalitesi geliştirilmiş olur.

Deney tasarımının amaçları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Montgomery, 1991):

1. İlgilenilen değişken üzerinde en çok etkili olan faktörleri belirlemek,
2. İlgilenilen değişkeni istenen değere en yakın kılan kontrol faktörleri kümesini belirlemek,
3. İlgilenilen değişkendeki değişkenliği en aza indirecek kontrol faktörleri kümesini belirlemek,
4. Kontrol edilemeyen faktörlerin etkisini en aza indirecek kontrol faktörleri kümesini belirlemek.

Deney tasarımı süreç geliştirmede ve mevcut bir sürecin performansını iyileştirmede çok önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle, bir ürün veya sürecin kontrol edilemeyen dış etkenlere karşı arzu edilen performansı göstermesi olarak tanımlanan robust (sağlam) tasarımların geliştirilmesinde istatistiksel deney tasarımı yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Montgomery, 1991).

2.3 Deney Tasarımının Uygulama Alanları

Deney tasarımı ile bir sürecin gösterdiği davranışlar hakkında ve sürecin nasıl çalıştığı hakkında bilgi toplanmaktadır. Bu nedenle deney tasarımı teknikleri birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Deney tasarımı mühendislikte imalat süreçlerinin performansının geliştirilmesinde kullanılan ve kritik öneme sahip bir kalite iyileştirme tekniğidir. Ayrıca deney tasarımı yeni süreçlerin geliştirilmesinde de kullanılmaktadır. Deney tasarımı tekniklerinin süreç geliştirmede kullanılmasıyla aşağıdaki katkılar elde edilmektedir (Montgomery, 1991):

1. Çıktı miktarı artırılır,
2. Süreçteki değişkenlik azaltılır,
3. Süreç geliştirme zamanı azaltılır,
4. Maliyetler azaltılır.

Deney tasarımı teknikleri ayrıca, yeni ürün geliştirme ve varolan ürünleri iyileştirme gibi mühendislik tasarım çalışmalarında da önemli bir rol oynamaktadır. Deney tasarımı teknikleri, mühendislik tasarımında:

1. Temel tasarım konfigürasyonlarının geliştirilmesinde ve alternatif konfigürasyonların karşılaştırılmasında,
 2. Malzeme alternatiflerinin seçiminde,
 3. Sağlam (robust) bir ürün üretmek için gerekli tasarım parametrelerinin belirlenmesinde,
 4. Ürün performansını etkileyen anahtar tasarım parametrelerinin belirlenmesinde
- yaygın olarak uygulanmaktadır (Montgomery, 1991).

2.4 Deney Tasarımında Temel Kavramlar ve Tanımlar

Deney tasarımında, tasarımcı sistematik bir şekilde sürece etki eden faktörleri değiştirerek, sürecin sonunda elde edilen çıktılardaki değişkenliği değerlendirmeye çalışmaktadır.

İstatistiksel deney tasarımının başarısı toplanan verilerin doğruluğuna bağlıdır. Bu nedenle veriler toplanmadan önce verilerin ne şekilde toplanacağı, her bir deneme için kaç tane gözlem yapılacağı gibi kararların tasarım aşamasında belirlenmesi gerekir. Toplanan verilerin birbirinden bağımsız olması ve istatistiksel bir yorum yapabilmek için yeterli olması gerekir.

İstatistiksel deney tasarımında, bu iki koşulun sağlanması için kullanılan üç temel prensip vardır: tekrarlama, rassallık ve bloklama.

Tekrarlama bir deneme için birden fazla sayıda deney yapılması demektir. Tekrarlama iki önemli özelliğe sahiptir. Bunlardan ilki tasarımcıya deney hatasının bir tahminini elde etmesine izin vermesidir. İkinci olarak da eğer örnek ortalaması bir faktörün etkisini tahmin etmede kullanılıyor ise, tekrarlama deneyi yapan kişinin bu etkiyi tam ve doğru bir şekilde elde etmesine izin verir. Ayrıca tekrar sayısı arttıkça deney tasarımı ile elde edilen sonuçların doğruluğu artırılmaktadır.

Rassallık deney tasarımında kullanılan istatistiksel metotların temelini teşkil etmektedir. Deneyde kullanılan operatör, makine ve malzemelerin ve yapılacak deneylerin sıralarının rasgele belirlenmesi rassallık olarak tanımlanmaktadır. Burada amaç, ilgilenilen faktör(ler) dışında sürece etki eden başka faktörler varsa bu faktörlerin etkisini mümkün olduğu kadar azaltmaya çalışmaktır. Örneğin bir deneyde kullanılan makinenin ısınmasından dolayı toplanan verilerde bir değişkenlik söz konusu ise, deneylerin rasgele yapılması ile bu etkinin her bir deneme kombinasyonu için aynı olması sağlanır. Bu nedenle deneylerin rassal olarak yapılması, toplanan verilerin birbirinden bağımsız olmasını sağlar.

Bir deneyde toplanan verilerin homojen olarak sınıflandırıldığı her bir parçaya blok denir. Bloklama, bir deneyin doğruluğunu ve hassasiyetini artırmak için kullanılan bir yöntemdir. Bloklamada her bir blok içinde yapılan denemeler kendi içinde değerlendirilmektedir. Böylece ilgilenilen faktörler dışında sürece etki eden başka faktör(ler)in etkisi elimine edilerek sadece ilgilenilen faktörlerin süreç üzerindeki etkisi tespit edilir. Bloklamada genellikle malzeme, operatör gibi sürece etki eden değişkenler kullanılmaktadır. Örneğin üç farklı makinenin performansının istatistiksel deney tasarımı ile incelendiği bir deneyde, bu makineleri kullanan operatörler arasında bir farklılık olması durumunda, deney tasarlanırken operatörler bloklama değişkeni olarak ele alındığında operatörler arasındaki farklılıkların deneyin sonucunu etkilemesi azaltılmış olacaktır.

2.5 Deney Tasarımının Tarihçesi

Deney tasarımı, 1920'lerde istatistikçi Sir Ronald A. Fisher tarafından tarım alanında araştırmalar yaparken bulunmuş ve geliştirilmiştir. Fisher, ayrıca, deney verilerinin analizi için bugün klasik sayılan “varyans analizi” (ANOVA) yöntemini de geliştirmiştir.

Deney tasarımı literatüründe adı önemle vurgulanan diğer bilim adamları arasında ise F. Yates, R.C. Bose, O. Kempthorne, W. G. Cochran, R. H. Myers, J. S. Hunter, W. G. Hunter ve G. E.P. Box sayılabilir.

Deney tasarımı tekniklerinin ilk uygulamaları tarım ve biyoloji alanlarında olmuştur. Tarım alanında, çeşitli gübre ve dozları ile iklim koşullarının ve sulama düzeylerinin çeşitli ürünlere olan etkilerini belirlemek üzere uygulanmıştır. İlk endüstriyel uygulamasına ise 1930'ların başında İngiliz tekstil ve yün sanayisinde rastlanmıştır. Deney tasarımı daha sonra kimya ve ilaç sektörlerinde de uygulanmış olmasına rağmen imalat sektöründeki uygulamaları 1970'lere kadar son derece sınırlı kalmıştır (Montgomery, 1991).

1970'lerde W. Edwards Deming'in Japonya'da, kalite ve verimliliği geliştirme felsefesi ve yöntemleri üzerine verdiği konferanslardan sonra, bu teknikler Japon istatistikçileri tarafından Japon endüstrisinde kullanılmaya başlanmıştır. Deney tasarımı tekniklerinin endüstride kullanılmasıyla düşük maliyetle yüksek kaliteli ürünler geliştirmek mümkün olmuştur.

Amerika'da imalat sektörü, 1980'lerin başında, deney tasarımı Japon kalitesinin nedenlerini araştırırken yeniden keşfetmiştir. Deney tasarımı o tarihlerde Japonya'da Dr. Genichi Taguchi önderliğinde yoğun ve etkili bir şekilde uygulanmaktaydı. Taguchi deney tasarımı kuramsal yenilikler getirmemiştir. Ancak, üretimdeki uygulamalarda yenilikler yapmış ve başarılı uygulamalarla yöntemin imalat sektöründe kabul görmesini sağlamıştır (Şirvancı, 1997).

2.6 Deney Tasarımının Uygulanması Süreci

Deney tasarımı uygulanması süreci şematik olarak Şekil 2.2'de gösterilmektedir.

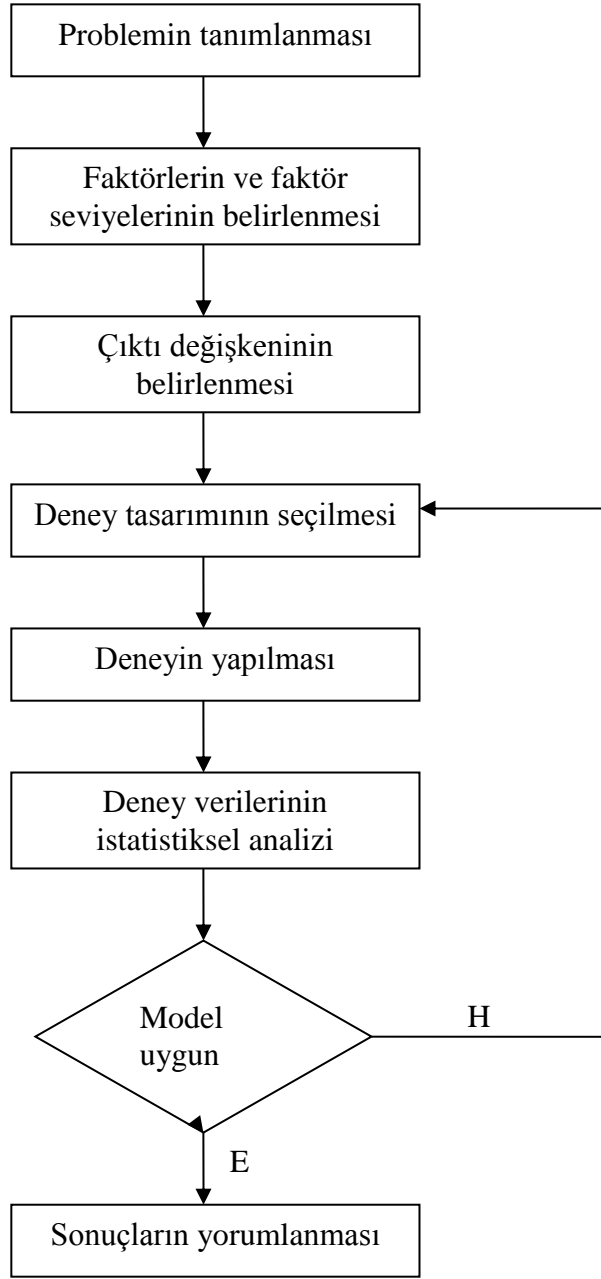
Deney tasarımı uygulama aşamasının ilk adımı problemin tanımlanması adımıdır. Bu aşamada deneyin amacı ile ilgili tüm bilgiler toplanarak, deneyin amacı açık bir şekilde

tanımlanır. İncelenecek süreçle ilgili tüm birimlerden gerekli bilgilerin alınması bu aşamada çok önemlidir. Problemin açık bir şekilde ortaya konması, sorunun en iyi şekilde anlaşılmasına ve problemin çözümüne katkıda bulunur.

Problem açık bir şekilde ortaya konduktan sonra ilgilenilen sürece etki eden faktörlerin ve bu faktörlerin seviyelerinin tespit edilmesi gerekir. Bu aşamada incelenecek olan faktörlerin hangi seviyelerinde deneme yapılacağı, faktörlerin nasıl kontrol edileceği ve nasıl ölçüleceği belirlenir.

Faktörler ve bu faktörlere ait seviyeler belirlendikten sonra süreç hakkında bilgi verecek çıktı değişkeni tespit edilmelidir. Çıktı değişkeni belirlenirken, çıktı değişkeninin ilgilenilen süreç hakkında gerekli bilgiler verdiğiinden emin olunmalıdır.

Daha sonraki aşamada ilgilenilen problemin amacına bağlı olarak uygulanacak olan deney tasarımı tekniğine karar verilir. Tasarımın seçilmesi adımı örnek büyüklüğünün (tekrar sayısı) seçimini, deneylerin yapılış sıralarının seçimini, bloklamanın yapılıp yapılmayacağını belirlenmesini ve diğer rassallık kısıtlarını içerir. Deney tasarımının seçilmesindeki en önemli kriter deneyin amacıdır. Deneyin amacına göre hangi deney tasarımı tekniğinin uygulanacağı belirlenir.



Şekil 2.2: Deneysel tasarımın uygulanması süreci

Uygulanacak deneysel tasarımı tekniği belirlendikten sonra seçilmiş olan deneysel tasarıma göre deneyler yapılır. Deneysel yapılışı aşamasındaki en önemli nokta deneysel planlanan çerçevede yürütülüp yürütülmediğinin gözlemlenmesidir. Bu aşamada yapılacak olan deneysel hataları deneysel geçerliliğini yitirmesine neden olur. İyi bir planlama deneysel başarısı açısından çok önemlidir.

Deneysel yapıldıktan sonra elde edilen deneysel verileri deneyselden objektif sonuçlar çıkarmak amacıyla istatistiksel yöntemlerle değerlendirilir. Veri analizi için kullanılan birçok paket

program mevcuttur (SAS, SPSS, MINITAB vb.). Verilerin yorumlanmasında kullanılan en önemli tekniklerden birisi varyans analizidir. Varyans analizi sonucunda ilgilenilen faktörlerin çıktı değişkeni üzerinde etkili olup olmadığı tespit edilir. Varyans analizinin sonuçlarının doğruluğu uygulanan modelinin uygunluğuna bağımlıdır. Bu nedenle modelin uygunluğunun kontrolü için hata analizi yapılması gerekir.

Veri analizi gerçekleştirildikten sonra deneyi yapan kişi istatistiksel sonuçları yorumlamalıdır. Bu aşamada grafik yöntemler yararlı bir araçtır. Deney sonuçlarının geçerliliğini teyit etmek üzere uygunluk testleri de gerçekleştirilir.

Tüm bu aşamaların sonunda ilgilenilen süreç hakkında yol gösterici bilgiler elde edilmiş olacaktır.

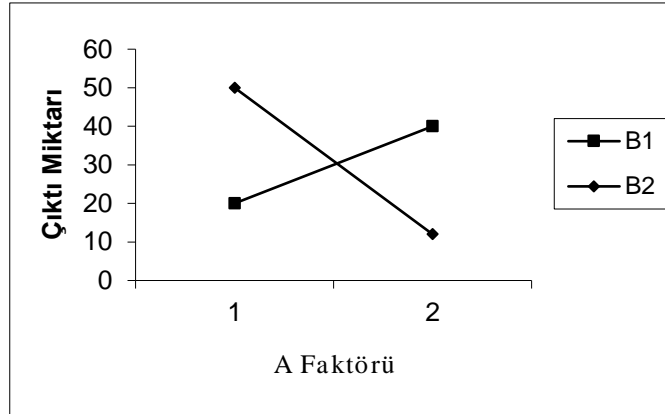
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

FAKTÖRYEL TASARIMLAR

3.1 Temel Tanımlar ve İlkeler

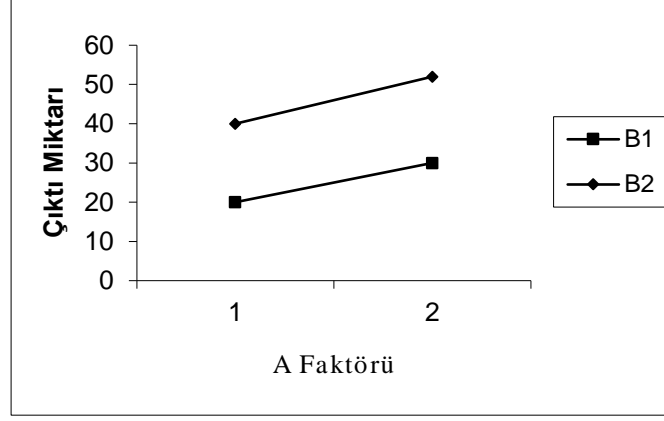
Faktöryel tasarımlar iki veya daha fazla faktörün etkisini incelemeye kullanılan en etkin tasarımlardır. Faktöryel tasarımlarda çıktı üzerinde etkisi olan tüm faktör kombinasyonları için deneme yapılır ve oluşabilecek tüm etkiler araştırılır.

Faktöryel deney tasarımında incelenen faktörler çıktı üzerinde iki farklı şekilde etki eder. Birincisi, bir faktör diğer faktörlerin seviyelerinden bağımsız olarak çıktıya etki edebilir. Bu tip etkiye faktörün esas etkisi denir. İkincisi, bir faktörün etkisi diğer faktörlerin seviyesine bağlı olarak değişebilir, bu etkiye ise bileşik etki veya etkileşim etkisi denir. Şekil 3.1’de etkileşimin olduğu bir deney tasarımında faktör etkileri grafik yöntemle gösterilmektedir. Şekil 3.1’den de görüleceği üzere faktörlerden birinin çıktı üzerinde meydana getirdiği etki diğer faktörün seviyesine bağlı olarak değişmektedir.



Şekil 3.1: Etkileşimin olduğu faktöryel deney tasarımı

Şekil 3.2’de ise etkileşimin olmadığı bir faktöryel deney tasarımında faktör etkileri gösterilmektedir. Şekilden de görüleceği üzere bir faktörün seviyesinin değişmesinin çıktı üzerinde meydana getirdiği değişiklik diğer faktörün seviyesine bağlı değildir. Faktör etkisini ifade eden doğruların birbirlerine paralel olması da bunu göstermektedir.



Şekil 3.2: Etkileşimin olmadığı faktöryel deney tasarımı

Genel olarak bir faktöryel tasarımda A , B , C ,... gibi iki veya daha çok faktörün etkisi incelenir. Faktöryel deney tasarımında, faktör esas etkilerinin yanı sıra bileşik etkilerin de mevcut olup olmadığı araştırılır.

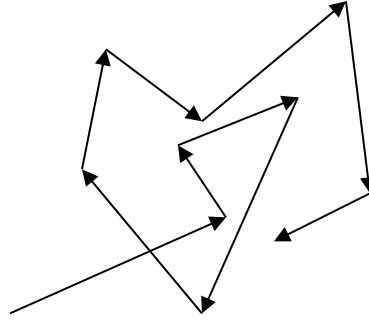
3.2 Faktöryel Tasarımın Avantajları

Deney yapmak genellikle pahalı ve zaman alıcı bir süreçtir. Bu nedenle deney tasarımında mümkün olan en az sayıda deney yaparak süreç hakkında gerekli bilgilere ulaşılmaya çalışılır.

Bir sürecin çıktı değerini en iyi yapacak optimum faktör seviyelerini belirlerken kullanılan yaklaşımlardan bir tanesi, bir başlangıç değerinden başlayarak, çıktı değişkeni en iyi değerine ulaşıncaya dek her defasında bir faktörün seviyesini değiştirmek suretiyle deneyler yapmaktır. Bu yaklaşım şematik olarak Şekil 3.3'te gösterilmektedir.

Bu yaklaşıma göre öncelikle bir başlangıç değeri belirleyerek bunun birinci faktör için iyi sonuçlar verip vermediğine bakılır ve en iyi çıktı değerine ulaşıncaya kadar birinci faktörün seviyesi değiştirilir. Fakat genellikle bu yaklaşımı uygulamak rassallık kısıtı ve diğer faktörler nedeniyle çok zordur. Çünkü ikinci bir faktörün seviyesinde değişiklik yapıldığında birinci faktör için ulaşılmış olan optimum sonuçtan uzaklaşırlar. Eğer faktörler arasında bir etkileşim söz konusu ise ikinci faktörün seviyesinin değiştirilmesi birinci faktörün çıktı üzerindeki etkisini değiştirecektir. Faktör seviyelerinde yapılan her değişiklik deneyi yapan kişiyi tüm faktör seviyelerinde değişiklikler yapmaya yöneltecektir. Sonunda istenen çıktı değerine

ulaşma yolunda bir ilerleme kaydedilmiş olmasına rağmen sũreci tam olarak anlamak mũmkũn olmayacaktır.



şekil 3.3: Her defasında bir faktũr etkisinin gũzlemlendiđi bir deney

Faktũryel tasarımlar yukarıda anlatılan her defasında tek bir faktũrũn etkisinin incelendiği deneylere oranlara daha etkindir. Ćũnkũ bu tip deneylere oranlara daha az deney yapılmasına olanak tanımaktadır ve faktũrler arasında etkileşim olduğu durumlarda yanılıcı sonuĉlara ulaşmayı engellemektedir. Ayrıca faktũryel tasarımlar bir faktũrũn etkisinin diğer faktũrlerin farklı seviyelerinde tahmin edilebilmesine imkan tanımaktadır.

3.3 Faktũryel Tasarım Modelleri

Faktũryel tasarımlar, deneyde incelenen faktũrlerin ۆzelliđine gũre ũĉ grupta toplanmaktadır:

1. Sabit etkiler modeli,
2. Rassal etkiler modeli,
3. Karma modeller.

3.3.1 Sabit Etkiler Modeli

Bir deneyde faktũr seviyesi az ise ve bu faktũrlerin tũm seviyeleri ile ilgileniliyor ise, yada ĉok sayıda seviyesi bulunan faktũrlerin incelendiği bir deneyde sadece belirli sayıdaki seviyeler ile ilgileniliyorsa bu tip deneylerin analizi iĉin kurulmuş olan modeller sabit etkiler modeli olarak adlandırılmaktadır.

İki faktörlü bir deney tasarımında faktörler arasındaki ilişkinin doğrusal olarak kabul edildiği durumda ilgilenilen çıktı değişkeni şu şekilde modellenmektedir:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (i=1,2,\dots,a; j=1,2,\dots,b; k=1,2,\dots,n) \quad (3-1)$$

Bu formülde μ genel ortalamayı, τ_i A faktörünün i .seviyesinin etkisini (A faktörüne ait deneme ortalamalarını), β_j B faktörünün j . seviyesinin etkisini (B faktörüne ait deneme ortalamalarını), $(\tau\beta)_{ij}$ A ile B faktörleri arasındaki etkileşimi, ε_{ijk} ise deney hatasını ifade etmektedir. Burada her iki faktör etkisinin de sabit olduğu varsayılmaktadır. Faktör etkileri genel ortalamadan sapmalar olarak tanımlandığından, faktör etkilerinin toplamları sıfır olmak zorundadır ($\sum \tau_i = 0$ ve $\sum \beta_j = 0$). Aynı şekilde bileşik etkiler de sabittir ve $\sum (\tau\beta)_{ij} = 0$ 'dır. Bu tasarımda n tekrarlı bir deney söz konusudur ve toplam gözlem sayısı abn ' dir.

Bu tasarımda faktör etkilerinin olup olmadığını belirlemek için aşağıda belirtilen hipotezler test edilir.

A faktörünün etkisini test etmek üzere:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0$$

$$H_1: \text{en az bir } \tau_i \neq 0$$

B faktörünün etkisini test etmek üzere:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0$$

$$H_1: \text{en az bir } \beta_j \neq 0$$

Faktörler arasındaki etkileşimi test etmek üzere:

$$H_0: (\tau\beta)_{ij} = 0$$

$$H_1: \text{en az bir } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$$

Yukarıdaki hipotezlerden herhangi birini kabul etmek o hipotezde ilgilenilen faktörün çıktı değişkeni üzerinde etkisinin olmadığını gösterir. Hipotezin reddedilmesi ise ilgilenilen faktörün çıktı değişkeni üzerinde etkisinin olduğunu gösterir.

Hipotez testi sonucunda iki tip hata oluşabilir. Eğer H_0 hipotezi doğru iken reddedilirse *I.* tip hata oluşur. Eğer H_0 hipotezi yanlış iken kabul edilirse *II.* tip hata oluşur. Bu hataların olasılıkları, özel sembolleri ile birlikte aşağıda verilmiştir:

$$\alpha = P(\text{I. tip hata}) = P(H_0' \text{ı reddet} \mid H_0 \text{ doğru})$$

$$\beta = P(\text{II. tip hata}) = P(H_0' \text{ı kabul et} \mid H_0 \text{ yanlış})$$

Burada, *I.* tip hata yani α değeri aynı zamanda anlamlılık seviyesi olarak isimlendirilmektedir.

Yukarıdaki hipotezler varyans analizi (ANOVA) yöntemi kullanılarak test edilir. Varyans analizinde toplam değişkenlik içinde her bir faktörün payı belirlenerek, süreçteki olağan değişkenlik ile karşılaştırılır. Eğer bir faktörden kaynaklanan ortalama değişkenlik daha fazla ise bu faktörün etkisi olduğu sonucuna varılır.

Varyans analizi iki temel varsayıma dayanmaktadır. Bu varsayımlardan birincisi, modeldeki hataların ortalaması 0 varyansı σ^2 olan normal dağılıma uygun olarak dağıldığı varsayımdır. İkinci varsayım ise her bir faktör seviyesine ait hataların varyansının homojen olduğu varsayımdır. Bir başka ifade ile varyansın her bir faktör seviyesi için sabit ve birbirine eşit olması gerekir. Hipotez testi yapılmadan önce bu iki varsayımın doğru olup olmadığı kontrol edilmelidir, aksi takdirde varyans analizi sonucunda yapılan değerlendirmeler yanlış olacaktır.

Varyans analizi yapabilmek için öncelikle her bir faktörün tek başına ve bileşik olarak süreci etkilemelerinden kaynaklanan (esas ve bileşik etkiler) toplam değişkenlikler hesaplanır. Daha sonra bu toplam değişkenlikler serbestlik derecelerine bölünerek ortalama değişkenlikler elde edilir. Ortalama değişkenlikler hata ortalamaları ile oranlanarak F_0 değerleri hesaplanır. Bu değerler önceden belirlenmiş olan anlamlılık seviyesine (α) göre tablo değerleri ile karşılaştırılarak hipotez kabul veya reddedilir. Çizelge 3.1'de iki faktörlü ve n tekrarlı tam faktöryel bir tasarım için ANOVA tablosu görülmektedir.

Çizelge 3.1'deki kareler toplamı değerlerini hesaplamak için gerekli formüller Ek 2'de verilmiştir. Sadece iki faktör etkisinin incelendiği deneylerde verilen formüller yardımıyla bu değerleri elle hesaplamak oldukça basittir. Ancak faktör sayısının ve seviyesini arttığı deneylerde elle hesaplama yapmak hem zaman alıcıdır hem de hesaplamalarda hata

yapılmasına neden olmaktadır. Bu sebeple varyans analizi genellikle istatistik yazılım paketleri kullanılarak yapılmaktadır. En yaygın olarak kullanılan yazılım programları SPSS, SAS, ve MINITAB'dir. Bu tez çalışmasında SPSS programı kullanılmıştır.

Çizelge 3.1: İki faktörlü sabit etkiler modeli için varyans analizi tablosu

Değişkenliğin Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F_0
A faktörü	SS_A	$a-1$	$MS_A = \frac{SS_A}{a-1}$	$F_0 = \frac{MS_A}{MS_E}$
B faktörü	SS_B	$b-1$	$MS_B = \frac{SS_B}{b-1}$	$F_0 = \frac{MS_B}{MS_E}$
Etkileşim	SS_{AB}	$(a-1)(b-1)$	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)}$	$F_0 = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Hata	SS_E	$ab(n-1)$	$MS_E = \frac{SS_E}{ab(n-1)}$	
Toplam	SS_T	$abn-1$		

3.3.2 Rassal Etkiler Modeli

Bir deneyde, ilgilenilen faktörler çok sayıda seviyeye sahip ise, faktör seviyelerinin içinden bir kısmı rassal olarak seçilmekte, ancak deney sonucunda elde edilen bulgular tüm faktör seviyelerini kapsamaktadır. Bu tip deneyler için kurulan modeller rassal etkiler modeli olarak adlandırılmaktadır.

İki faktörlü faktöryel bir tasarım için doğrusal model şu şekilde gösterilmektedir:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (i=1,2,\dots,a; j=1,2,\dots,b; k=1,2,\dots,n) \quad (3-4)$$

Model parametreleri olan τ_i , β_j , $(\tau\beta)_{ij}$ ve ε_{ijk} rassal değişkenlerdir ve bu değişkenlerin $N(0, \sigma_\tau^2)$, $N(0, \sigma_\beta^2)$, $N(0, \sigma_{\tau\beta}^2)$ ve $N(0, \sigma^2)$ ile normal dağıldığı varsayılmaktadır. Herhangi bir gözlemin varyansı şu şekilde gösterilmektedir:

$$V(y_{ijk}) = \sigma_\tau^2 + \sigma_\beta^2 + \sigma_{\tau\beta}^2 + \sigma^2 \quad (3-5)$$

σ_τ^2 , σ_β^2 , $\sigma_{\tau\beta}^2$ ve σ^2 varyans bileşenleri olarak adlandırılmaktadır. Yukarıdaki modelden de anlaşılacağı gibi deneme kombinasyonları arasında fark olmaması demek σ_τ^2 , σ_β^2 , $\sigma_{\tau\beta}^2$ değerlerin sıfır olması demektir. Bu nedenle, modelde aşağıda belirtilen hipotezler test edilir.

A faktörünün etkisini test etmek üzere:

$$H_0: \sigma_\tau^2 = 0$$

$$H_1: \sigma_\tau^2 \neq 0$$

B faktörünün etkisini test etmek üzere:

$$H_0: \sigma_\beta^2 = 0$$

$$H_1: \sigma_\beta^2 \neq 0$$

Faktörler arasındaki etkileşimi test etmek üzere:

$$H_0: \sigma_{\tau\beta}^2 = 0$$

$$H_1: \sigma_{\tau\beta}^2 \neq 0$$

Çizelge 3.2: İki faktörlü rassal etkiler modeli için varyans analizi tablosu

Değişkenliğin Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F_0
<i>A</i> faktörü	SS_A	<i>a-1</i>	$MS_A = \frac{SS_A}{a-1}$	$F_0 = \frac{MS_A}{MS_{AB}}$
<i>B</i> faktörü	SS_B	<i>b-1</i>	$MS_B = \frac{SS_B}{b-1}$	$F_0 = \frac{MS_B}{MS_{AB}}$
Etkileşim	SS_{AB}	$(a-1)(b-1)$	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)}$	$F_0 = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$

Hata	SS_E	$ab(n-1)$	$MS_E = \frac{SS_E}{ab(n-1)}$	
Toplam	SS_T	$abn-1$		

Çizelge 3.2’de iki faktörlü rassal etkiler modeli için oluşturulmuş varyans analizi tablosu görülmektedir. Burada temel varyans analizi sabit etkiler modelindeki gibi yapılır. Yani SS_A , SS_B , SS_{AB} , SS_T ve SS_E değerleri sabit etkiler modelinde olduğu gibi hesaplanır (Ek 2’de bu değerleri elde etmede kullanılacak olan formüller verilmiştir). Test istatistiğini oluşturmak içinse ortalama kare değerlerinin belirlenmesi gerekir. Ortalama karelerden hareketle yukarıda belirtilen hipotezleri test etmek için kullanılacak test istatistikleri şöyle olacaktır:

$$H_0: \sigma_{\tau}^2 = 0 \text{ hipotezini test etmek için } F_0 = \frac{MS_A}{MS_{AB}}$$

$$H_0: \sigma_{\beta}^2 = 0 \text{ hipotezini test etmek için } F_0 = \frac{MS_B}{MS_{AB}} \quad (3-6)$$

$$H_0: \sigma_{\tau\beta}^2 = 0 \text{ hipotezini test etmek için } F_0 = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$$

3.3.3 Karma Modeller

Karma modellerde incelenen faktörlerden bazılarının ait seviyeler rassal olarak belirlenir. İki faktörün etkisinin incelendiği ve faktörlerden birinin sabit, diğerinin rassal etkiye sahip olduğu bir karma modelde doğrusal istatistiksel model şu şekilde yazılır:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (i=1,2,\dots,a; j=1,2,\dots,b; k=1,2,\dots,n) \quad (3-7)$$

Modelde τ_i sabit etkiyi, β_j rassal etkiyi, $(\tau\beta)_{ij}$ rassal etkileşimi ve ε_{ijk} rassal hatayı ifade etmektedir. Ayrıca τ_i sabit etkiyi ifade ettiğinden $\sum \tau_i = 0$ olduğu ve β_j ’nin ortalaması 0 varyansı σ_{β}^2 olan normal dağılıma uyduğu varsayılmaktadır. Faktörlerden biri rassal etkiye sahip olduğundan etkileşim etkisini ifade eden $(\tau\beta)_{ij}$ de normal dağılmış rassal bir değişken

olup ortalaması sıfır varyansı $[(a-1)/a]\sigma_{\tau\beta}^2$ 'dir. Sabit faktör üzerinde etkileşim bileşenin toplamı 0'dır. Matematiksel olarak ifade edilecek olursa;

$$\sum (\tau\beta)_{.j} = (\tau\beta)_{.j} = 0 \quad (j=1,2,\dots,b) \text{ 'dir.}$$

Bu modelde aşağıda belirtilen hipotezler test edilir.

A faktörünün etkisini test etmek üzere:

$$H_0: \tau_i = 0$$

$$H_1: \tau_i \neq 0$$

B faktörünün etkisini test etmek üzere:

$$H_0: \sigma_{\beta}^2 = 0$$

$$H_1: \sigma_{\beta}^2 \neq 0$$

Faktörler arasındaki etkileşimi test etmek üzere:

$$H_0: \sigma_{\tau\beta}^2 = 0$$

$$H_1: \sigma_{\tau\beta}^2 \neq 0$$

Karma modelde ortalama karelere bağlı olarak modelde kullanılacak olan test istatistikleri ise şu şekildedir:

$$H_0: \tau_i = 0 \text{ hipotezini test etmek için: } F_0 = \frac{MS_A}{MS_{AB}}$$

$$H_0: \sigma_{\beta}^2 = 0 \text{ hipotezini test etmek için: } F_0 = \frac{MS_B}{MS_E} \quad (3-8)$$

$$H_0: \sigma_{\tau\beta}^2 = 0 \text{ hipotezini test etmek için: } F_0 = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$$

Çizelge 3.3'te iki faktörlü karma bir modele ait varyans analizi tablosu görülmektedir.

Çizelge 3.3: İki faktörlü karma model için varyans analizi tablosu

Değişkenliğin Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F_0
A faktörü	SS_A	$a-1$	$MS_A = \frac{SS_A}{a-1}$	$F_0 = \frac{MS_A}{MS_{AB}}$
B faktörü	SS_B	$b-1$	$MS_B = \frac{SS_B}{b-1}$	$F_0 = \frac{MS_B}{MS_E}$
Etkileşim	SS_{AB}	$(a-1)(b-1)$	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)}$	$F_0 = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Hata	SS_E	$ab(n-1)$	$MS_E = \frac{SS_E}{ab(n-1)}$	
Toplam	SS_T	$abn-1$		

3.4 Çoklu Karşılaştırma

Çoklu karşılaştırma, varyans analizi sonucunda faktör seviyeleri arasında bir farklılık gözlenmişse bu farklılığın hangi faktör seviyesinden kaynaklandığının araştırılması için yapılır. Bu amaçla geliştirilmiş özel test yöntemleri mevcuttur.

Faktörler arasında etkileşimin var olduğu durumlarda bir faktörün hangi seviyesinin farklı olduğunu tespit etmek etkileşim nedeniyle zor olmaktadır. Bu farklılığı tespit etmenin bir yolu faktörlerden birini sabit tutarak diğer faktöre ait seviyeler arasında çoklu karşılaştırma testi yapmaktır. Eğer etkileşim etkisi önemli ise deneyi yapan kişinin tüm hücreleri karşılaştırarak gerçekten hangi hücrelerin farklı olduğunu tespit etmesi gerekmektedir. Bu analizde hücreler arasındaki fark esas etkileri içerdiği gibi etkileşimi de içerecektir (Montgomery, 1991).

3.5 Modelin Uygunluğunun Kontrolü

Faktöryel deney tasarımlarında kurulmuş olan modelin uygunluğu varyans analizi için yapılmış olan varsayımların geçerliliğini kontrol etmek suretiyle yapılmaktadır. Varyans analizinin iki temel varsayıma dayandığı söylenmişti. Bu varsayımlardan ilki olan hataların

normal dağılıma uygun dağıldığı varsayımının geçerli olup olmadığını kontrol etmek için hata analizi yapılmaktadır. İki faktörlü bir model için hata değerleri:

$$\varepsilon_{ijk} = y_{ijk} - \hat{y}_{ijk} \quad (3-2)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Burada y_{ijk} gözlem değerini, \hat{y}_{ijk} ise tahmin değerini ifade etmektedir.

Bir gözlemin tahmin değeri ise en küçük kareler yöntemi kullanıldığında, gözlemin elde edildiği deneme ortalamasına eşittir. Buradan, (3-2) no'lu denklem aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\varepsilon_{ijk} = y_{ijk} - \overline{y_{ijk}} \quad (3-3)$$

(3-3) no'lu denklemden elde edilen hataların normal dağıldığını kontrol etmek için dikey ekseni normal dağılım fonksiyonuna göre ölçeklendirilmiş normal olasılık grafiği kullanılır. Elde edilen hata değerleri normal olasılık grafiğine işaretlendiğinde düz bir çizgiye yakın bir dağılım gösteriyorsa modelin hatalarının normal dağıldığı sonucuna varılır.

İkinci temel varsayım, hataların varyanslarının eşit olmasıdır. Bu varsayımın doğruluğu için sayısal ve grafik yöntemler kullanılmaktadır. Varyans analizi yapan pek çok bilgisayar programı hem sayısal hem de grafik olarak bu varsayımı test etmek imkanını sağlamaktadır. Grafik yöntemde, her bir gözlem için tahmin değerlerine karşı gelen hata değerleri serpm grafiği olarak işaretlenir. Eşit varyans varsayımının doğru olması için serpm grafiğinde herhangi bir yapının oluşmaması gerekir. Genellikle eşit varyans varsayımının geçersiz olduğu durumlarda, tahmin değerleri arttıkça hatalar da büyümektedir. Serpm diyagramında huniye benzer bir yapının görülmesi varyansın eşit olmadığını belirtir.

Eğer eşit varyans varsayımı sağlanmıyorsa çeşitli dönüşüm yöntemleri ile gözlemler, eşit varyansa sahip hale gelecek şekilde dönüştürülürler. Gözlemlerin hangi dağılımdan geldiği biliniyorsa uygun dönüşüm yöntemleri kullanılarak gözlem değerleri kolayca dönüştürülebilir. Örneğin gözlem değerleri Poisson dağılımından geliyorsa karekök dönüşümü ($y^*_{ij} = \sqrt{y_{ij}}$), log-normal dağılımdan geliyorsa logaritmik dönüşüm ($y^*_{ij} = \log y_{ij}$) yapılmalıdır (Montgomery, 1991).

3.6 Her Hücrede Bir Gözlem Olması Durumu

Faktöryel deney tasarımlarında her bir deneme için mümkün olduğunca deney yapılması iki açıdan önem taşımaktadır. Birincisi, deney sayısı arttıkça testin gücü artmaktadır. İkinci olarak da ortalama hataların belirlenmesi için her bir deneme için en az iki deney yapmak gerekmektedir. Fakat bazen, deneyin fazla maliyetli olması veya zaman darlığı gibi nedenlerle her bir deneme kombinasyonu için tek bir deneyin yapıldığı durumlarla karşılaşmak mümkündür. Bu durumda hata varyansı tahmin edilemediğinden faktörlerin etkileri tespit edilememektedir.

Her bir deneme için tek deneyin yapıldığı faktöryel deney tasarımlarında faktör etkilerinin belirlenmesi için faktörler arasında etkileşimin olmaması gerekir. Faktörler arasındaki etkileşim olup olmadığını belirlemek için farklı test yöntemleri geliştirilmiştir. Etkileşim olmaması halinde hata varyansı belirlenerek faktör etkileri belirlenebilmektedir.

3.7 Dengelenmemiş Deney Tasarımları

Her deneme kombinasyonu için eşit sayıda deney yapılmadığı durumlarda dengelenmemiş faktöryel tasarım durumu söz konusudur. Bu durum çeşitli nedenlerle ortaya çıkmaktadır. Örneğin deneyi yapan kişi, veri toplarken karşılaştığı beklenmedik problemler nedeniyle bazı gözlemlerin kaybı sonucunda dengelenmemiş verilerle karşı karşıya kalabilmektedir. Diğer yandan bazı dengelenmemiş deneyler kasıtlı olarak bu şekilde tasarlanmaktadır. Örneğin bir takım deneme kombinasyonlarını gerçekleştirmek çok pahalı olabilmekte veya denemeyi yürütmek diğer denemelere göre zor olmaktadır, bu nedenle bu tip deneme kombinasyonları için birkaç gözlem alınmaktadır. Yada bazı deneme kombinasyonları yeni veya araştırılmamış bir durumu ifade ettiğinden deneyi yapan kişinin ilgisini çekmekte ve deneyi yapan kişi bu deneme kombinasyonlarında yapılmış bazı tekrarları elemektedir.

Dengelenmemiş bir faktöryel deney tasarımının analizinde, her bir deneme için eşit sayıda gözlem olmadığından dolayı dengeli tasarımlarda kullanılan varyans analizi teknikleri uygulanamamaktadır. Bu gibi durumlarda kullanılan bazı metotlar vardır. Eğer herhangi iki

deneme kombinasyonundaki gözlemlerin sayısı birbirleri ile orantılı ise standart varyans analizi, kareler toplamı formüllerinde yapılacak olan küçük değişikliklerle uygulanabilmektedir.

Dengelenmemiş verilerin dengelenmiş durumdan çok uzak olmadığı durumlarda ise eksik gözlemlerin tahmin edilmesi, ağırlıklandırılmamış ortalamalar metodu gibi yaklaşık metotlar kullanarak dengelenmemiş problemi dengelenmiş duruma çevirmek mümkün olmaktadır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

2^k FAKTÖRYEL DENEY TASARIMI

4.1 Temel Tanımlar ve İlkeler

Birçok faktörün olduğu ve çıktı değişkeni üzerinde faktörlerin bileşik etkilerinin söz konusu olduğu durumlarda faktöryel tasarımlar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu tasarımlar içinde en fazla kullanılanı ise her bir faktörün iki seviyeye sahip olduğu 2^k deney tasarımıdır.

k adet faktörün bulunduğu bir deneyde faktör seviyeleri sıcaklık, basınç, zaman gibi niceliksel değerler alabileceği gibi, düşük-yüksek veya var-yok gibi niteliksel değerler de alabilmektedir.

2^k deney tasarımında; her bir faktörün seviyelerinin tamamı dikkate alındığından faktör etkileri sabittir. Faktöryel tasarımlar için geçerli olan varsayımlar bu tasarım için de geçerlidir.

2^k deney tasarımı, özellikle faktör seviyesinin çok olduğu deneysel çalışmaların ilk safhalarında kullanılır, çünkü k tane faktör için tam faktöryel tasarım en az sayıda deneme yapılmasına olanak sağlar.

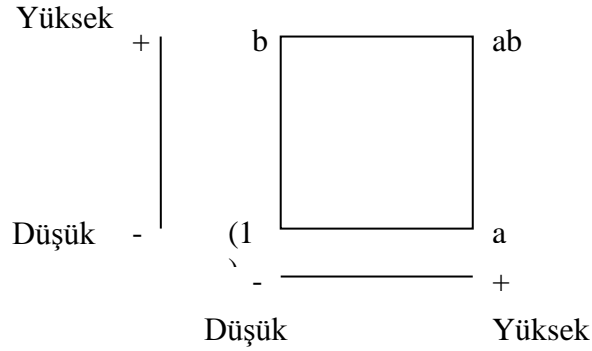
2^k tasarımı, k tane esas etki, $\binom{k}{2}$ kadar ikili bileşik etki, $\binom{k}{3}$ kadar üçlü bileşik etki,..., ve bir tane de k 'lı bileşik etki içermektedir.

Faktör seviyeleri genel olarak düşük ve yüksek olarak isimlendirilmektedir. Düşük seviyeler için $-$, yüksek seviyeler için ise $+$ işareti kullanılmaktadır.

İki seviyeli deney tasarımında tam faktöryel tasarım için toplam $2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$ adet farklı deneme yapılması gerekir. Bu deneme kombinasyonlarını göstermek için standart biçim olarak isimlendirilen bir gösterim kullanılır. Bu gösterimde, deneme kombinasyonları a, b, ab

gibi küçük harflerle gösterilmektedir. Herhangi bir denemede, faktörün yüksek seviyesi kullanılmış ise karşı gelen faktör için küçük harf kullanılmakta aksi takdirde herhangi bir harf kullanılmamaktadır. Tüm faktörlerin düşük seviyede olduğu deneme kombinasyonu için ise (1) sembolü kullanılmaktadır. Örneğin 2^4 faktöryel deney tasarımında abd ile ifade edilen deneme kombinasyonunda A , B ve D faktörleri yüksek seviyede, C faktörü ise düşük seviyededir.

Şekil 4.1'de 2^2 deney tasarımındaki deneme kombinasyonlarının geometrik gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.1: 2^2 Deney tasarımında deneme kombinasyonlarının geometrik gösterimi
(Montgomery, 1991)

Denemeleri standart biçimde yazmanın bir avantajı faktörlerin esas ve bileşik etkilerini hesaplamasında kolaylık sağlamasıdır. Çizelge 4.1'de 2^3 deney tasarımı için standart biçimde yazılmış deneme kombinasyonları gösterilmektedir. Çizelge 4.1 kullanılarak herhangi bir etki kolayca hesaplanabilir. Bir faktöre ait esas veya bileşik etkiyi bulmak için, o faktörün altındaki – ve + işaretleri dikkate alınarak karşı gelen deneme kombinasyonlarının katsayıları bulunur. Belirlenen katsayılar dikkate alınarak ilgilenilen faktöre ait etki hesaplanır. Örneğin, C faktörünün esas etkisini tahmin etmek için aşağıdaki toplam dikkate alınır:

$$-(1)-a-b-ab+c+ac+bc+abc \text{ dir.}$$

Bu toplam kontrast olarak isimlendirilir. Elde edilen bu kontrast gözlem sayısına bölünerek ortalama etki hesaplanır.

Çizelge 4.1: 2^3 Deney tasarımında etkilerin hesaplamasında kullanılan kontrast katsayıları
(Montgomery, 1991)

Deneme Kombinasyonu	Faktör Etkisi							
	<i>I</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>AB</i>	<i>C</i>	<i>AC</i>	<i>BC</i>	<i>ABC</i>
(1)	+	-	-	+	-	+	+	-
<i>a</i>	+	+	-	-	-	-	+	+
<i>b</i>	+	-	+	-	-	+	-	+
<i>ab</i>	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>c</i>	+	-	-	+	+	-	-	+
<i>ac</i>	+	+	-	-	+	+	-	-
<i>bc</i>	+	-	+	-	+	-	+	-
<i>abc</i>	+	+	+	+	+	+	+	+

Faktör sayısının çok fazla olduğu durumlarda bu tabloyu oluşturmak ve kullanmak güç olmaktadır. Çünkü tablo büyüdükçe işaretlerde hata yapma olasılığı da artmaktadır. Bu gibi durumlarda alternatif bir yöntemden yararlanılmaktadır. Bu yönteme göre herhangi bir etkinin kontrastı (4-1) no'lu denklemdeki gibi hesaplanmaktadır:

$$Kontrast_{AB...K} = (a \pm 1)(b \pm 1) \dots (k \pm 1) \quad (4-1)$$

Daha sonra eğer kontrastı hesaplanacak olan etki ilgili faktörü içeriyorsa parantez içindeki işaret -, içermiyorsa + olacak şekilde formülde yerine konarak kontrast değeri hesaplanır. Örneğin 2^5 deney tasarımında *ABCD* kontrastı şu şekilde hesaplanır:

$$Kontrast_{ABCD} = (a-1)(b-1)(c-1)(d-1)(e+1)$$

Kontrastlar hesaplandıktan sonra etki tahminleri ve kareli toplamlar da aşağıdaki formüllerden yararlanılarak hesaplanır:

$$AB...K = \frac{2}{n2^k} (Kontrast_{AB...K}) \quad (4-2)$$

$$SS_{AB...K} = \frac{1}{n2^k} (Kontrast_{AB...K})^2 \quad (4-3)$$

2^k tasarımının varyans analiz tablosu Çizelge 4.2'de özetlenmektedir.

Çizelge 4.2: 2^k Deney tasarımı için varyans analizi tablosu (Montgomery, 1991)

Değişkenliğin Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi
--------------------------	--------------------	------------------------

<i>k</i> esas etki		
<i>A</i>	SS_A	1
<i>B</i>	SS_B	1
·	·	·
·	·	·
<i>K</i>	SS_K	1
İki-Faktör Etkileşimleri		
<i>AB</i>	SS_{AB}	1
<i>AC</i>	SS_{AC}	1
·	·	·
·	·	·
<i>JK</i>	SS_{JK}	1
Üç- Faktör Etkileşimleri		
<i>ABC</i>	SS_{ABC}	1
<i>ABD</i>	SS_{ABD}	1
·	·	·
·	·	·
<i>IJK</i>	SS_{IJK}	1
·	·	·
·	·	·
<i>k</i>-Faktör Etkileşimi		
<i>ABC...K</i>	$SS_{ABC...K}$	1
Hata	SS_E	$2^k(n-1)$
Toplam	SS_T	$n2^k-1$

4.2 Hata Analizi ve Modelin Uygunluğunun Kontrolü

2^k deney tasarımında tam faktöryel deney tasarımlarında olduğu gibi iki varsayımın geçerli olup olmadığı araştırılmaktadır. Bu varsayımlar:

1. Hatalar ortalaması 0, varyansı σ^2 olan normal dağılıma uygun olarak dağılmaktadır.
2. Her bir faktör seviyesine ait varyanslar birbirine eşittir.

Bu iki varsayımın geçerliliğini test etmek üzere öncelikle her bir gözlem değerine karşı gelen hata değerleri bulunmalıdır. 2^k tasarımında hataları, yani tahmin edilen değerler ile gerçekleşen değerler arasındaki farkı, hesaplamak için regresyon modelinden yararlanılmaktadır. Elde edilen veriler analiz edildikten sonra, ilgilenilen çıktı değişkeni regresyon modeli ile ifade edilerek, herhangi bir faktör kombinasyonunda y 'nin alacağı tahmin değerleri bulunmaktadır.

2^2 faktöryel deney tasarımı için kurulacak olan regresyon modeli şöyle olacaktır:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon \quad (4-4)$$

Bu modelde x_1 ve x_2 kodlanmış değişkenler β 'lar ise regresyon katsayılarıdır. β_1 ve β_2 regresyon katsayıları, ilgili faktör etki tahminlerinin yarısıdır. (4-4) no'lu denklemdeki formüller kullanılarak her bir deneme kombinasyonuna karşı gelen tahmin değerleri bulunduktan sonra bu tahmin değerleri ile deneme ortalamaları arasındaki farklar alınarak hatalar tespit edilmektedir.

Elde edilen hataların normal dağıldığını kontrol etmek için düşey eksen normal dağılım fonksiyonuna göre ölçeklendirilmiş normal olasılık grafiği kullanılır. Eğer hata değerleri normal olasılık grafiğine işaretlendiğinde düz bir çizgiye yakın bir dağılım gösteriyorsa modelin uygun olduğu kabul edilir.

İkinci varsayımın doğruluğu için sayısal ve grafik yöntemler kullanılmaktadır. Grafik yöntemde, her bir gözlem için tahmin değerlerine karşı gelen hata değerleri serpme grafiği olarak işaretlenir. Eşit varyans varsayımının doğru olması için serpme grafiğinde her hangi bir yapının oluşmaması gerekir. Genellikle eşit varyans varsayımının geçersiz olduğu durumlarda, tahmin değerleri arttıkça hatalar da büyümektedir. Serpme diyagramında huniye benzer bir yapının görülmesi varyansın eşit olmadığının belirtisidir.

Eğer eşit varyans varsayımı sağlanmıyorsa çeşitli dönüşüm yöntemleri ile gözlemler eşit varyansa sahip hale gelecek şekilde dönüştürülürler. Ardından dönüştürülmüş veriler üzerinden varyans analizi gerçekleştirilir. Gözlemlerin hangi dağılımdan geldiği biliniyorsa uygun dönüşüm yöntemleri kullanılarak gözlem değerleri dönüştürülebilir. Örneğin gözlem değerleri Poisson dağılımından geliyorsa karekök dönüşümü ($y^*_{ij} = \sqrt{y_{ij}}$), log-normal dağılımdan geliyorsa logaritmik dönüşüm ($y^*_{ij} = \log y_{ij}$) yapılmalıdır.

4.3 Etkilerin Anlamlılığını Test Etmek İçin Kullanılan Diğer Metotlar

2^k deney tasarımında faktör etkilerinin belirlenmesinde varyans analizinden başka kullanılan iki metot daha vardır.

İlk metotta her bir etkinin standart hatası hesaplanmakta ve etkilerin büyüklüğü ile bu etkilere ait standart hatalar karşılaştırılmaktadır.

İkinci metotta ise etkilerin büyüklüğünü belirlemek için normal olasılık dağılım grafiği kullanılmaktadır.

4.4 Tek Tekrarlı 2^k Deney Tasarımı

Faktör sayısı arttıkça 2^k tasarımında incelenecek deneme kombinasyonu sayısı da artmaktadır. Örneğin 2^5 tasarımı 32 deneme kombinasyonunu, 2^6 tasarımı 64 deneme kombinasyonu gerektirir. Kaynakların sınırlı olduğu ve deneyi yapan kişinin orijinal faktör sayısını azaltmak istemediği bu gibi durumlarda deney tek tekrarla sınırlandırılabilir.

Tek tekrarın olduğu deney tasarımlarına genellikle “tekrarsız faktöryel tasarım” denilmektedir ve bu tip tasarımlarda hata tahmini yapılamamaktadır. Hata tahmini yapabilmek için iki yöntem mevcuttur. Bunlardan birincisi, çok faktörlü bir deneyde dörderli veya daha büyük etkileşimlerin (yüksek seviyeli) ihmal edilmesidir. Bu etkileşimlerden kaynaklanan değişkenlik ortalama hatanın hesaplanması için kullanılmaktadır. Gerçekten de bir çok sistemde esas etkiler ve düşük seviyedeki etkileşimler hakimdir ve diğer yüksek seviyedeki etkileşimler ihmal edilebilir seviyededir (Montgomery, 1991).

İkinci olarak, herhangi bir test yapmaksızın yüksek seviyedeki etkileşimleri ihmal etmek yanlış olabilir. Bu nedenle herhangi bir faktöre ait etkiyi ihmal etmeden önce, deneyde faktörlerin ve faktör etkileşimlerinin olup olmadığını test etmek gerekir. Bunun için normal olasılık grafiği kullanılır. Olasılık kağıdına işaretlendiğinde düz bir hat üzerinde yer olan etkiler deneydeki değişkenliğe sebep olmamaktadır. Bu nedenle bu etkiler ihmal edilerek deneyin ortalama hatası tahmin edilir.

Eğer tek tekrarlı 2^k tasarımında $h < k$ olmak üzere h tane faktör ihmal edilebilir ise deney verileri $k-h$ faktörlü, iki seviyeli ve 2^h tekrarlı tam faktöryel deney tasarımına dönüşür (Montgomery, 1991).

BEŞİNCİ BÖLÜM

UYGULAMA

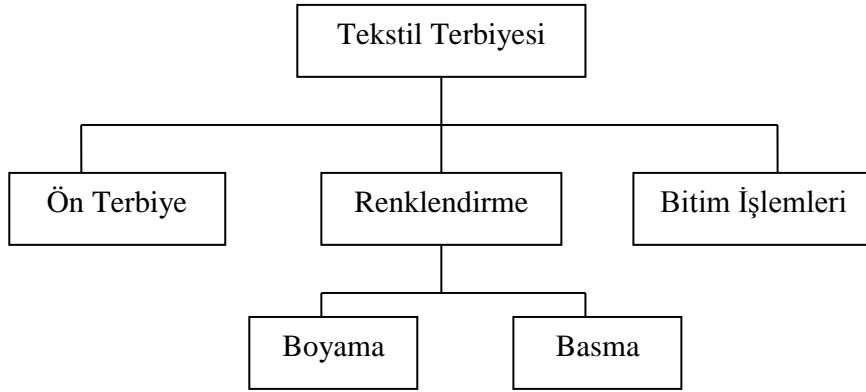
5.1 Giriş

Tezin uygulama bölümü Denizli ilinde kurulu bulunan bir tekstil işletmesinin boyahanesinde gerçekleştirilmiştir. 6000 m²'lik kapalı alanda kurulmuş olan boyahane 20 ton/gün kapasite ile %100 pamuk, %100 polyester, pamuk/polyester karışımları, pamuk/naylon karışımlarından oluşan her türlü havlu ve örgü kumaşlar boyanabilmektedir. İşletmede ayrıca renk çalışmalarının yapıldığı bir renk laboratuvarı ve orijinal test cihazları ile ISO standartlarına uygun haslık testlerinin yapıldığı bir test laboratuvarı bulunmaktadır.

Bu çalışmanın uygulama bölümü boyahanedeki renk ve test laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Renk haslıklarını etkileyen faktörler 2⁴ tam faktöryel deney tasarımı yöntemi ile incelenmiştir. İzleyen bölümlerde, tekstil terbiyesi ve renk haslıkları hakkında genel bilgiler verildikten sonra, art işlemlerin yıkama ve sürtme haslıkları üzerindeki etkilerini araştırmak için yapılan çalışma detayları ile anlatılmıştır.

5.2 Tekstil Terbiyesi

Terbiye işlemi ham kumaşların dikime hazır hale gelinceye kadar gördüğü tüm işlemleri kapsamaktadır. Tekstil terbiyesi genel olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır:



Şekil 5.1: Tekstil terbiyesi (Tarakçıoğlu, 1979)

Ön terbiye işlemi, diğer terbiye işlemleri için bir hazırlık aşaması olup, mamulün görünümünü güzelleştirmek ve mamulde dokuma esnasında oluşan yağ vb. istenmeyen maddeleri uzaklaştırmak için yapılan işlemleri içerir. Renklendirme işlemi, ön terbiye işlemi tamamlanmış olan mamule boyama veya baskı yöntemiyle istenen renk ve görünümün kazandırılması işlemleridir. Bitim işlemleri ise, renklendirme işleminden sonra, kumaşın görünüm, tutum ve kullanım özelliklerini iyileştirmek amacıyla yapılan işlemlerdir.

Tekstil terbiye işlemleri mamulün kalite karakteristikleri üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Bu aşamada yapılacak hatalar mamulden beklenen kalite karakteristiklerinin istenen düzeyde olmamasına neden olacaktır. Yapılan araştırmalar sonucu mamulde oluşan hataların %23'ünün renklendirme işlemlerinden kaynaklandığı görülmüştür (Aniş, 1998). Renklendirme işlemleri içinde en çok karşılaşılan problemler istenen rengin tutturulamaması ve istenen haslık değerlerine ulaşamamasıdır. Bu nedenle bu çalışmada renk haslıkları konusu ele alınmış ve renk haslıklarından yıkamaya ve sürtmeye karşı renk haslıklarını etkileyen faktörler araştırılmıştır.

5.3 Renk Haslıkları

Tekstil materyalleri çeşitli şartların etkisiyle renk değiştirirler. Güneş ışığı, nem gibi çevresel faktörler ve sürtünme, yıkama gibi kullanıma bağlı olarak oluşan faktörler renk değişmesine sebep olmaktadır. Bazı kumaşlar kullandıkça renklerini önemli ölçüde değiştirirken, bazıları ise çok az yada hiç değiştirmezler. Bir kumaşın değerlendirilebilmesi için kumaşta renk değişimine neden olan faktörler hakkında ve bu değişimlerin derecelendirilmesi ve rapor edilebilmesi hakkında bilgi sahibi olunması gerekmektedir (Yakartepe, 1998).

Renk haslığı bir tekstil mamulünün renginin gerek üretimi, gerekse kullanımı sırasında karşı karşıya kaldığı etkenlere dayanma gücüdür (Duran, 2001). Bir tekstil mamulünün renk haslığını belirlemek için yapılan testler, haslık testleri olarak isimlendirilmektedir. Bu testler mamul kalitesini belirlemede kullanılan objektif yöntemlerdir. Haslık testleri ile tekstil ürünlerinin günlük hayatta karşılaşılabileceği fiziksel ve kimyasal etkiler sonucu gösterebileceği renk değişimlerinin derecesi ve/veya başka ürünleri kirletme derecesi belirlenmektedir (Duran, 2001).

Renkli bir mamulün haslıkları şu parametrelere bağlı olarak değişmektedir:

1. Kullanılan boyarmadde grubu,
2. Kumaş cinsi ve konstrüksiyonu,
3. Terbiye prosesleri,
4. Boyama yöntemi,
5. Boyama sonrası uygulanan art işlemler.

Bir tekstil mamulünün günlük hayatta karşılaşılabileceği fiziksel veya kimyasal etkilerin türüne göre renk haslıkları birkaç başlık altında toplanabilir. Bunlar yıkama haslığı, sürtme haslığı, ter haslığı, ışık haslığı, su haslığı, deniz suyu haslığı ve klorlu su haslığıdır. Kaliteli bir kumaş için yukarıda belirtilen renk haslıklarının mümkün olduğunca iyi olması gerekir. Fakat tekstil ürünlerinin kullanım yerleri çok değişik olduğu için kumaşlardan istenen renk haslıkları kullanım yerine göre farklılık göstermektedir. Örneğin bir perdelik kumaşta ışık haslığı daha önemli iken, astarlık kumaşta ter ve sürtme haslığı, mayoluk kumaşta ise deniz suyu haslığı daha önemlidir.

Bu çalışmada pek çok tekstil mamulünde istenen en önemli haslıklardan, yıkama ve sürtme haslığı üzerinde durulmuş ve bu haslıklar üzerinde etkili olduğu düşünülen faktörler araştırılmıştır.

5.3.1 Yıkamaya Karşı Renk Haslığı

Yıkamaya karşı renk haslığı (kısaca yıkama haslığı) boyalı ve baskılı tekstil mamullerinde, mamulün cinsine ve kullanım amacına bağlı olarak farklı yıkama koşullarında renginin gösterdiği dayanıklılık derecesidir. Yıkamaya karşı renk haslığı yıkama şartlarına, boyamada kullanılan boyarmadde grubuna, renge ve boyama sonrası yapılan art işlemlere bağlıdır.

Yıkama haslığı testleri, laboratuvar şartlarında ilgili standartta belirtilen ölçülerde (10*4 cm) test numunesi ve multifiber adı verilen refakat kumaşı ile özel yıkama makinesinde gerçekleştirilmektedir. Multifiber altı farklı kumaştan (asetat, pamuk, naylon, polyester, akrilik, yün) oluşan bir test kumaşıdır. Multifiber, yıkama haslığı testi sırasında test edilecek numuneye dikilerek yıkama işlemine tabi tutulur. Yıkama sonrasında numunenin multifiber üzerindeki kumaşları kirletme derecesine bakılarak yıkama haslığı gözle subjektif olarak değerlendirilir.

Yıkama haslığı testleri belirli uluslararası standartlara göre yapılmaktadır. Bu standartlardan en çok kullanılanları ISO'nun ISO 105 C01'den ISO 105 C06'ya kadar olan standartları ile AATCC'nin AATCC 61 standardıdır. Bazı firmalar bu standartların yanında kendi standartlarını da oluşturmaktadırlar. Haslık testinin hangi standarda uygun olarak yapılacağı genellikle müşteri tarafından firmaya bildirilmektedir. Ancak müşteri tarafından herhangi bir standart belirtilmemişse, firmalar kendi oluşturdukları standartlara göre de test yapabilmektedir. Bu çalışmada, ISO 105 C06 C2S standardı kullanılarak 60°de yıkama haslığı testi yapılmıştır.

Yıkama haslığı test sonucu gri skala ile değerlendirilmektedir. Gri skala, ışık haslığı dışındaki haslık testi sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan standart derecelendirmelere sahip bir değerlendirme skalasıdır. Yapılan haslık testi sonucunda; numune kumaşın renk değişim derecesinin ve numune kumaşın refakat kumaşını kirletme derecesini tespit etmek amacıyla iki ayrı gri skala kullanılmaktadır. Her iki skalada da 1 en kötü değer 5 en iyi değer olmak üzere 9 ayrı değer bulunmaktadır (1, 1/2, 2, 2/3, 3, 3/4, 4, 4/5, 5).

5.3.2 Sürtünmeye Karşı Renk Haslığı

Sürtünmeye karşı renk haslığı (kısaca sürtme haslığı), boyalı ve baskılı bir tekstil mamulünün renginin temas halinde bulunduğu başka bir tekstil mamulüne geçme derecesi veya sürtünme sonucu o tekstil mamulünü kirletme derecesi olarak tanımlanmaktadır. Sürtme haslığı boyarmadde grubuna, boyama sonrası yapılan art işlemlere, lif özelliklerine ve kumaş yüzey yapısına bağlıdır.

Sürtme haslığı özellikle giysilik kumaşlarda ve döşemelik kumaşlarda önem kazanmaktadır. Sürtme haslığı, kuru sürtme haslığı ve yaş sürtme haslığı olmak üzere iki türdür. Yaş sürtme haslığı ıslak olan tekstil mamulünün renginin sürtündüğu tekstil mamulüne geçme derecesidir. Kuru sürtme haslığı ise kuru olan tekstil mamulünün renginin sürtünme sonucunda diğer tekstil mamulüne geçme derecesidir.

Yaş sürtme haslığı test sonuçları sürtme haslığı testinde kullanılan refakat kumaştaki nem miktarına bağlı olarak değişebilmektedir. Ayrıca son yıllarda yapılan çalışmalarda yaş sürtme haslığının istenen değere ulaşabilmesinin lif özelliklerinde yapılacak değişikliklerle mümkün olabileceği görülmüştür. Bu nedenlerden dolayı yaş sürtme haslığı Öko-Tex gibi bazı uluslararası standartlardan çıkarılmıştır ve bir haslık parametresi olarak değerlendirilmemektedir. Bu nedenle bu çalışmada sürtme haslığı olarak sadece kuru sürtme haslık değerleri ölçülmüştür.

Sürtme haslığı testleri renkli bir test numunesine standart beyaz refakat kumaşının standart basınç altında krokmetre cihazında kuru veya yaş olarak sürtünmesi suretiyle yapılmaktadır. Krokmetre tekstil mamullerinin sürtme haslığını belirlemede kullanılan bir test cihazıdır. Yapılan test sonucunda beyaz refakat kumaşının kirlenme derecesi gri skala yardımı ile belirlenmektedir.

Sürtme haslığı testleri belirli uluslararası standartlara göre yapılmaktadır. Bu standartlardan en yaygın olarak kullanılanları ISO 105X12 ve AATCC 8 standartlarıdır. Bazı firmalar bu standartların yanında kendi standartlarını da oluşturmaktadırlar. Haslık testinin hangi standarda uygun olarak yapılacağı genellikle müşteri tarafından firmaya bildirilmektedir. Ancak müşteri tarafından herhangi bir standart belirtilmemişse, firmalar kendi oluşturdıkları

standartlara göre de test yapabilmektedirler. Bu çalışmada, ISO 105X12 standardı kullanılarak kuru sürtme haslığı testi yapılmıştır.

5.4 Problemin Tanımı

Bu tez çalışmasında işletmede koyu renk boyamalarda yıkama ve sürtme haslıklarının düşük çıkması ve istenilen haslık değerlerine ulaşılamaması nedeniyle bu duruma yol açan faktörlerin neler olabileceği araştırılmıştır. Bu faktörler yukarıda da sayıldığı gibi kullanılan boyarmadde grubu, renk, boyama sonrası yapılan art işlemler ve yıkama şartlarıdır. Bu çalışmada işletmede deney yapma imkanlarının ve zamanın kısıtlı olması nedeniyle renk haslığını etkileyen faktörlerden sadece art işlemlerin etkisi üzerinde durulmuştur. Bu amaçla işletmede zaman zaman istenen haslık değerlerinin elde edilemediği üç renk (kırmızı, haki ve lacivert) üzerinde boyama sonrası yapılan art işlemlerin etkisi incelenmiştir. Seçilen bu üç renk koyu tonlarda oldukları için tercih edilmiştir.

5.5 Faktörlerin Belirlenmesi

Bu çalışmada yıkama ve sürtme haslığı üzerinde bir tekstil mamulüne uygulanabilecek art işlemlerin etkisi araştırılmıştır. Tekstil terbiye sürecinin, renklendirme aşamasında, mamulün boyanmasından sonra uygulanan işlemler art işlemler olarak adlandırılmaktadır. Art işlemler, boyama sonrası yapılan yıkamaları, mamule fiksator ve yumuşatıcı gibi kimyasallar verme işlemlerini, kaynatma ve sabunlama yapmayı kapsamaktadır.

Yıkama işlemi, boyama esnasında tekstil mamulünün liflerine fiske olmayan ve yüzeyde kalan boyarmaddeleri mamulden uzaklaştırmak amacıyla yapılır.

Mamule fiksator verilmesi işlemi, boyaması bitmiş olan mamulün haslığını geliştirmek için yapılır. Fiksator boyarmaddenin liflere tutunmasını arttıran bir kimyasaldır. Açık ton boyamalarda genellikle fiksator verme işlemine ihtiyaç duyulmamaktadır. Bunun iki nedeni vardır. Birincisi, açık ton boyamalarda az miktarda boyarmadde kullanılmaktadır. İkincisi, kullanılan boyarmadde moleküllerinin koyu ton boyarmaddelere göre daha küçük yapıya

sahip olmalarıdır. Böylece boyarmadde molekülleri liflere daha iyi bir şekilde tutunmaktadır. Koyu ton boyamalarda ise daha fazla boyarmadde kullanılmakta ve moleküller daha büyük olduğundan liflere tutunması zorlaşmaktadır. Bu nedenle fiksator, genellikle koyu ton boyamalarda haslığı geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır.

Bir tekstil mamulüne uygulanabilecek diğer art işlem ise mamule yumuşatıcı verilmesidir. Bu işlem, mamule tutum ve yumuşaklık kazandırmak amacıyla yapılmaktadır.

Boyama sonunda mamulde istenilen renkten daha koyu bir renge ulaşıldığında yani renk tutturulamadığında rengi açmak amacıyla sabunlama ve kaynatma yapılmaktadır. Sabunlama işlemi bir tekstil mamulünün kaynar sıcaklıkta deterjanla yıkanması işlemidir. Kaynatma ve sabunlama işlemleri ayrıca mamulün özelliklerini iyileştirmek ve haslık değerlerini yükseltmek için de yapılmaktadır.

Bu çalışmada yukarıda bahsedilen art işlemler (fiksator kullanımı, yumuşatıcı kullanımı, sabunlama ve kaynatma yapılması), yıkama ve sürtme haslığı üzerinde etkisi olan faktörler olarak düşünülmüş ve bu faktörlerin etkisi istatistiksel deney tasarımı yöntemi ile incelenmiştir. Denemelerde işletmede boyanmış olan kumaşlardan yıkama aşamasından sonra numune alınmış, denemeler belirlenen deneme kombinasyonlarına uygun olarak laboratuarda gerçekleştirilmiştir. Yıkamaların etkisini gözlemlemek için işletmede her yıkama sonrası bir numune almak veya boyamaları laboratuarda yapmak gerektiği ve bu da maliyetli ve zaman alıcı bir süreç olduğu için bu çalışmada yıkamaların etkisi gözlemlenmemiştir.

Çizelge 5.1’de incelenen faktörler ve deneyde kullanılan seviyeleri görülmektedir. Çizelge 5.1’de görüldüğü gibi her bir faktör için iki seviye belirlenmiştir. Bu seviyeler belirlenirken fabrikada uygulanan mevcut süreç dikkate alınmıştır. Mevcut süreçte, kumaşlara istenen haslık değerlerine göre art işlemler uygulanmaktadır. Her bir art işlem için ise daha önce belirlenmiş sabit reçeteler kullanılmaktadır. Art işlemde kullanılan kimyasallar, işlem süreleri vb. parametreler bu reçetelere göre belirlenmektedir. Bu nedenle seviyeler belirlenirken miktarlar, süreler, sıcaklık gibi parametreler dikkate alınmamış, sadece o art işlemin yapılıp yapılmamasına göre iki seviye belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan kimyasallara ilişkin değerler Çizelge 5.2’de verilmiştir.

İstatistiksel deney tasarımında bir faktör iki seviyeye sahip ise seviyelerden biri “düşük” diğeri ise “yüksek” olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışmada, art işlemin uygulanmadığı durum düşük seviye, art işlemin uygulandığı durum yüksek seviye olarak ele alınmıştır. Ayrıca her bir faktörün düşük seviyesini göstermek için (-) yüksek seviyesini göstermek için ise (+) işareti kullanılmıştır.

Çizelge 5.1: Deneyde incelenen faktörler ve seviyeleri

Faktör	Faktör Adı	Düşük Seviye	Yüksek Seviye
A	Fiksator	-	+
B	Yumuşatıcı	-	+
C	Sabunlama	-	+
D	Kaynatma	-	+

Çizelge 5.2: Denemelerde kullanılan fiksator ve yumuşatıcı oranları

Faktör	Kimyasal Türü	Miktar
Fiksator	Setafix of Conz	2 gr/lt
Yumuşatıcı	Tubingal OKN	6 gr/lt

5.6 Çıktı Değişkeni ve Ölçüm Yöntemi

Bu çalışmada, art işlemlerin yıkama ve sürtme haslığı üzerindeki etkilerini belirlemek için üç çıktı değişkeni ölçülmüştür. Yıkama haslığı ile ilgili olarak kumaşın renk değişim derecesi ve multifiber üzerindeki pamuklu kumaşı kirletme derecesi ölçülmüştür. Sürtme haslığı için ise kuru olarak sürtülen kumaşın beyaz refakat kumaşını kirletme derecesi ölçülmüştür. Bu çıktıların değerleri önce gri skala olarak ile uzman kişiler tarafından gözle belirlenmiş daha sonra aynı ölçümler spektralfotometre ile yapılmıştır. Spektralfotometre renkle ilgili, rengin tonu, derinliği vb. parametreleri çeşitli renk ölçüm yöntemleri ile sayısal olarak ölçen bir cihazdır.

Gri skala ile yapılan değerlendirme sonucunda elde edilen yıkama haslığı değerlerinde herhangi bir farklılık görülmemiştir. Yıkama haslığı için yalnızca renk değişim derecesi ve pamuğu kirletme derecesinde birkaç gözlemede farklı değerler elde edilmiştir. Bu nedenle multifiber üzerinde bulunan kumaşlardan sadece pamuğu kirletme derecesi yıkama haslığına ait çıktı değişkeni olarak belirlenmiştir. Kuru sürtme haslığında elde edilen değerler ise 4 ve 4/5 değerleri arasında değişmiştir.

Gri skala ile yapılan değerlendirme gözle yapıldığı için objektif olmayabilmekte ve büyük yanılığlara yol açabilmektedir. Ayrıca gri skala ile bulunan değerler 1-5 arasında 1- 1/2- 2- 2/3-3 3/4- 4 -4/5- 5 değerlerini almaktadır. Bu çalışmada faktör etkisini belirleyebilmek için daha hassas değerlere ihtiyaç duyulduğundan haslık testi sonuçları spektralfotometre ile değerlendirilmiştir. Spektralfotometrede haslık değerleri yine gri skalada olduğu gibi 1 ile 5 arasında değerler almakla birlikte daha hassas ölçümler yapmak mümkün olmaktadır. Örneğin 2/3 ve 3 arasında 2.62 gibi bir değer ölçülebilmektedir.

5.7 Deneyin Tasarımı

Deneyde incelenecek faktörler, bu faktörlerin seviyeleri ve ölçülecek çıktı değişkeni belirlendikten sonra, faktör etkilerini en iyi şekilde gözlemleyebilmek için kullanılacak olan deney tasarımının ne olması gerektiği belirlenmelidir. Bu çalışmada her biri ikişer seviyeye sahip dört faktör ve üç çıktı değişkeni bulunmaktadır. Bu nedenle çalışmada 2⁴ tam faktöryel deney tasarımı kullanılmıştır Bu tasarımda olabilir tüm durumları değerlendirebilmek için toplam 16 adet deneme yapılması gerekmektedir. Bu deneme kombinasyonları izelge 5.3'te gösterilmektedir. Deneyin doğruluğunu sağlamak amacıyla her bir deneme kombinasyonu için iki tekrar yapılmış ve her bir renk için toplam 32 adet gözlem elde edilmiştir.

5.8 Deneyin Yapılması

İşletmede kırmızı, haki ve lacivert olmak üzere üç farklı renge boyanmış olan kumaşlardan yıkama sonrası numune alınmıştır. Denemeler izelge 5.3'te belirlenen deneme kombinasyonlarına göre yapılmıştır. Numuneler önce deneme kombinasyonlarında belirlenen faktör seviyelerine göre art işlemlere tabi tutulmuş, ardından işlem görmüş numunelere ISO 105 C06 C2S standardına göre 60°de yıkama haslığı testi ve ISO 105X12 standardına göre

kuru sürtme haslığı testi yapılmıştır. Örneğin izelge 5.3'teki 2 numaralı denemede, deney numunesine sadece fiksator verilmiş, diğer art işlemler uygulanmamıştır. Yapılan bu art işlemden sonra numune yıkama haslığı ve sürtme haslığı testlerine tabi tutulmuştur. Deneyin doğruluğunu sağlamak amacıyla bu işlem iki kez tekrar edilmiştir. Bu şekilde her bir deneme kombinasyonu için aynı işlemler tek tek yapılmıştır. Denemeler arasında bir etkileşim olmamasını sağlamak amacıyla da denemelerin sırası rasgele belirlenmiştir.

Çizelge 5.3: Deneme kombinasyonları

Deneme Sayısı	Faktör				Deneme Kombinasyonu
	A (fiksator)	B (yumuşatıcı)	C (sabunlama)	D (kaynatma)	
1	-	-	-	-	(1)
2	+	-	-	-	a
3	-	+	-	-	b
4	+	+	-	-	ab
5	-	-	+	-	c
6	+	-	+	-	ac
7	-	+	+	-	bc
8	+	+	+	-	abc
9	-	-	-	+	d
10	+	-	-	+	ad
11	-	+	-	+	bd
12	+	+	-	+	abd
13	-	-	+	+	cd
14	+	-	+	+	acd
15	-	+	+	+	bcd
16	+	+	+	+	abcd

Denemeler 3 farklı kumaş ve 3 farklı renk üzerinde yapılmıştır. Kullanılan kumaşlar ve bu kumaşların boyandığı renkler Çizelge 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.4: Kumaş cinsleri ve boyandıkları renkler

Kumaş Cinsi	Renk
220 gr/m ² Ne 30/2 Süprem	Kırmızı
200 gr/m ² Ne 30/1 Ribana	Haki
180 gr/m ² Ne 24/1 Süprem	Lacivert

5.9 Verilerin Analizi

Bu çalışma için kurulmuş olan modelde her biri ikişer seviyeye sahip dört faktörün etkisi incelenmiştir. Bu modele uygun olarak aşağıdaki hipotez, %5 anlamlılık seviyesinde test edilmiştir:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

H_1 : En az iki ortalama birbirinden farklı

Burada μ_1, μ_2, μ_3 ve μ_4 sırasıyla fiksator, yumuşatıcı, sabunlama ve kaynatma faktörlerine ait deneme ortalamalarını temsil etmektedir. Bu hipoteze göre eğer belirlenmiş olan faktörler çıktı üzerinde etkili değilse ortalamaların birbirine eşit olması gerekir. Ortalamalardan en az ikisi farklı ise faktörlerin çıktı üzerinde etkisi olduğu sonucuna varılır.

5.9.1 Kırmızı Renk İçin Verilerin Analizi

Çizelge 5.5'te kırmızı renge boyanmış 220 gr/m² Ne 30/2 süprem kumaş ile yapılan denemelerin sonuçları görülmektedir. Çizelge 5.6, 5.7 ve 5.8'de ise bu deneme sonuçlarının SPSS programına girilip varyans analizi ile değerlendirilmesi sonucunda elde edilen ANOVA tabloları görülmektedir.

Varyans analizi sonuçları değerlendirilirken %5 anlamlılık seviyesi kullanılmıştır. Çizelge 5.6, 5.7 ve 5.8'deki anlamlılık seviyesi değerleri bu anlamlılık seviyesi ile karşılaştırılmıştır. Bir faktörün etkisinden bahsedebilmek için bu faktöre karşı gelen anlamlılık seviyesinin belirlenen anlamlılık seviyesinden küçük olması gerekir. Yada, varyans analizi sonucunda elde edilen F değerlerinin ilgili F tablosu değerlerinden büyük olması gerekir.

Çizelge 5.5: Kırmızı renk için elde edilen haslık değerleri

Deneme Sayısı	Tekrar Sayısı	Faktörler				Yıkama Haslığı (60°)		Kuru Sürtme Haslık Değeri
		A	B	C	D	Renk Değişim Derecesi	Pamuğu Kirletme Derecesi	
1	1	-	-	-	-	2,47	4,73	4,47
2	1	+	-	-	-	2,77	4,53	4,46
3	1	-	+	-	-	3,20	4,72	4,44
4	1	+	+	-	-	3,14	4,70	4,42
5	1	-	-	+	-	3,12	4,57	4,41
6	1	+	-	+	-	2,98	4,66	4,42
7	1	-	+	+	-	2,79	4,69	4,46
8	1	+	+	+	-	3,64	4,54	4,48
9	1	-	-	-	+	2,54	4,67	4,45
10	1	+	-	-	+	2,55	4,52	4,44
11	1	-	+	-	+	2,91	4,51	4,47
12	1	+	+	-	+	2,88	4,65	4,47
13	1	-	-	+	+	3,05	4,55	4,39
14	1	+	-	+	+	2,88	4,48	4,36
15	1	-	+	+	+	2,83	4,55	4,44
16	1	+	+	+	+	3,37	4,70	4,45
1	2	-	-	-	-	2,68	4,69	4,40
2	2	+	-	-	-	2,42	4,73	4,46
3	2	-	+	-	-	2,43	4,71	4,46
4	2	+	+	-	-	2,01	4,72	4,41
5	2	-	-	+	-	2,47	4,69	4,41
6	2	+	-	+	-	2,52	4,68	4,41
7	2	-	+	+	-	3,02	4,70	4,47
8	2	+	+	+	-	2,50	4,67	4,45
9	2	-	-	-	+	2,20	4,71	4,45
10	2	+	-	-	+	2,47	4,67	4,38
11	2	-	+	-	+	2,20	4,70	4,46
12	2	+	+	-	+	2,06	4,72	4,45
13	2	-	-	+	+	2,40	4,72	4,38
14	2	+	-	+	+	1,90	4,63	4,38
15	2	-	+	+	+	1,76	4,68	4,44
16	2	+	+	+	+	2,30	4,52	4,45

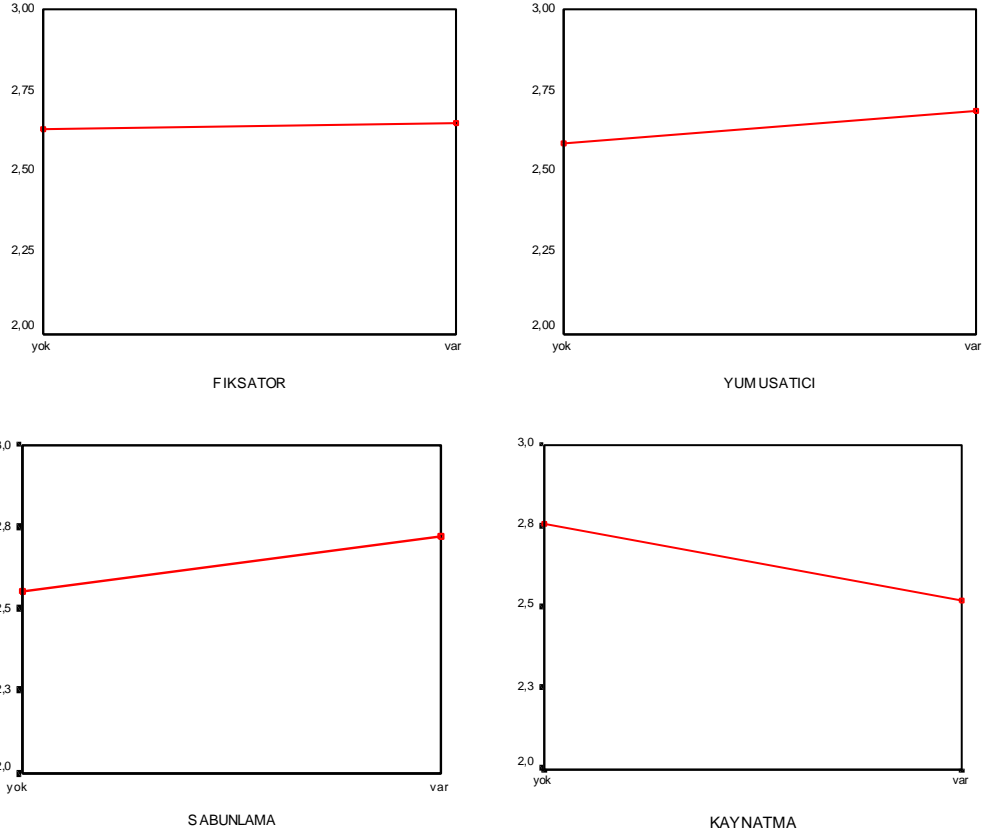
Çizelge 5.6: Kırmızı renk için renk değişim derecesine ait varyans analizi tablosu

Değişkenliğin Kaynağı	Kareler Toplamı	sd*	Ortalama Kareler	F	Anlamlılık Seviyesi
Fiksator	0,1140	1	0,1140	0,537	0,469
Yumuşatıcı	0,0044	1	0,0044	0,021	0,886
Sabunlama	0,0574	1	0,0574	0,270	0,607
Kaynatma	0,4260	1	0,4260	2,005	0,166
Fiksator*Yumuşatıcı	0,0533	1	0,0533	0,251	0,620
Fiksator*Sabunlama	0,0208	1	0,0208	0,098	0,756
Yumuşatıcı*Sabunlama	0,0075	1	0,0075	0,035	0,852
Fiksator*Yumuşatıcı*Sabunlama	0,6030	1	0,6030	2,840	0,102
Fiksator*Kaynatma	0,1470	1	0,1470	0,694	0,411
Yumuşatıcı*Kaynatma	0,0310	1	0,0310	0,146	0,705
Fiksator*Yumuşatıcı*Kaynatma	0,0675	1	0,0675	0,318	0,577
Sabunlama*Kaynatma	0,0310	1	0,0310	0,146	0,705
Fiksator*Sabunlama*Kaynatma	0,0800	1	0,0800	0,377	0,544
Yumuşatıcı*Sabunlama*Kaynatma	0,0363	1	0,0363	0,171	0,682
Fiksator*Yumuşatıcı*Sabunlama*Kaynatma	0,0271	1	0,0271	0,128	0,723
Hata	6,7950	32	0,2120		
Toplam	318,991	48			

*: serbestlik derecesi

Çizelge 5.6’da yıkama haslığı test sonuçlarının varyans analizi görülmektedir. Bu tablonun anlamlılık seviyesi sütununa bakıldığında %5’in altında bir rakam görülmemektedir. Dolayısıyla renk değişim derecesi üzerinde ilgilenilen art işlemlerin bir etkisinin olmadığı söylenebilir. Ayrıca tabloya bakıldığında bu dört faktör arasında oluşabilecek muhtemel faktör etkileşimlerinin de mevcut olmadığı görülmektedir. Bir başka ifade ile, herhangi bir faktörün seviyesinin değişmesi sonucunda çıktı değişkeni üzerinde meydana gelen değişme diğer faktörün seviyesine bağlı değildir.

ANOVA tablosunun yorumlanması ile elde edilen sonuçlara grafikler yardımı ile de ulaşılabilmektedir. Şekil 5.2’de renk değişim derecesi üzerinde fiksator, yumuşatıcı, sabunlama ve kaynatmanın etkisi görülmektedir. Grafiklerden de görüleceği üzere faktörlerin haslık değeri üzerinde önemli bir etkisi yoktur. Yani faktörün düşük seviyeden yüksek seviyeye geçmesi sonucunda haslık değerinde önemli bir değişim gözlenmemektedir.



Şekil

5.2: Kırmızı renk için renk değişim derecesine ait esas etki grafikleri

Çizelge 5.7: Kırmızı renk için pamuğu kirlenme derecesine ait varyans analizi tablosu

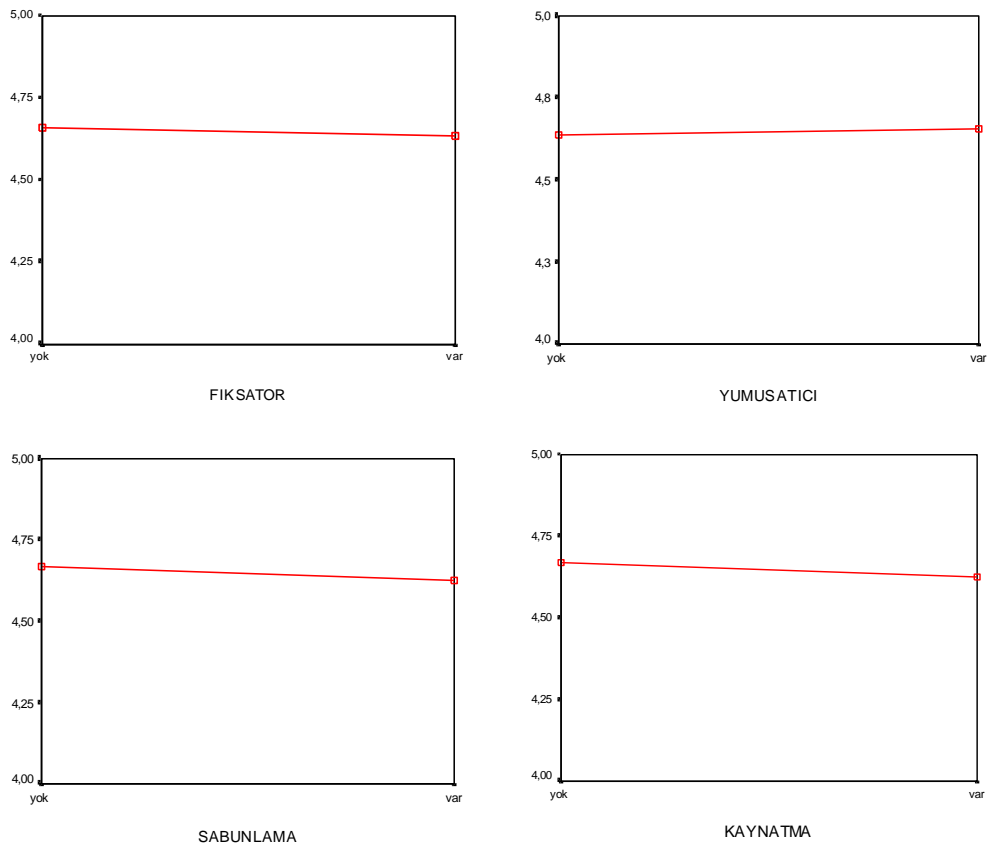
Değişkenliğin Kaynağı	Kareler Toplamı	sd*	Ortalama Kareler	F	Anlamlılık Seviyesi
Fiksator	0,0091	1	0,0091	0,989	0,327
Yumuşatıcı	0,0019	1	0,0019	0,204	0,654
Sabunlama	0,0176	1	0,0176	1,921	0,175
Kaynatma	0,0192	1	0,0192	2,092	0,158
Fiksator*Yumuşatıcı	0,0037	1	0,0037	0,400	0,531
Fiksator*Sabunlama	0,0000	1	0,0000	0,004	0,952
Yumuşatıcı*Sabunlama	0,0000	1	0,0000	0,004	0,952
Fiksator*Yumuşatıcı*Sabunlama	0,0075	1	0,0075	0,817	0,373
Fiksator*Kaynatma	0,0000	1	0,0000	0,000	1,000
Yumuşatıcı*Kaynatma	0,0003	1	0,0003	0,033	0,858
Fiksator*Yumuşatıcı*Kaynatma	0,0056	1	0,0056	0,614	0,439
Sabunlama*Kaynatma	0,0014	1	0,0014	0,153	0,698
Fiksator*Sabunlama*Kaynatma	0,0007	1	0,0007	0,074	0,788
Yumuşatıcı*Sabunlama*Kaynatma	0,0007	1	0,0007	0,074	0,788
Fiksator*Yumuşatıcı*Sabunlama*Kaynatma	0,0010	1	0,0010	0,110	0,742
Hata	0,2940	32	0,0092		
Toplam	1019,173	48			

*: serbestlik derecesi

Çizelge 5.7’de yıkama haslığı testi sonucunda test edilen kumaşın multifiber üzerinde bulunan pamuklu kumaşı kirletme derecesinin spektralfotometre ile ölçülmesinden elde edilen değerlere ait ANOVA tablosu görülmektedir.

Tablonun anlamlılık seviyesi sütununa bakıldığında %5’in altında bir rakam görülmemektedir. Yani ilgilenilen art işlemlerin pamuğu kirletme derecesi üzerinde bir etkisi yoktur. Yine faktörler arasında oluşabilecek muhtemel etkileşimlerin de mevcut olmadığı tablodan kolayca görülebilmektedir.

Şekil 5.3’te faktör etkileri grafik yöntemle gösterilmiştir. Bu grafiklerden de görüleceği üzere ilgilenilen bu dört faktörün pamuğu kirletme derecesi üzerinde herhangi bir etkisi yoktur.



Şekil 5.3: Kırmızı renk için pamuğu kirletme derecesine ait esas etki grafikleri

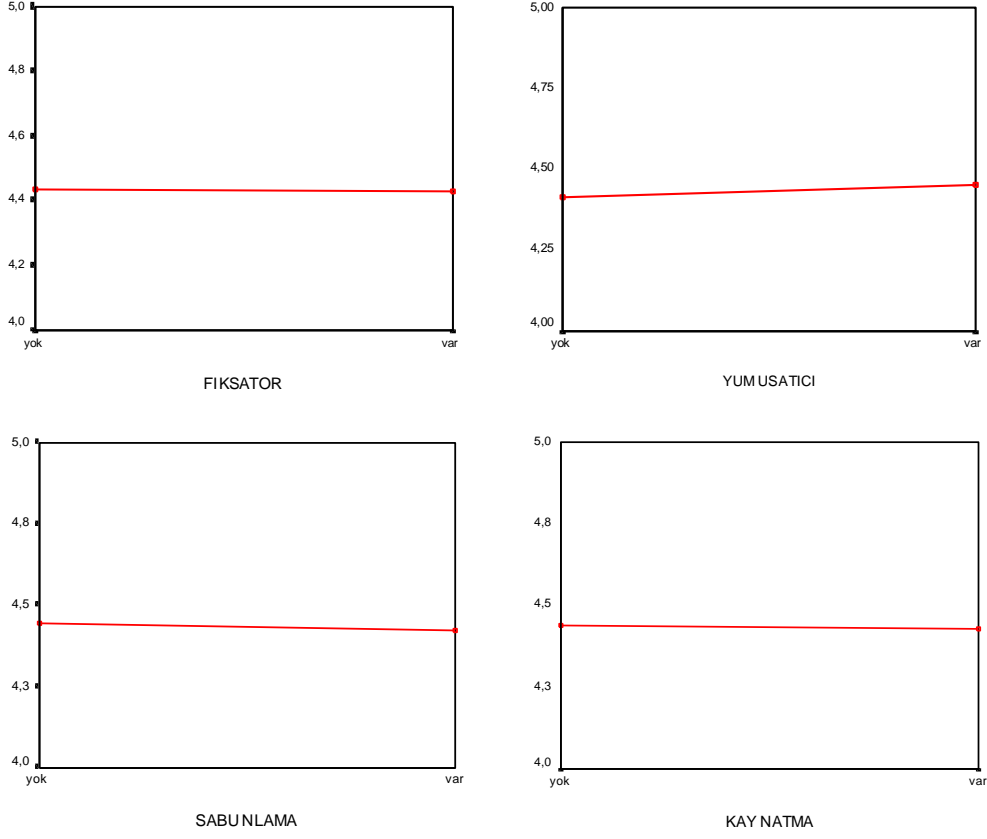
Çizelge 5.8: Kırmızı renk için kuru sürtme haslığına ait varyans analizi tablosu

Değişkenliğin Kaynağı	Kareler Toplamı	sd*	Ortalama Kareler	F	Anlamlılık Seviyesi
Fiksator	0,0004	1	0,0004	1,090	0,312
Yumuşatıcı	0,0095	1	0,0095	27,252	0,000
Sabunlama	0,0026	1	0,0026	7,577	0,014
Kaynatma	0,0009	1	0,0009	2,604	0,126
Fiksator*Yumuşatıcı	0,0000	1	0,0000	0,009	0,926
Fiksator*Sabunlama	0,0004	1	0,0004	1,090	0,312
Yumuşatıcı*Sabunlama	0,0053	1	0,0053	15,144	0,001
Fiksator*Yumuşatıcı*Sabunlama	0,0003	1	0,0003	0,730	0,406
Fiksator*Kaynatma	0,0003	1	0,0003	0,730	0,406
Yumuşatıcı*Kaynatma	0,0020	1	0,0020	5,631	0,031
Fiksator*Yumuşatıcı*Kaynatma	0,0020	1	0,0020	5,631	0,031
Sabunlama*Kaynatma	0,0023	1	0,0023	6,568	0,021
Fiksator*Sabunlama*Kaynatma	0,0000	1	0,0000	0,225	0,641
Yumuşatıcı*Sabunlama*Kaynatma	0,0001	1	0,0001	1,523	0,235
Fiksator*Yumuşatıcı*Sabunlama*Kaynatma	0,0001	1	0,0001	1,523	0,235
Hata	0,0056	16	0,0004		
Toplam	629,182	32			

*: serbestlik derecesi

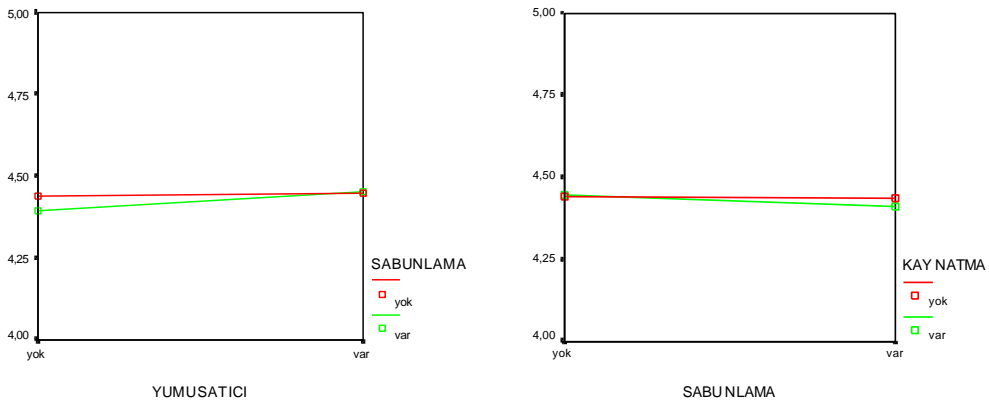
Çizelge 5.8'de ise kuru sürtme haslığı test sonuçlarına ait ANOVA tablosu görülmektedir. Tablodan da görüleceği üzere %5 anlamlılık seviyesinde kuru sürtme haslığı üzerinde yumuşatıcı ve sabunlamanın etkisi vardır. Ayrıca yumuşatıcı*sabunlama, yumuşatıcı*kaynatma ve sabunlama*kaynatma ikili bileşik etkileri ile fiksator*yumuşatıcı*kaynatma üçlü bileşik etkisinin mevcut olduğu görülmektedir.

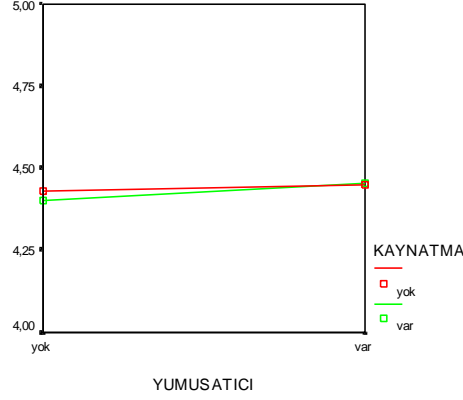
Şekil 5.4'te bu etkiler grafikler yardımı ile gösterilmeye çalışılmıştır. Grafikler incelendiğinde fiksator ve kaynatmanın seviyelerinin değişmesi haslık değerinde herhangi bir farklılığa yol açmazken, yumuşatıcı ve sabunlamanın seviyelerinin değişmesi sonucunda haslık değerinde az da olsa bir değişim meydana gelmektedir. Buradan da fiksator ve kaynatmanın kuru sürtme haslığı üzerinde etkili olmadığı, yumuşatıcı ve sabunlamanın ise önemli düzeyde olmayan bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılır.



Şekil 5.4: Kırmızı renk için kuru sürtme haslık değerine ait esas etki grafikleri

Şekil 5.5'te ise kuru sürtme haslığı üzerinde etkili olan ikili bileşik etkilere ait grafikler görülmektedir. Bu grafiklerden de görüleceği üzere faktörlerden birinin seviyesinin değişmesinin haslık değeri üzerinde meydana getirdiği değişme diğer faktörün hangi seviyede olduğuna bağlıdır. Ancak bu etkileşim etkileri şekilden de görülebileceği gibi çok önemli düzeyde değildir.





Şekil 5.5: Kırmızı renk için kuru sürtme haslık değerine ait ikili bileşik etki grafikleri

Sonuç olarak kırmızı renk ile renklendirilmiş 220 gr/m² Ne 30/2 süprem kumaşın yıkama haslığına belirlenmiş olan art işlemlerden hiç birisinin etkisi yoktur. Kuru sürtme haslığı üzerinde ise yumuşatıcı ve sabunlamanın etkili olduğu ancak bu etkinin düzeyinin çok önemli olmadığı görülmüştür. Grafiklerden de görüleceği gibi yumuşatıcı ve sabunlama kuru sürtme haslık değerini 0,25 puanlık bir aralıkta değiştirmekte, bu da gri skala ile ölçüm yapıldığı takdirde herhangi bir anlam ifade etmemektedir. Yani gri skala ile ölçüm yapıldığında her bir deneme kombinasyonu için haslık değerinin aynı olduğu görülecektir. Buradan da uygulanan art işlemlerin kırmızı renk ile renklendirilmiş 220 gr/m² Ne 30/2 süprem kumaşın yıkama ve sürtme haslıkları üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı sonucuna varılmaktadır.

5.9.2 Haki Renk İçin Verilerin Analizi

Çizelge 5.9'da haki renge boyanmış 200 gr/m² Ne 30/1 ribana kumaşın spektralfotometre ile ölçülmüş yıkama ve sürtme haslığı test sonuçları görülmektedir.

Çizelge 5.10, 5.11 ve 5.12'de ise bu test sonuçlarının SPSS programına girilip varyans analizi yapılması sonucunda elde edilen ANOVA tabloları görülmektedir.

Çizelge 5.9: Haki renk için elde edilen haslık değerleri

Deneme Sayısı	Tekrar Sayısı	Faktörler				Yıkama Haslığı (60°)		Kuru Sürtme Haslık Değeri
		A	B	C	D	Renk Değişim Derecesi	Pamuğu Kirletme Derecesi	
1	1	-	-	-	-	4,28	4,74	4,55
2	1	+	-	-	-	4,45	4,72	4,75
3	1	-	+	-	-	4,47	4,76	4,60
4	1	+	+	-	-	4,52	4,73	4,59
5	1	-	-	+	-	4,47	4,74	4,56
6	1	+	-	+	-	3,61	4,67	4,51
7	1	-	+	+	-	4,52	4,73	4,53
8	1	+	+	+	-	4,22	4,69	4,54
9	1	-	-	-	+	4,57	4,74	4,56
10	1	+	-	-	+	3,78	4,69	4,73
11	1	-	+	-	+	3,88	4,72	4,59
12	1	+	+	-	+	4,36	4,70	4,54
13	1	-	-	+	+	3,76	4,76	4,56
14	1	+	-	+	+	3,48	4,70	4,64
15	1	-	+	+	+	4,14	4,71	4,57
16	1	+	+	+	+	4,65	4,70	4,56
1	2	-	-	-	-	4,18	4,77	4,56
2	2	+	-	-	-	4,02	4,67	4,57
3	2	-	+	-	-	4,28	4,75	4,61
4	2	+	+	-	-	4,31	4,75	4,53
5	2	-	-	+	-	4,70	4,77	4,61
6	2	+	-	+	-	4,03	4,67	4,69
7	2	-	+	+	-	4,08	4,76	4,54
8	2	+	+	+	-	3,96	4,75	4,50
9	2	-	-	-	+	4,06	4,76	4,62
10	2	+	-	-	+	3,51	4,75	4,62
11	2	-	+	-	+	4,20	4,77	4,57
12	2	+	+	-	+	3,96	4,75	4,61
13	2	-	-	+	+	4,05	4,78	4,56
14	2	+	-	+	+	3,98	4,72	4,64
15	2	-	+	+	+	4,60	4,74	4,57
16	2	+	+	+	+	4,34	4,75	4,57

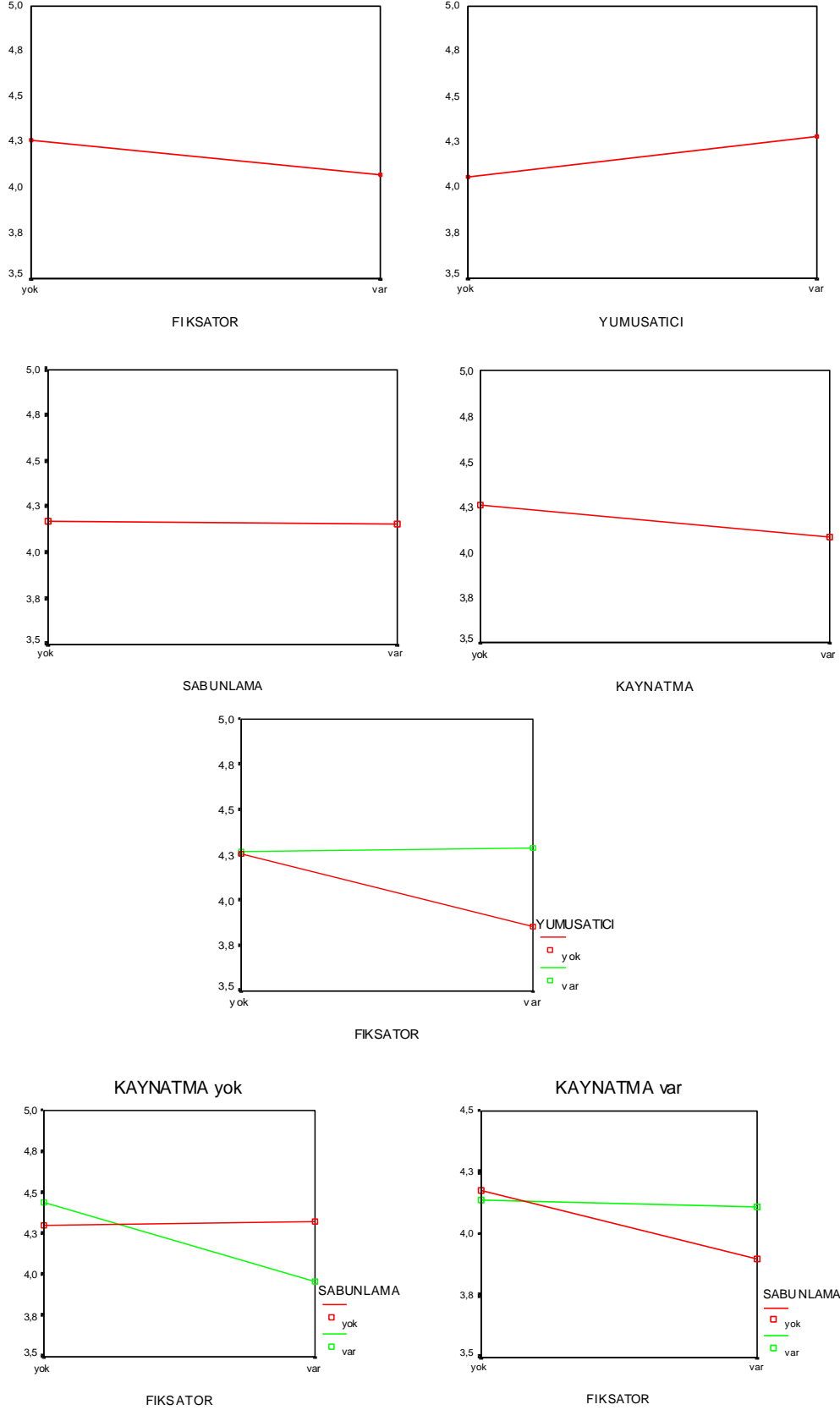
Çizelge 5.10: Haki renk için renk değişim derecesine ait varyans analizi tablosu

Değişkenliğin Kaynağı	Kareler Toplamı	sd*	Ortalama Kareler	F	Anlamlılık Seviyesi
Fiksator	0,2930	1	0,2930	4,675	0,046
Yumuşatıcı	0,3960	1	0,3960	6,328	0,023
Sabunlama	0,0018	1	0,0018	0,029	0,867
Kaynatma	0,2420	1	0,2420	3,859	0,067
Fiksator*Yumuşatıcı	0,3530	1	0,3530	5,637	0,030
Fiksator*Sabunlama	0,0338	1	0,0338	0,540	0,473
Yumuşatıcı*Sabunlama	0,0528	1	0,0528	0,844	0,372
Fiksator*Yumuşatıcı*Sabunlama	0,0001	1	0,0001	0,002	0,967
Fiksator*Kaynatma	0,0136	1	0,0136	0,217	0,647
Yumuşatıcı*Kaynatma	0,1680	1	0,1680	2,687	0,121
Fiksator*Yumuşatıcı*Kaynatma	0,0313	1	0,0313	0,499	0,490
Sabunlama*Kaynatma	0,0800	1	0,0800	1,278	0,275
Fiksator*Sabunlama*Kaynatma	0,2890	1	0,2890	4,614	0,047
Yumuşatıcı*Sabunlama*Kaynatma	0,2210	1	0,2210	3,533	0,079
Fiksator*Yumuşatıcı*Sabunlama*Kaynatma	0,1280	1	0,1280	2,037	0,173
Hata	1,0010	16	0,0626		
Toplam	559,581	32			

*: serbestlik derecesi

Çizelge 5.10'a bakıldığında %5 anlamlılık seviyesinde renk değişim derecesi üzerinde fiksator ve yumuşatıcın etkili olduğu, sabunlama ve kaynatmanın ise etkili olmadığı görülmektedir. Ayrıca renk değişim derecesi üzerinde fiksator*yumuşatıcı ikili bileşik etkisi ile fiksator*sabunlama*kaynatma üçlü bileşik etkisi söz konusudur. Bu etkilere ait grafikler Şekil 5.6'da gösterilmektedir.

Şekil 5.6'daki grafikler incelenecek olursa fiksatorün renk değişim derecesi üzerinde olumsuz yönde etkili olduğu, yumuşatıcının ise olumlu yönde etkili olduğu görülmektedir. Aynı zamanda fiksator ve yumuşatıcı arasında bir etkileşimin olduğu ancak bu etkileşimin önemli bir düzeyde olmadığı görülmektedir.



Şekil 5.6: Haki renk için renk değışim derecesine ait etki grafikleri

Yapılan ANOVA analizi sonucunda kaynatma ve sabunlamanın renk değışim derecesi üzerinde etkili olmadığı görülmüştür. Ancak kaynatmaya ait etki grafiğine bakıldığında

kaynatmanın renk değişim derecesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu görölmektedir. Ayrıca ANOVA analizi sonucunda fiksator*sabunlama*kaynatma üçlü bileşik etkisinin mevcut olduğu görölmektedir. Bu etki grafikte de gösterilmiştir. Bu üçlü bileşik etkinin var olması nedeniyle kaynatma ve sabunlamanın renk değişim derecesi üzerinde etkili olmadığı sonucuna kesin olarak varılamamaktadır.

Çizelge 5.11: Haki renk için pamuğu kirletme derecesine ait varyans analizi tablosu

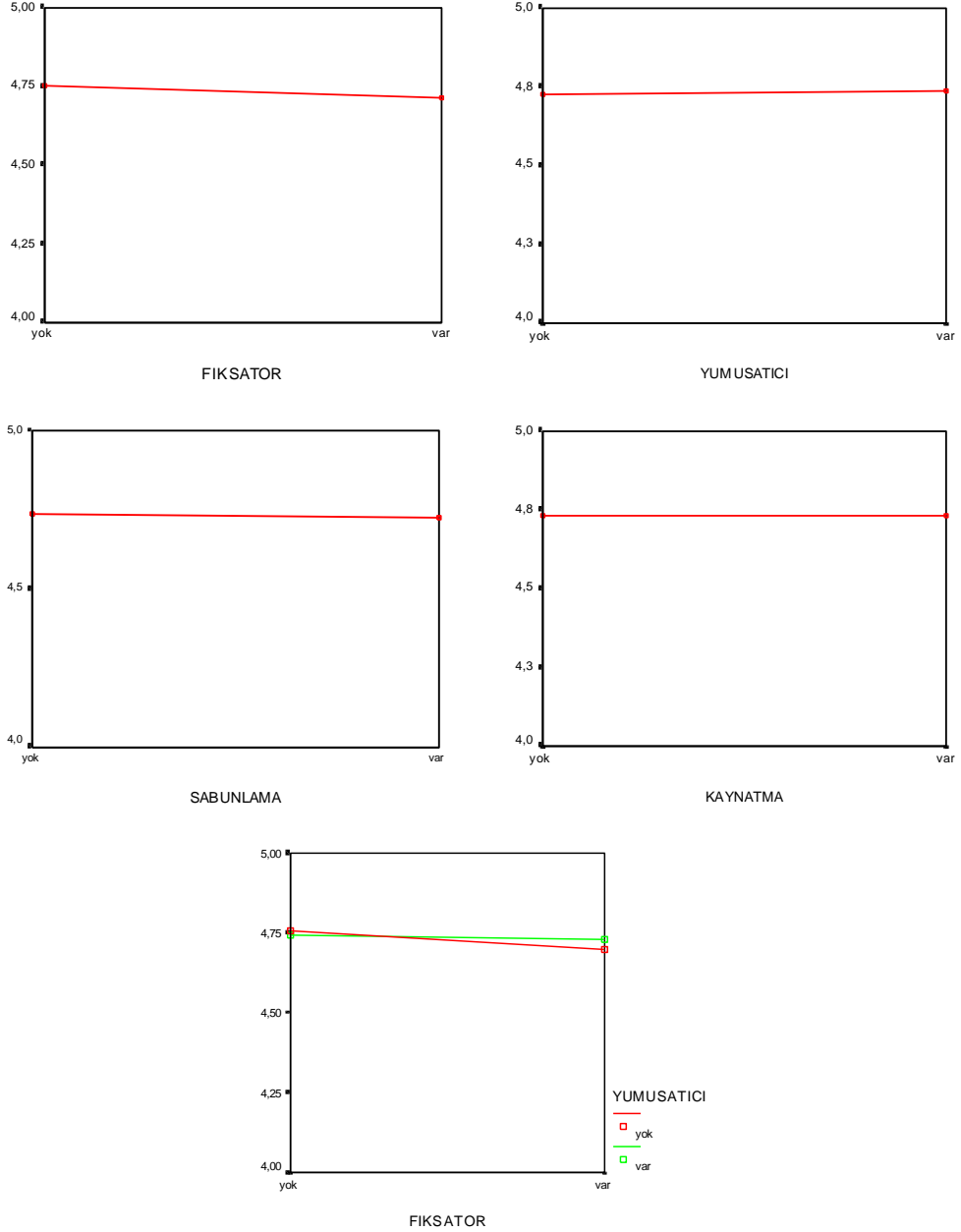
Değişkenliğin Kaynağı	Kareler Toplamı	sd*	Ortalama Kareler	F	Anlamlılık Seviyesi
Fiksator	0,0109	1	0,0109	15,471	0,001
Yumuşatıcı	0,0004	1	0,0004	0,538	0,474
Sabunlama	0,0005	1	0,0005	0,751	0,399
Kaynatma	0,0002	1	0,0002	0,218	0,647
Fiksator*Yumuşatıcı	0,0038	1	0,0038	5,444	0,033
Fiksator*Sabunlama	0,0003	1	0,0003	0,360	0,557
Yumuşatıcı*Sabunlama	0,0002	1	0,0002	0,218	0,647
Fiksator*Yumuşatıcı*Sabunlama	0,0005	1	0,0005	0,751	0,399
Fiksator*Kaynatma	0,0007	1	0,0007	1,000	0,332
Yumuşatıcı*Kaynatma	0,0017	1	0,0017	2,351	0,145
Fiksator*Yumuşatıcı*Kaynatma	0,0002	1	0,0002	0,218	0,647
Sabunlama*Kaynatma	0,0003	1	0,0003	0,360	0,557
Fiksator*Sabunlama*Kaynatma	0,0001	1	0,0001	0,111	0,743
Yumuşatıcı*Sabunlama*Kaynatma	0,0001	1	0,0001	0,111	0,743
Fiksator*Yumuşatıcı*Sabunlama*Kaynatma	0,0002	1	0,0002	0,218	0,647
Hata	0,0113	16	0,0007		
Toplam	716,437	32			

*: serbestlik derecesi

Çizelge 5.11’de haki ile boyanmış 200 gr/m² Ne 30/1 ribana kumaşın yıkama haslığı testine tabi tutulduktan sonra haslık testi sırasında multifiberdeki pamuklu kumaşı kirletme derecesine ait değerlerin varyans analizi ile değerlendirilmesi sonucunda elde edilen ANOVA tablosu görölmektedir.

Tabloya bakıldığında pamuğu kirletme derecesi üzerinde %5 anlamlılık seviyesinde sadece fiksatorün etkili olduğu, diğer faktörlerin ise etkili olmadığı görölmektedir. Ayrıca pamuğu kirletme derecesi üzerinde fiksator*yumuşatıcı bileşik etkisi söz konusudur.

Bu etkilere ait etki grafikler Şekil 5.7’de gösterilmektedir.



Şekil 5.7: Haki renk için pamuğu kirletme derecesine ait etki grafikleri

Grafikler incelendiğinde pamuğu kirletme derecesi üzerinde sadece fiksatorün olumsuz yönde bir etkisinin olduğu ancak bu etkinin önemli düzeyde olmadığı görülmektedir.

ANOVA tablosuna bakılarak fiksator*yumuşatıcı etkileşiminin olduğu söylenmişti. Ancak bu etkileşim için çizilen grafiğe bakıldığında bu etkileşimin önemli bir düzeyde olmadığı görülmektedir. Ayrıca yumuşatıcının pamuğu kirletme derecesi üzerinde bir etkisinin olmadığını hem ANOVA tablosundan hem de yumuşatıcı için çizilen etki grafiğinden

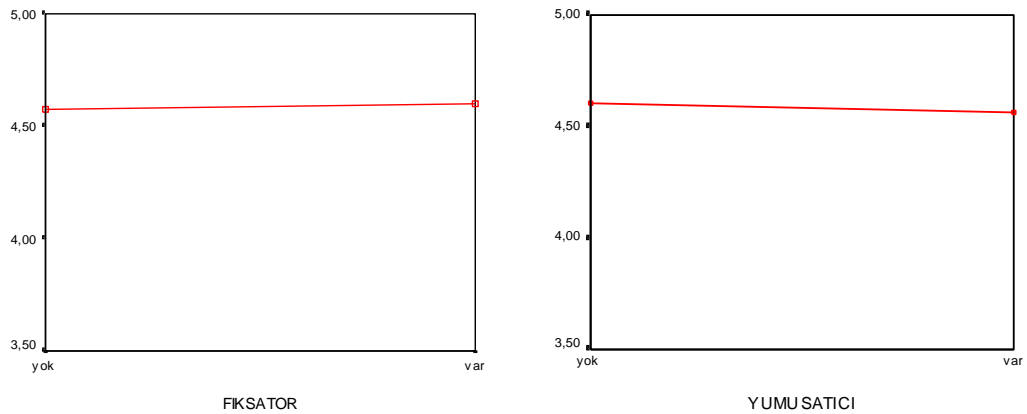
kolayca görülüyor olması nedeniyle fiksator*yumuşatıcı etkileşiminin önemli düzeyde olmadığı söylenmektedir.

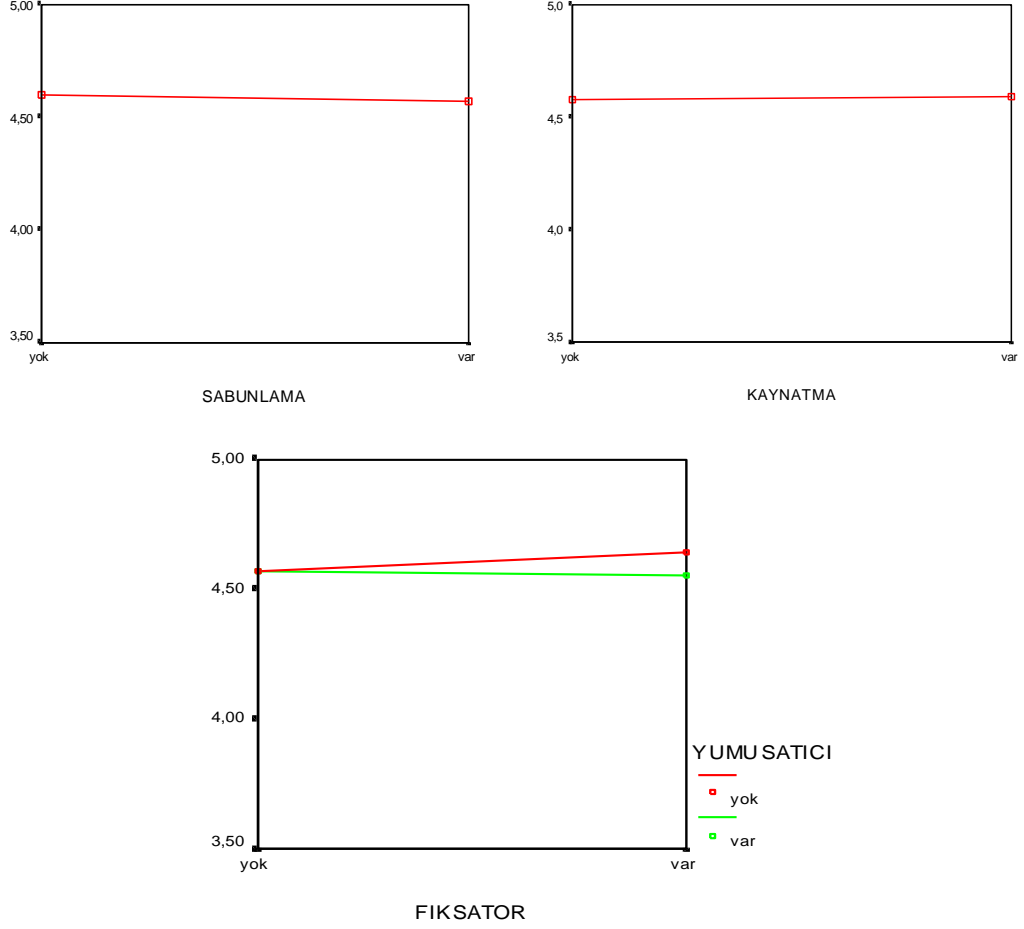
Çizelge 5.12: Haki renk için kuru sürtme haslığına ait varyans analizi tablosu

Değişkenliğin Kaynağı	Kareler Toplamı	sd*	Ortalama Kareler	F	Anlamlılık Seviyesi
Fiksator	0,0058	1	0,0058	1,969	0,180
Yumuşatıcı	0,0158	1	0,0158	5,368	0,034
Sabunlama	0,0063	1	0,0063	2,157	0,161
Kaynatma	0,0023	1	0,0023	0,776	0,391
Fiksator*Yumuşatıcı	0,0158	1	0,0158	5,368	0,034
Fiksator*Sabunlama	0,0005	1	0,0005	0,180	0,677
Yumuşatıcı*Sabunlama	0,0002	1	0,0002	0,052	0,822
Fiksator*Yumuşatıcı*Sabunlama	0,0020	1	0,0020	0,666	0,427
Fiksator*Kaynatma	0,0011	1	0,0011	0,384	0,544
Yumuşatıcı*Kaynatma	0,0000	1	0,0000	0,001	0,974
Fiksator*Yumuşatıcı*Kaynatma	0,0000	1	0,0000	0,001	0,974
Sabunlama*Kaynatma	0,0004	1	0,0004	0,129	0,724
Fiksator*Sabunlama*Kaynatma	0,0004	1	0,0004	0,129	0,724
Yumuşatıcı*Sabunlama*Kaynatma	0,0020	1	0,0020	0,666	0,427
Fiksator*Yumuşatıcı*Sabunlama*Kaynatma	0,0017	1	0,0017	0,563	0,464
Hata	0,0470	16	0,0029		
Toplam	673,087	32			

*: serbestlik derecesi

Çizelge 5.12’de haki renge ait kuru sürtme haslık değerlerinin varyans analizi sonuçları görülmektedir. Çizelgeden de görüleceği üzere kuru sürtme haslık değeri üzerinde %5 anlamlılık seviyesinde yumuşatıcı esas etkisi ve fiksator*yumuşatıcı ikili bileşik etkisi söz konusudur. Bu etkiler Şekil 5.8’de grafiklerle gösterilmiştir.





Şekil 5.8: Haki renk için kuru sürtme haslık değerine ait etki grafikleri

Şekil 5.8'deki etki grafiklerine bakıldığında yumuşatıcının kuru sürtme haslığı üzerinde olumsuz yönde bir etkisinin olduğu ancak bu etkinin önemli düzeyde olmadığı görülmektedir.

ANOVA tablosuna bakılarak fiksator*yumuşatıcı etkileşiminin olduğu söylenmişti. Ancak bu etkileşim için çizilen grafiğe bakıldığında bu etkileşimin önemli bir düzeyde olmadığı görülmektedir. Ayrıca fiksatorün kuru sürtme haslığı üzerinde bir etkisinin olmadığı hem ANOVA tablosundan hem de fiksator için çizilen etki grafiğinden kolayca görülüyor olması nedeniyle fiksator*yumuşatıcı etkileşiminin önemli düzeyde olmadığı söylenmektedir.

5.9.3 Lacivert Renk İçin Verilerin Analizi

Çizelge 5.13'te lacivert renge boyanmış 180 gr/m² Ne 24/1 süprem kumaşın spektralfotometre ile değerlendirilmiş yıkama ve sürtme haslığı test sonuçları görülmektedir.

Çizelge 5.14, 5.15 ve 5.16'da ise bu test sonuçlarının varyans analizi ile değerlendirilmesi sonucunda elde edilen ANOVA tabloları görülmektedir.

Çizelge 5.13: Lacivert renk için elde edilen haslık değerleri

Deneme Sayısı	Tekrar Sayısı	Faktörler				Yıkama Haslığı (60°)		Kuru Sürtme Haslık Değeri
		A	B	C	D	Renk Değişim Derecesi	Pamuğu Kirletme Derecesi	
1	1	-	-	-	-	4,60	4,59	4,53
2	1	+	-	-	-	4,28	4,63	4,56
3	1	-	+	-	-	4,12	4,59	4,49
4	1	+	+	-	-	4,26	4,63	4,50
5	1	-	-	+	-	4,04	4,61	4,55
6	1	+	-	+	-	4,14	4,61	4,52
7	1	-	+	+	-	4,48	4,61	4,39
8	1	+	+	+	-	4,13	4,62	4,54
9	1	-	-	-	+	4,33	4,60	4,54
10	1	+	-	-	+	4,28	4,62	4,55
11	1	-	+	-	+	4,29	4,61	4,46
12	1	+	+	-	+	4,90	4,62	4,43
13	1	-	-	+	+	4,83	4,58	4,54
14	1	+	-	+	+	4,11	4,60	4,53
15	1	-	+	+	+	3,83	4,62	4,48
16	1	+	+	+	+	4,18	4,61	4,54
1	2	-	-	-	-	4,31	4,58	4,54
2	2	+	-	-	-	4,33	4,60	4,47
3	2	-	+	-	-	4,53	4,60	4,52
4	2	+	+	-	-	4,11	4,61	4,52
5	2	-	-	+	-	4,66	4,60	4,51
6	2	+	-	+	-	4,96	4,65	4,54
7	2	-	+	+	-	4,77	4,62	4,50
8	2	+	+	+	-	4,66	4,64	4,47
9	2	-	-	-	+	4,63	4,61	4,53
10	2	+	-	-	+	4,14	4,60	4,51
11	2	-	+	-	+	3,84	4,61	4,45
12	2	+	+	-	+	4,08	4,61	4,48
13	2	-	-	+	+	4,29	4,60	4,53
14	2	+	-	+	+	4,00	4,61	4,52
15	2	-	+	+	+	4,28	4,60	4,47
16	2	+	+	+	+	4,37	4,64	4,51

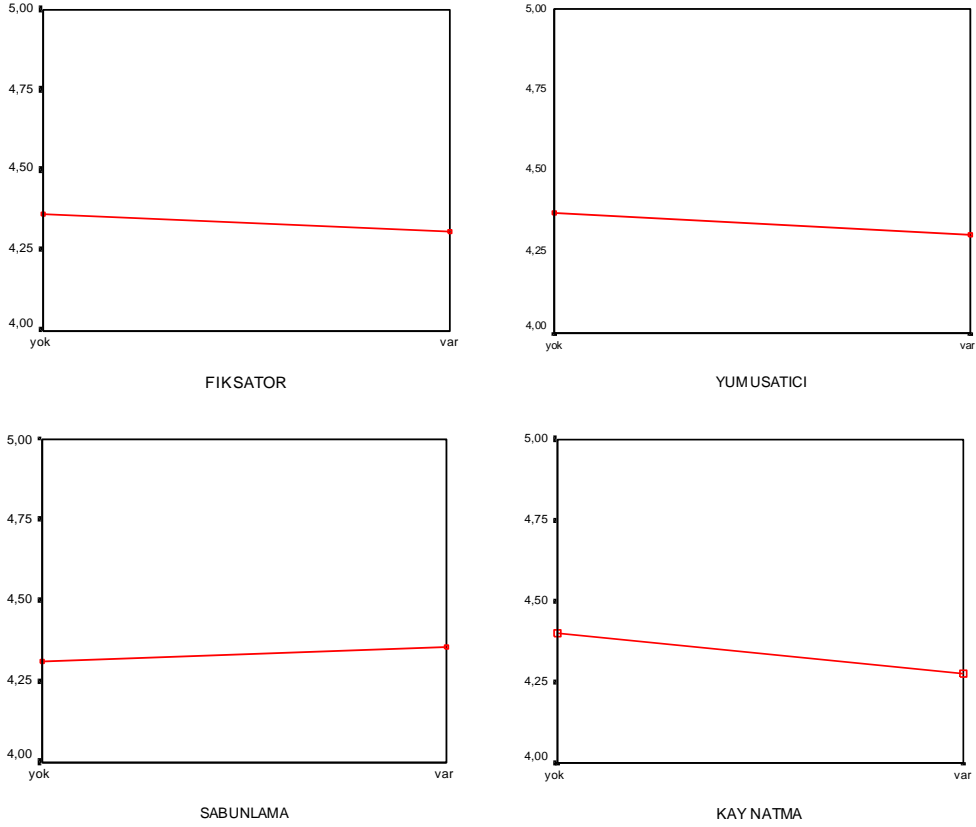
Çizelge 5.14: Lacivert renk için renk değişim derecesine ait varyans analizi tablosu

Değişkenliğin Kaynağı	Kareler Toplamı	sd*	Ortalama Kareler	F	Anlamlılık Seviyesi
Fiksator	0,0253	1	0,0253	0,251	0,623
Yumuşatıcı	0,0378	1	0,0378	0,375	0,549
Sabunlama	0,0153	1	0,0153	0,152	0,702
Kaynatma	0,125	1	0,125	1,240	0,282
Fiksator*Yumuşatıcı	0,125	1	0,125	1,240	0,282
Fiksator*Sabunlama	0,0041	1	0,0041	0,040	0,844
Yumuşatıcı*Sabunlama	0,0061	1	0,0061	0,060	0,810
Fiksator*Yumuşatıcı*Sabunlama	0,021	1	0,021	0,208	0,654
Fiksator*Kaynatma	0,0045	1	0,0045	0,045	0,835
Yumuşatıcı*Kaynatma	0,0105	1	0,0105	0,104	0,751
Fiksator*Yumuşatıcı*Kaynatma	0,423	1	0,423	4,198	0,057
Sabunlama*Kaynatma	0,113	1	0,113	1,119	0,306
Fiksator*Sabunlama*Kaynatma	0,0613	1	0,0613	0,608	0,447
Yumuşatıcı*Sabunlama*Kaynatma	0,0338	1	0,0338	0,335	0,571
Fiksator*Yumuşatıcı*Sabunlama*Kaynatma	0,0276	1	0,0276	0,274	0,608
Hata	1,613	16	0,101		
Toplam	604,344	32			

*: serbestlik derecesi

Çizelge 5.14'ün anlamlılık seviyesi sütununa bakıldığında %5'in altında bir rakam görülmektedir. Bu da %5 anlamlılık seviyesinde renk değişim derecesi üzerinde hiçbir faktörün etkili olmadığını göstermektedir. Aynı şekilde bu dört faktör arasında oluşabilecek muhtemel etkileşimlerin de var olmadığı görülmektedir.

Şekil 5.9'da renk değişim derecesine ait etki grafikleri görülmektedir. Bu grafiklerden de görülebileceği gibi faktör seviyelerinin değişmesi haslık değeri üzerinde 0,25 puanlık bir aralık içinde etki etmektedir. Gri skala ile ölçüm yapıldığı takdirde haslık değerlerinde herhangi bir değişim gözlenmeyecektir. Bu da ilgilenilen faktörlerin renk değişim derecesi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir.



Şekil 5.9: Lacivert renk için renk değişim derecesine ait esas etki grafikleri

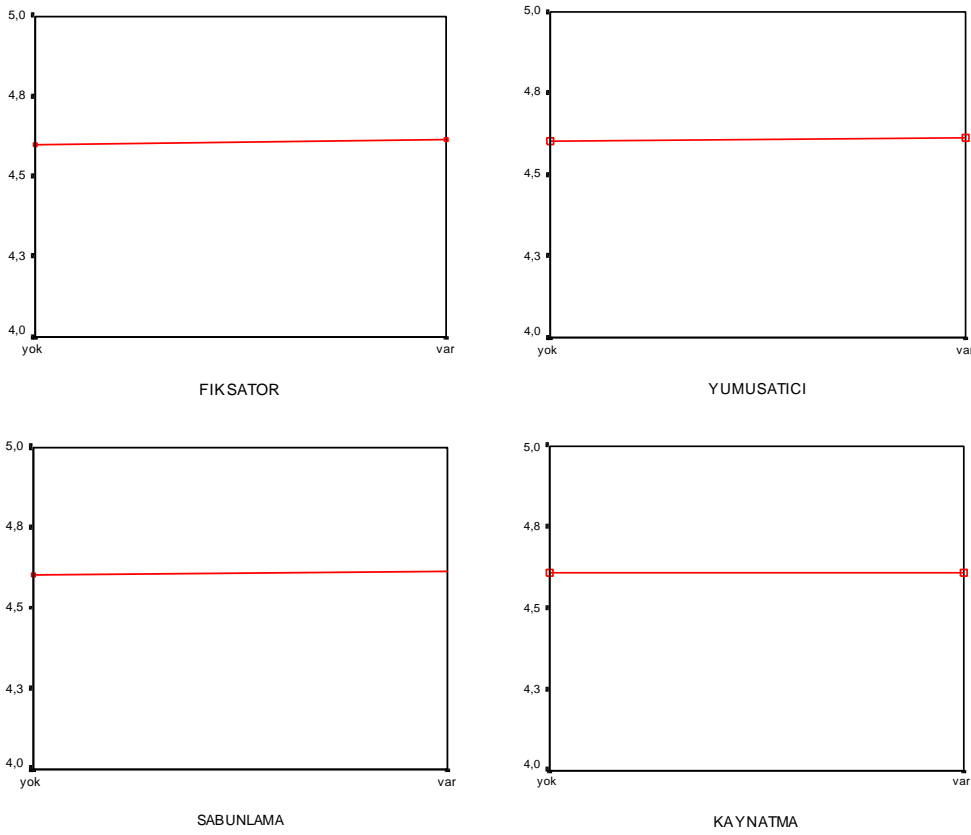
Çizelge 5.15: Lacivert renk için pamuğu kirlenme derecesine ait varyans analizi tablosu

Değişkenliğin Kaynağı	Kareler Toplamı	sd*	Ortalama Kareler	F	Anlamlılık Seviyesi
Fiksator	0,00228	1	0,00228	11,951	0,003
Yumuşatıcı	0,00070	1	0,00070	3,689	0,073
Sabunlama	0,00038	1	0,00038	1,984	0,178
Kaynatma	0,00008	1	0,00008	0,410	0,531
Fiksator*Yumuşatıcı	0,00003	1	0,00003	0,148	0,706
Fiksator*Sabunlama	0,00000	1	0,00000	0,016	0,900
Yumuşatıcı*Sabunlama	0,00008	1	0,00008	0,410	0,531
Fiksator*Yumuşatıcı*Sabunlama	0,00003	1	0,00003	0,016	0,900
Fiksator*Kaynatma	0,00038	1	0,00038	1,984	0,178
Yumuşatıcı*Kaynatma	0,00008	1	0,00008	0,410	0,531
Fiksator*Yumuşatıcı*Kaynatma	0,00003	1	0,00003	0,148	0,706
Sabunlama*Kaynatma	0,00070	1	0,00070	3,689	0,073
Fiksator*Sabunlama*Kaynatma	0,00015	1	0,00015	0,803	0,383
Yumuşatıcı*Sabunlama*Kaynatma	0,00015	1	0,00015	0,803	0,383
Fiksator*Yumuşatıcı*Sabunlama*Kaynatma	0,00000	1	0,00000	0,016	0,900
Hata	0,00305	16	0,00019		
Toplam	680,168	32			

*: serbestlik derecesi

Çizelge 5.15'te lacivert renge boyanmış kumaşa yapılan yıkama haslığı testi sonunda kumaşın multifiber üzerindeki pamuğu kirletme derecesinin varyans analizi ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen ANOVA tablosu görülmektedir.

Tablodan da görülebileceği gibi pamuğu kirletme derecesi üzerinde %5 anlamlılık seviyesinde sadece fiksatorün etkisi vardır, diğer faktörlerin herhangi bir etkisi yoktur. Renk değişim derecesinde olduğu gibi burada da dört faktör arasında oluşabilecek muhtemel etkileşimlerin olmadığı görülmektedir.



Şekil 5.10: Lacivert renk için pamuğu kirletme derecesine ait esas etki grafikleri

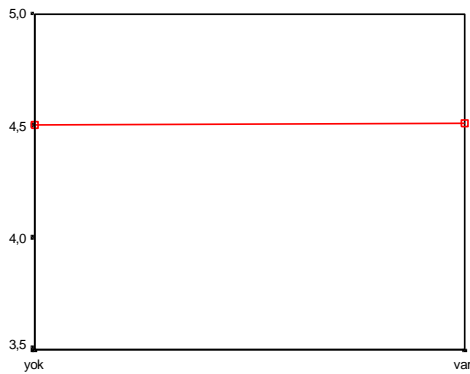
Şekil 5.10'da pamuğu kirletme derecesi için etki grafikleri görülmektedir. Bu grafiklerden de görüleceği üzere yumuşatıcı, sabunlama ve kaynatmanın pamuğu kirletme derecesi üzerinde bir etkisi yoktur. Grafiğe bakılarak fiksator etkisinin ise çok zayıf olduğu söylenebilir.

Çizelge 5.16: Lacivert renk için kuru sürtme haslığına ait varyans analizi tablosu

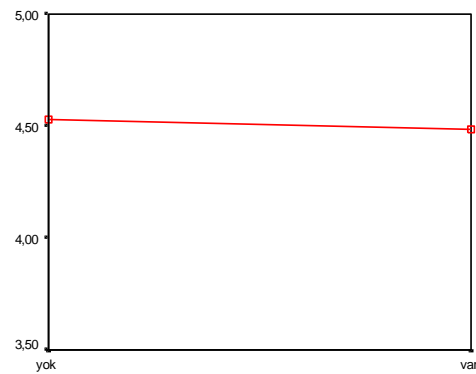
Değişkenliğin Kaynağı	Kareler Toplamı	sd*	Ortalama Kareler	F	Anlamlılık Seviyesi
Fiksator	0,0008	1	0,0008	0,753	0,398
Yumuşatıcı	0,0162	1	0,0162	15,247	0,001
Sabunlama	0,0001	1	0,0001	0,106	0,749
Kaynatma	0,0002	1	0,0002	0,188	0,670
Fiksator*Yumuşatıcı	0,0028	1	0,0028	2,647	0,123
Fiksator*Sabunlama	0,0018	1	0,0018	1,694	0,211
Yumuşatıcı*Sabunlama	0,0001	1	0,0001	0,047	0,831
Fiksator*Yumuşatıcı*Sabunlama	0,0010	1	0,0010	0,953	0,344
Fiksator*Kaynatma	0,0000	1	0,0000	0,012	0,915
Yumuşatıcı*Kaynatma	0,0006	1	0,0006	0,576	0,459
Fiksator*Yumuşatıcı*Kaynatma	0,0000	1	0,0000	0,047	0,831
Sabunlama*Kaynatma	0,0025	1	0,0025	2,306	0,148
Fiksator*Sabunlama*Kaynatma	0,0001	1	0,0001	0,106	0,749
Yumuşatıcı*Sabunlama*Kaynatma	0,0036	1	0,0036	3,400	0,084
Fiksator*Yumuşatıcı*Sabunlama*Kaynatma	0,0000	1	0,0000	0,047	0,831
Hata	0,0170	16	0,0011		
Toplam	650,028	32			

*: serbestlik derecesi

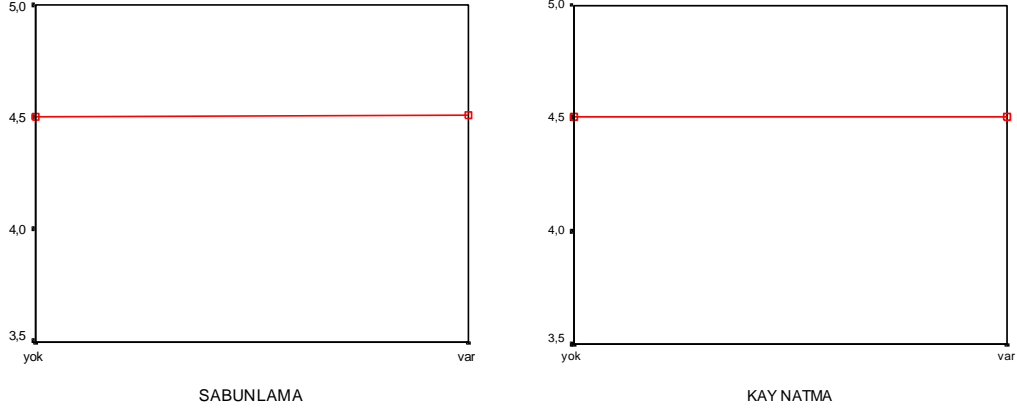
Çizelge 5.16'da lacivert renk için ölçülmüş kuru sürtme haslık değerlerine ait varyans analizi tablosu görülmektedir. ANOVA sonuçlarına bakıldığında %5 anlamlılık seviyesinde kuru sürtme haslığı üzerinde sadece yumuşatıcının etkili olduğu görülmektedir. Haslık değeri üzerinde oluşabilecek bileşik etkilerin ise mevcut olmadığı görülmektedir. Bu etkiler Şekil 5.11'de grafiklerle gösterilmektedir.



FIKSATÖR



YUMUSATICI



Şekil 5.11: Lacivert renk için kuru sürtme haslık değerine ait esas etki grafikleri

Şekil 5.11'den de görüleceği üzere kuru sürtme haslığı üzerinde yumuşatıcının olumsuz yönde bir etkisi vardır, ancak bu etki önemli düzeyde değildir. İlgilenilen diğer faktörlerin ise kuru sürtme haslığı üzerinde herhangi bir etkisi yoktur.

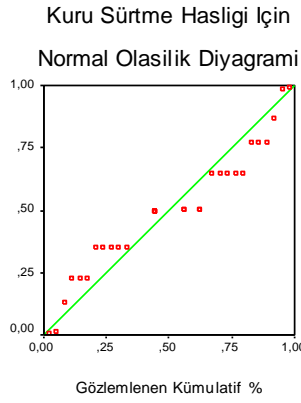
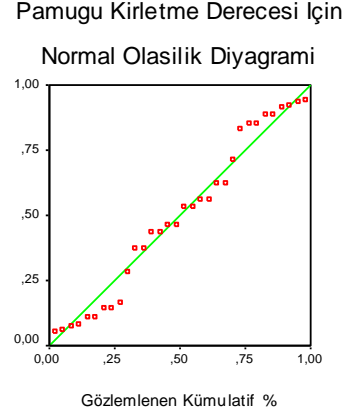
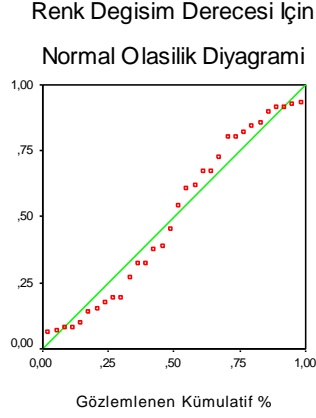
Tüm bu verilerden ve analizlerden hareketle tekstil mamulüne uygulanan art işlemlerin incelenen renk ve kumaşlar üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

5.10 Modelin Uygunluğunun Kontrolü

Deney tasarımından elde edilen veriler varyans analizi yardımı ile yorumlandıktan sonra kurulmuş olan modelin uygunluğu kontrol edilmelidir. Varyans analizinin iki temel varsayıma dayandığı söylenmişti. Modelin uygunluğunun kontrolü yapılırken bu iki temel varsayımın geçerli olup olmadığı kontrol edilmektedir.

Varyans analizinin temelini oluşturan ilk varsayım olan deney hatalarının ortalaması 0 varyansı σ^2 olan normal dağılıma uygun olarak dağıldığı varsayımını kontrol etmek için deney hatalarının normal olasılık kağıdındaki dağılımına bakılmaktadır. Bu amaçla ölçülen her bir çıktı değişkenine ait hataların dağılımları grafik olarak gösterilmiştir.

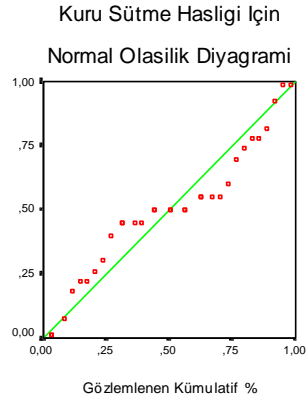
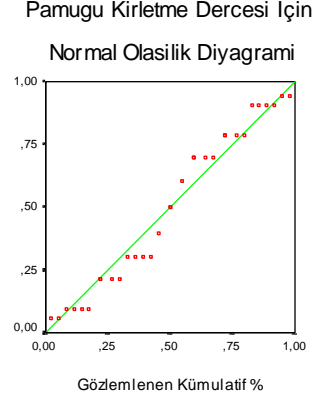
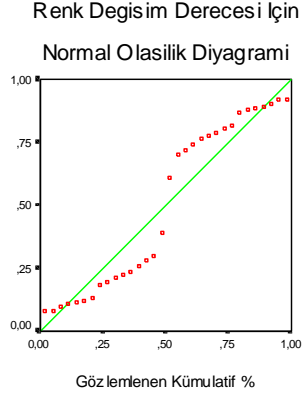
Şekil.5.12'de kırmızı renge boyanmış 220 gr/m² Ne 30/2 süprem kumaş için çizilmiş olan normal olasılık diyagramları görülmektedir.



Şekil 5.12: Kırmızı renk için normal olasılık diyagramları

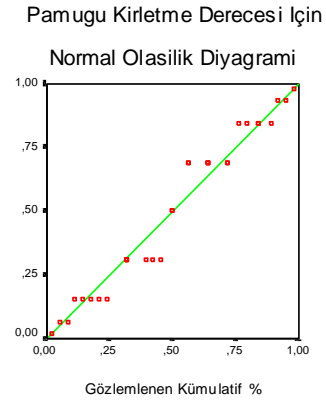
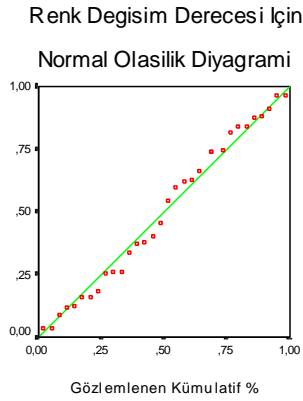
Şekil 5.12'deki grafiklere bakıldığında hataların düz bir çizgi oluşturacak şekilde dağıldığı görülmektedir. Bu da hataların normal dağılıma uygun olarak dağıldığı ve modelin birinci varsayımının desteklendiğini göstermektedir.

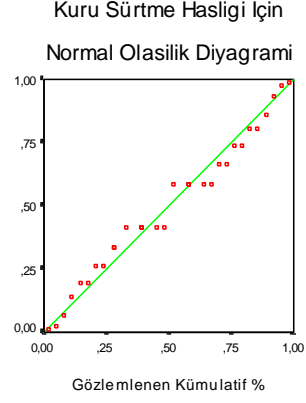
Şekil 5.13'te ise haki renge boyanmış 200 gr/m² Ne 30/1 ribana kumaşa ait veriler için normal olasılık diyagramları çizilmiştir. Grafiklerden de görüleceği üzere bazı bölgelerde düz çizgiden uzaklaşmalar olsa da genel olarak bakıldığında deney hataları normale yakın bir dağılım göstermektedir. Bu da varyans analizi için yapılmış olan normallik varsayımının sağlandığını göstermektedir.



Şekil 5.13: Haki renk için normal olasılık diyagramları

Lacivert renge boyanmış 180 gr/m^2 Ne 24/1 süprem kumaş için çizilmiş normal olasılık diyagramları ise Şekil 5.14'te gösterilmektedir. Bu grafiklere bakıldığında yine bazı bölgelerde normallikten uzaklaşmalar görülse de genel olarak deney hataları normale yakın bir dağılım göstermektedir. Bu da deney verilerinin normallik varsayımını desteklediğini göstermektedir.

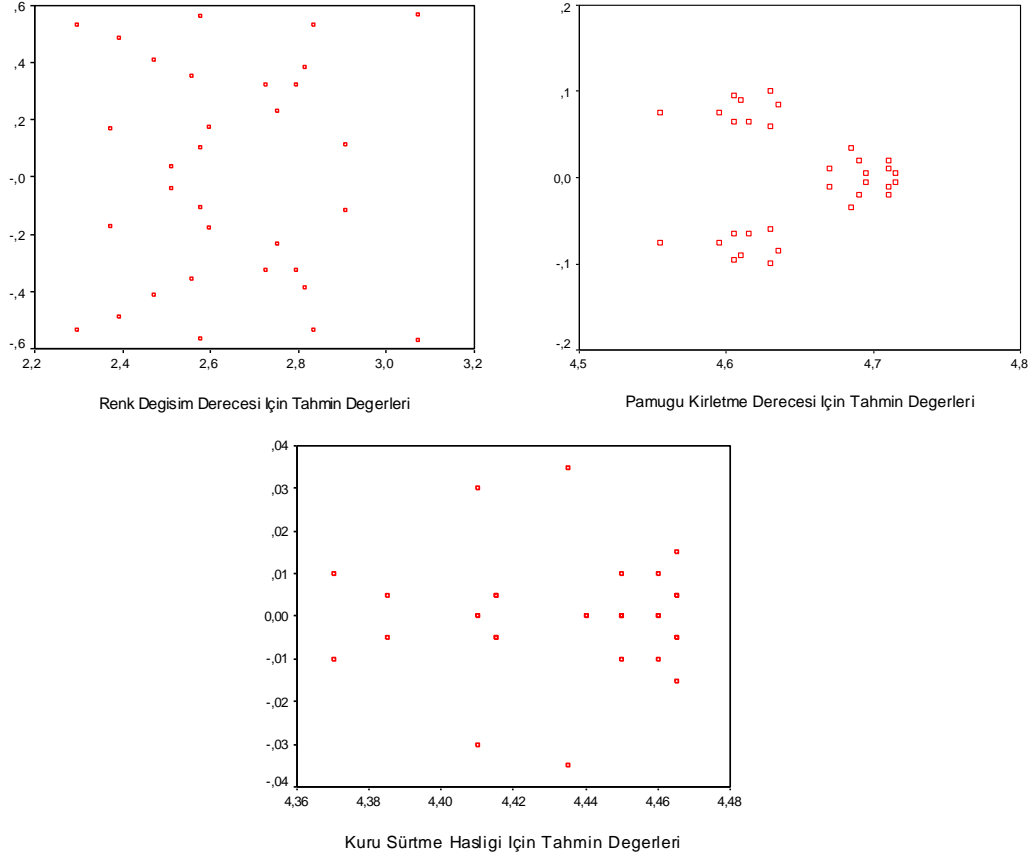




Şekil 5.14: Lacivert renk için normal olasılık diyagramları

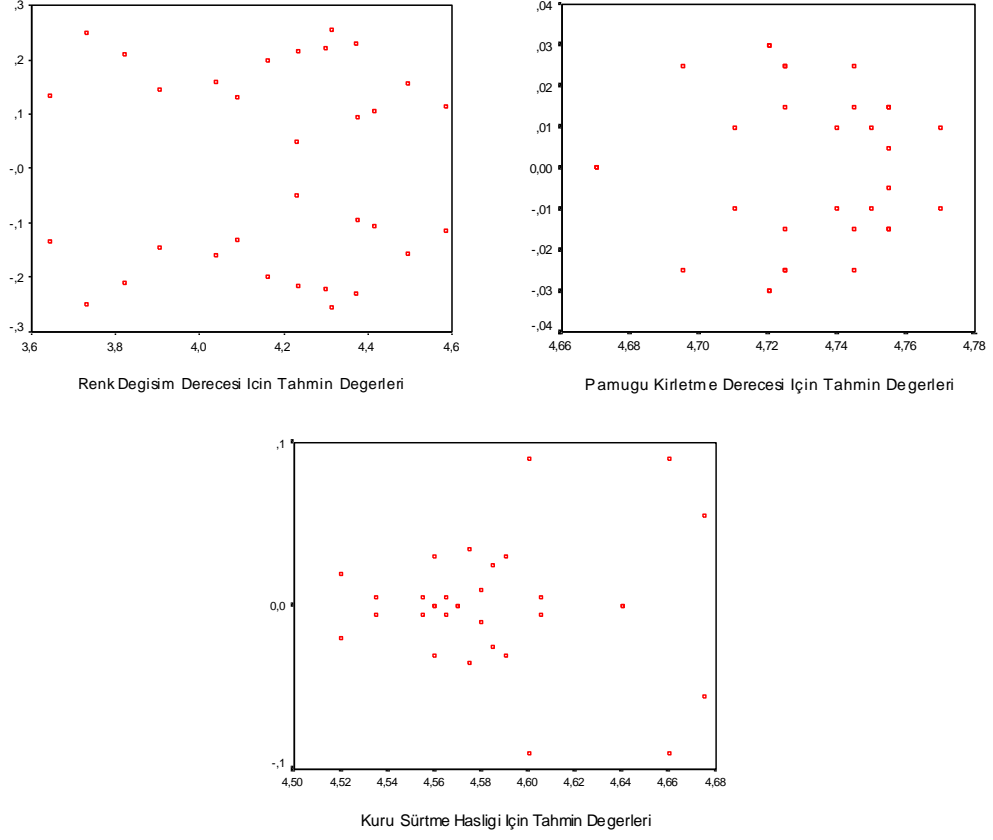
Varyans analizinin ikinci temel varsayımı deneyde incelenen her bir faktör seviyesine ait varyansların birbirine eşit olduğu varsayımdır. Bu varsayımın geçerliliğini kontrol etmek üzere her bir gözlem için tahmin değerlerine karşı gelen hata değerlerinin dağılımına bakılmaktadır.

Şekil 5.15'te kırmızı renge boyanmış 220 gr/m² Ne 30/2 süprem kumaş için çizilmiş olan tahmin değerlerine karşı gelen hata dağılımı grafikleri görülmektedir.



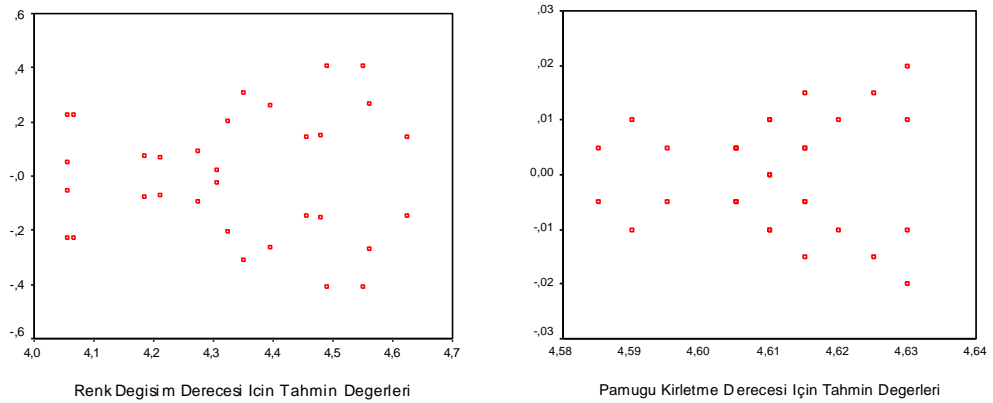
Şekil 5.15: Kırmızı renk için hata dağılım grafikleri

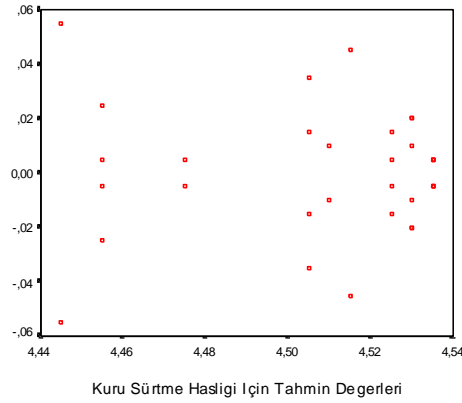
Şekil 5.15'teki grafikler incelendiğinde renk değişim derecesi için eşit varyans varsayımının sağlandığı görülmektedir. Çünkü hataların dağılımı belli bir yapıya sahip değildir. Pamuğu kirlenme derecesi ve kuru sürtme haslığı için çizilmiş olan hata dağılım grafiklerine bakıldığında ise eşit varyans varsayımının tam olarak sağlandığını söylemek mümkün değildir. Çünkü tahmin değerleri arttıkça hata dağılımının tahmin değerlerine bağlı bir yapı seyrettiği görülmektedir. Ancak eşit varyans varsayımının sağlanmadığı dengeli sabit etkiler modelinde bu durum F testi yani varyans analizi üzerinde çok az bir etkiye sahiptir. Dengelenmemiş tasarımlarda eğer bir faktör seviyesine ait varyans diğerlerinden çok daha fazla ise o zaman eşit varyans varsayımının sağlanmaması daha ciddi bir problemdir (Montgomery, 1991). Bu çalışmada sabit etkili ve dengeli bir tasarım söz konusu olduğu için eşit varyans varsayımının tam olarak sağlanmamış olması ciddi bir problem gibi görünmemektedir.



Şekil 5.16: Haki renk için hata dağılım grafikleri

Şekil 5.16’da haki renge boyanmış 200 gr/m² Ne 30/1 ribana kumaşa ait veriler için çizilmiş hata dağılım grafikleri görülmektedir. Bu grafiklerde hata değerleri belli bir yapıya sahip değildir, yani tahmin değerlerine göre belirli bir yapıda seyretilmemekte rasgele bir dağılım sergilemektedirler. Bu nedenle eşit varyans varsayımının geçerli olduğu sonucuna varılmaktadır.





Şekil 5.17: Lacivert renk için hata dağılım grafikleri

Şekil 5.17’de ise lacivert renge boyanmış 180 gr/m² Ne 24/1 süprem kumaş için çizilmiş hata dağılım grafikleri görülmektedir. Burada da kırmızı renkte olduğu gibi hatalar tahmin değerlerine bağlı bir yapıda seyretmektedirler. Ancak yukarıda da belirtildiği gibi dengeli bir sabit etkiler modelinin varyans analizinde eşit olmayan varyansların önemli bir etkisi olmamaktadır. Bu nedenle de eşit varyans varsayımının tam olarak sağlanamamış olması ciddi bir problem gibi görünmemektedir.

Sonuç olarak üç kumaş ve üç renk için de belirtilen iki temel varsayımın genel olarak sağlandığı ve kurulmuş olan istatistiksel modellerin uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

ALTINCI BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında tekstil mamullerinin en önemli kalite karakteristiklerinden biri olan renk haslıklarından yıkamaya ve sürtmeye karşı renk haslığı üzerinde art işlemlerin etkisi 2⁴ tam faktöryel deney tasarımı tekniği kullanılarak incelenmiştir.

Haslık testleri tekstil mamullerinin kalitesinin belirlenmesinde kullanılan objektif yöntemlerdir. Tekstil terbiye sektörünün yaşadığı en önemli kalite problemlerinden biri müşterinin istediği haslık değerlerine ulaşamamasıdır. Bu nedenle haslık testleri tekstil sektörü açısından kritik öneme sahip testlerden biridir.

Bu çalışmada da tekstil mamullerinde en çok karşılaşılan haslık problemlerinden biri olan koyu renk boyamalarda yıkama ve sürtme haslığında istenen değerlere ulaşamaması problemi üzerinde durulmuştur. Yıkama ve sürtme haslıkları üzerinde etkili olduğu düşünülen faktörlerden art işlemlerin etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla iki tekrarlı 2⁴ tam faktöryel deney tasarımı yöntemi kullanılmıştır.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda belirlenmiş olan faktörlerin ilgilenilen haslıklar üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Özellikle haslıkları iyileştirmek için kullanılan bir kimyasal olan fiksatorün yıkama ve sürtme haslıkları üzerinde beklenen etkiyi göstermediği belirlenmiştir.

Aynı şekilde kullanıldığında sarartmaya yol açabildiği bilinen ve kumaşa yumuşaklık ve tutum özellikleri kazandırmak için kullanılan yumuşatıcının da her iki haslık üzerinde de bir etkisinin olmadığı ancak rengin tonunu değiştirme yönünde olumsuz bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Haslıkları iyileştirmek ve mamulün özelliklerini geliştirmek amacıyla yapılan sabunlama ve kaynatma işlemlerinin de her iki haslık üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı, bu işlemleri yapmanın da haslığı geliştirme yönünde herhangi bir fayda sağlamadığı görülmüştür.

Yapılan art işlemlerin yıkama ve sürtme haslıkları üzerinde hiçbir etkisinin görülmemesi üzerine bu durumun nedeni araştırılmış, uzmanlarla yapılan görüşmeler sonunda bu durumun boyama sonrası yapılan yıkama işlemlerinin yeterli sayıda ve iyi yapılmış olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu da boyama sonrası yapılan yıkamaların önemini ortaya çıkarmıştır.

Bu alışma ile, boyama sonrası yapılacak olan yeterli sayıda ve iyi yapılmış yıkamalarla istenen haslık değerlerine ulaşılabileceği sonucuna varılmıştır. Ancak kısıtlı olanaklarla yapılmış olan bu çalışmanın sonuçlarının genellenebilmesi için, çok karmaşık olan terbiye sürecinin her adımı titizlikle incelenmeli ve her bir adım için gerekli deney tasarımları yapılmalı ve bu tasarımlar sonucunda elde edilen bulgular bir bütünlük içinde değerlendirilmelidir.

Bu nedenle bu çalışmanın devamı olarak aşağıdaki çalışmaların yapılması düşünülmektedir:

1. Çalışma renk sayısı ve çeşitliği artırılarak genişletilmeli ve belirli renk tonları için aynı sonuçlara ulaşılıp ulaşılmayacağı araştırılmalıdır.
2. Çalışma sonunda art işlemlerin sanıldığı kadar etkili olmaması nedeniyle, art işlemlerden önceki işlemler (farklı ön işlemler, farklı boyama metotları, farklı yıkama şartları vb) için de deney tasarımları yapılmalı, yıkama ve sürtme haslıkları üzerinde bu işlemlerin etkisinin olup olmadığı tespit edilmelidir.
3. Yıkama şartları ve yapılan yıkama sayısı ayrıca incelenmeli, istenen haslık değerlerine minimum maliyetle hangi yıkama sayısında ulaşıldığı tespit edilmelidir.
4. Yıkama ve sürtme haslığı dışındaki renk haslıkları için de benzer çalışmalar yaparak bu haslıklar üzerinde art işlemlerin etkisi araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Aniş, P., “Tekstil Ön Terbiyesi”, Alfa Yayınları, 204 s., 1998.

Box, G.E.P., Hunter, W.G. and Hunter, J.S., “Statistics for Experimenters”, John Wiley Sons, 653 s., 1978.

Duran, K., “Tekstilde Renk Ölçümü ve Reçete Çıkarma”, E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayını, No:17, 308 s., İzmir, 2001.

Hamzaçebi, C., “Kalite Yönetiminde Taguchi Felsefesi”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 91 s. 2000.

Jordan, D. M., “Color Tolerances in Textile Manufacture”, AATCC Review, 76-80, September, 2001.

Kale, B., “Deney Planlamasında Yanıt Yüzeyi Denemeleri ve Bir Uygulama Denemesi”, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 84 s., 2001.

Köksal, G., William, A. S. Jr, Yahya , F., Lu, J. C. and Mcgregor, R., “A Case Study in Off-Line Quality Control: Characterization and Optimization of Batch Dyeing Process Design”, International Journal Of Technology Management, V.16, Nos. 4/5/6, 358-382, 1998.

Micheal, M.N. and Dyab, W.A., “Effect of Spinning Method and Knitting Type On Dyeability and Fading Kinetics”, AATCC Review, 53-56, March, 2001.

Montgomery, D. C., “Design and Analysis of Experiments”, (3rd Ed.), John Wiley Sons, 649 s., 1991.

Öktem, T., Ögüt, A. ve Özkan, B.A., “Fiksatorlerin ve Yumuşatıcıların Renk, Tutum ve Boya Haslıkları Üzerine Etkileri”, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, Yıl:8, Sayı:4, 274-283, 1998.

Özkurt, Ö., “Deney Tasarımları ve İstatistiksel Veri Analizleri”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 124 s., 1999.

Şirvancı, M., “Kalite İçin Deney Tasarımı: Taguçi Yaklaşımı”, Literatür Yayınları, 112 s., 1997.

Tarakçıoğlu, I., “Tekstil Terbiyesi ve Makineleri”, Ege Üniversitesi Tekstil Fakültesi Yayınları, No:2, 487 s., İzmir, 1979.

Yakartepe, M ve Yakartepe, Z., “Genel Tekstil (Elyaf- İplik- Örme- Dokuma)”, T. K. A. M. Yayın no: 131, 1998.

Zervent, B., Oğulata, T.ve Bebekli, M., “Havlu Kumaşlar ve Terbiye İşlemlerindeki Hataların Değerlendirilmesi”, Tekstil&Teknik, 163-171, Nisan 2002.

<http://www.atmi.org/Pubs/color.asp>

http://www.cas.lancs.ac.uk/glossary_v1.1/dexanova.html

<http://www.isixsigma.com/tt/doe/>

<http://www.shodor.org/interactivate/>

<http://www.statsoftinc.com/textbook/stexdes.html>

EKLER

Ek 1: İki faktörlü bir deney için verilerin gösterimi

Faktör B					
		1	2	..	b
Faktör A	1	y_{111}, y_{112}, y_{11n}	y_{121}, y_{122}, y_{12n}		y_{1b1}, y_{1b2}, y_{1bn}
	2	y_{211}, y_{212}, y_{21n}	y_{221}, y_{222}, y_{22n}		y_{2b1}, y_{2b2}, y_{2bn}
	.				
	.				
	a	y_{a11}, y_{a12}, y_{a1n}	y_{a21}, y_{a22}, y_{a2n}		y_{ab1}, y_{ab2}, y_{abn}

Ek 2: Kareli toplamlar için kısaltmalar ve formüller

$y_{i..}$: A faktörünün i . seviyesi altındaki tüm gözlemlerin toplamı

$y_{.j.}$: B faktörünün j . seviyesindeki tüm gözlemlerin toplamı

$y_{ij.}$: (ij). hücredeki gözlemlerin toplamı

$y_{...}$: tüm gözlemlerin toplamı

$\bar{y}_{i..}$: satır ortalaması

$\bar{y}_{.j.}$: sütun ortalaması

$\bar{y}_{ij.}$: hücre ortalaması

$\bar{y}_{...}$: genel ortalama

$$y_{i..} = \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk} \quad \bar{y}_{i..} = \frac{y_{i..}}{bn} \quad i = 1, 2, \dots, a$$

$$y_{.j.} = \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^n y_{ijk} \quad \bar{y}_{.j.} = \frac{y_{.j.}}{an} \quad j = 1, 2, \dots, b$$

$$y_{ij.} = \sum_{k=1}^n y_{ijk} \quad \bar{y}_{ij.} = \frac{y_{ij.}}{n} \quad i = 1, 2, \dots, a \quad j = 1, 2, \dots, b$$

$$y_{...} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk} \quad \bar{y}_{...} = \frac{y_{...}}{abn}$$

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SS_A = \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a y_{i..}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SS_B = \frac{1}{an} \sum_{j=1}^b y_{.j.}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SS_{Alttoplama} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij.}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SS_{AB} = SS_{Alttoplama} - SS_A - SS_B$$

$$SS_E = SS_T - SS_{Alttoplama}$$

ÖZGEÇMİŞ

Adı, Soyadı : Leyla DEMİR

Ana adı : Sultan

Baba adı : Hüseyin Önder

Doğum Yeri ve Tarihi : Hozat, 31.08.1978

Lisans Eğitimi ve Mezuniyet Tarihi : Dokuz Eylül Üniversitesi Endüstri
Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı Yer : Pamukkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği
Bölümü

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Mesleki Etkinlikleri : TMMOB Makine Mühendisleri Odası Üyeliği