ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Çiğdem SARPKAYA

TAGUCHI METODUNA DAYALI GRİ İLİŞKİLER ANALİZİ İLE HAŞIL PROSESİNİN OPTİMİZASYONU

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2014

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAGUCHI METODUNA DAYALI GRİ İLİŞKİLER ANALİZİ İLE HAŞIL PROSESİNİN OPTİMİZASYONU

Çiğdem SARPKAYA

DOKTORA TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 23/05/2014 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

…….....	……..	…….....
Doç. Dr. Emel Ceyhun SABIR	Doç. Dr. Emel YILDIZ	Yrd. Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

..…….....	**..**……...
Doç. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL	Doç. Dr. Yasemin KORKMAZ
ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: MMF2009D16

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

TAGUCHI METODUNA DAYALI GRİ İLİŞKİLER ANALİZİ İLE HAŞIL PROSESİNİN OPTİMİZASYONU

Çiğdem SARPKAYA

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Emel Ceyhun SABIR
Yıl: 2014, Sayfa: 141
Jüri : Doç. Dr. Emel Ceyhun SABIR
: Doç. Dr. Emel YILDIZ
: Yrd. Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM
: Doç. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL
: Doç. Dr. Yasemin KORKMAZ

%100 Pamuk ipliği haşıl prosesi, ***Ne 50/1 Pamuk, Ne 60/1 Pamuk, ve Ne 70/1 Pamuk*** İplik Numaralarında, 40 m/dk, 50 m/dk, 60 m/dk, 70 m/dk, 80 m/dk, 90 m/dk İplik Sevk Hızlarında ve 14 Ns/m^2, 20 Ns/m^2, 24 Ns/m^2 Viskozite değerlerinde Taguchi Metodu ve Gri İlişkiler Analizine Dayalı Taguchi Metodu ile haşıl prosesinin optimizasyonu araştırılmıştır. Optimizasyonda Mukavemet ve Randıman çıktılarının optimizasyonu hedef olarak seçilmiştir. İşletme koşullarında deneyler gerçekleştirilmiş ve en iyi Mukavemet değerinin Hız 40 m/dk, Viskozite 24 Ns/m^2, İplik Numarası Ne 70/1 olduğu kombinasyonda, en iyi Randımanın Hız 70 m/dk, Viskozite 20 Ns/m^2, İplik Numarası Ne 60/1 olduğu kombinasyonda ve her ikisinin de en iyilendiği durumda proses parametrelerinin Ağırlıklandırma 0,5-0,5 için: Hız 70 m/dk, Viskozite 20 Ns/m^2, İplik Numarası Ne 60/1; Ağırlıklandırma 0,7-0,3 için: Hız 70 m/dk, Viskozite 20 Ns/m^2, İplik Numarası Ne 60/1; Ağırlıklandırma 0,3-0,7 için: Hız 40 m/dk, Viskozite 24 Ns/m^2, İplik Numarası Ne 70/1 şeklinde bulunmuştur. Bu sonuçların işletmede uygulanandan daha iyi olduğu ise doğrulama deneyleri ile ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Haşıllama, Gri İlişkiler, Optimizasyon, Taguchi Metodu

ABSTRACT

PhD THESIS

THE OPTIMIZATION OF SIZING PROCESS WITH GREY RELATIONAL ANALYSIS BASED ON TAGUCHI METHOD

Çiğdem SARPKAYA

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF TEXTILE ENGINEERING

Supervisor : Assoc.Prof. Dr. Emel Ceyhun SABIR
Year: 2014, Pages: 141
Jury : Assoc.Prof. Dr. Emel Ceyhun SABIR
: Assoc. Prof. Dr. Emel YILDIZ
: Asst. Prof. Dr. Füsun DOBA KADEM
: Assoc.Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL
: Assoc.Prof. Dr. Yasemin KORKMAZ

The sizing process optimization was investigated with Taguchi Method and Taguchi Method based on Grey Relational Analysis. In the study, In the sizing process for 100% cotton yarn, yarn counts in Ne 50/1 Cotton, Ne 60/1 Cotton, and Ne 70 /1 Cotton, yarn delivery speed in 40 m/min, 50 m/min , 60 m/min, 70 m/min, 80 m/min, 90 m/min and viscosity values in 14 Ns/m^2, 20 Ns/m^2 , 24 Ns/m^2 were used. In the optimization, the optimization of the efficiency output and the strength output were chosen as targets. Trials were performed in the mill conditions and the best strength value was found at speed 40 m/min , at Viscosity 24 Ns/m^2 , at Yarn Count Ne 70/1 combination, the optimum efficiency value was found at Speed 70 m/min, at Viscosity 20 Ns/m^2 , Yarn Count Ne 60/1, When Efficiency and Strength are together optimized, process parameters are for weighting 0.5-0.5 : Speed 70 m/min, Viscosity 20 Ns/m^2 , Yarn Count Ne 60/ 1; weighting for 0.7-0.3 : Speed 70 m/min, Viscosity 20 Ns/m^2 , Yarn Count Ne 60/1 ; weighting for 0.3-0.7 : Speed 40 m/min, Viscosity 24 Ns/m^2 , Yarn Count Ne 70/1 has been found., These results are better than the mill's applications. They were put forth with validation experiments.

Key Words: Sizing, Grey Relations, Optimization, Taguchi Method.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca, bilgi ve birikimleriyle her konuda yardımcı olan ve beni yönlendiren, değerli zamanını ayırarak çalışmayı sabır ve itina ile inceleyen çok değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr.Emel Ceyhun SABIR'a özellikle teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Doktora öğrenimim süresince birçok aşamada yardımlarını esirgemeyen çok değerli Doktora Tez İzleme Komitesi hocalarımdan Sayın Doç. Dr. Emel YILDIZ'a ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM'e teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Tez çalışmasının Mukavemet deneylerini yapmamda laboratuarı kullanmamda gerekli izinleri veren başta Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Osman BABAARSLAN'a, Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkan Yardımcısı Sayın Doç. Dr. Pınar DURU BAYKAL'a, Tekstil Mühendisliği araştırma görevlilerinden Sayın Dr. Yılmaz ERBİL'e, Arş. Gör. İlkan ÖZKAN'a ve Arş. Gör. Abdurrahman TELLİ'ye ve Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı öğretim üyelerine, öğretim görevlilerine, araştırma görevlilerine ve idari personeline,

BOSSA-5 Gömleklik fabrikasında tez çalışmamı yapmama izin veren işletmeden sorumlu genel müdür Sayın Mahir TULAY'a, Dokuma Müdürü Sayın Erhan TATAR'a, Dokuma İhzar Uzmanı Sayın Giray TOPAÇ'a, Dokuma Planlama sorumlusu Sayın Tuncay ÖZKAN'a,

Teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen ANNEM'e, BABAM'a ve kardeşim Gizem AYYILDIZ'a teşekkür ederim.

Doktora eğitimim boyunca, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, tüm aşamalarında her yönden destek olan ve yılmadan beni motive eden Değerli Eşim Kamil SARPKAYA'ya teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER ..... …..IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VI
ŞEKİLLER DİZİNİ X
1. GİRİŞ 1
1.1. Haşıllama İşlemi 3
1.1.1. Haşıl Maddeleri 4
1.1.2. Haşıl Çözeltisinden Beklenen Özellikler 5
1.1.3. Haşıl Prosesinde Etkili Olan Parametreler 5
1.1.4. Haşıllama İşleminin Kontrol Parametreleri 6
1.1.5. Haşıllama İşlemi Metodları 7
1.1.6. Haşıllamada Meydana Gelen Hatalar Ve Çözüm Önerileri 9
1.2. Tez Çalışmasının Amacı ve Kapsamı 13
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 15
2.1. Yöntemle İlgili Önceki Çalışmalar 22
2.1.1. Taguchi Metodunun Kullanımı İle İlgili Önceki Çalışmalar 22
2.1.2. Gri İlişkiler Analizine Dayalı Taguchi Metodunun Kullanımı İle İlgili Önceki Çalışmalar 26
3. MATERYAL VE METOD 33
3.1. Materyal 33
3.2. Metod 34
3.2.1. Deney Tasarımı 37
3.2.1.1. Prosesin Girdi ve Çıktı Parametreleri Belirlenmesi 38
3.2.1.2. Deney Planına Karar Verilmesi 43
3.2.1.3. Taguchi Metodu ile Optimizasyon 46
3.2.1.4. Gri İlişkiler Analizi 52
3.2.1.5. İstatistiksel Analiz 59

4. BULGULAR VE TARTIŞMA 61
4.1. Taguchi Yönteminin Uygulanması 63
4.1.1. Mukavemet Çıktısı İçin Taguchi Yönteminin Uygulanması 63
4.1.2. Randıman Çıktısı İçin Taguchi Yönteminin Uygulanması 68
4.2. Gri İlişkiler Analiz Yönteminin Uygulanması 72
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 107
5.1. Sonuçlar 107
5.1.1. Taguchi Yönteminin Çıktılar Üzerindeki Sonuçları 107
5.1.1.1. Taguchi Yönteminin Mukavemet Çıktısı Üzerindeki Sonuçları 107
5.1.1.2. Taguchi Yönteminin Randıman Çıktısı Üzerindeki Sonuçları 108
5.1.2. Gri İlişkiler Analizinin Performans Çıktıları Üzerindeki Sonuçları 109
5.1.2.1. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Analizinin Performans Çıktıları Üzerindeki Sonuçları (Ağırlıklandırma Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 İçin) 110
5.1.2.2. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Analizinin Performans Çıktıları Üzerindeki Sonuçları (Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin) 111
5.1.2.3. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Analizinin Performans Çıktıları Üzerindeki Sonuçları (Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin) 113
5.1.3. Genel Sonuç 114
5.2. Öneriler 119
KAYNAKLAR..... 121
ÖZGEÇMİŞ..... 131
EKLER..... 132

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 1.1. Haşıllama İşlemine Etki Eden Parametreler 6
Çizelge 1.2. Haşıl Prosesinde Hata Kaynakları, Sebep Olduğu Hatalar ve Bu Hatalar İçin Çözüm Önerileri 12
Çizelge 3.1. Haşıllama İşlemi İş Etüdü (1000 m'lik çözgü ipliği için) 35
Çizelge 3.2. Haşıl Prosesine Etki Eden Faktörler Ve Haşıllama Prosesi Sonucu Elde Edilen Proses Çıktıları 40
Çizelge 3.3. Kullanılan Haşıl Reçeteleri 44
Çizelge 3.4. Seçilen Deney Tasarımı L18 (Mixed 3-6 Level) 45
Çizelge 3.5. Seçilen Deney Tasarımı L18 (Mixed 3-6 Level) İçin Deney Planı 46
Çizelge 3.6. Çalışmada Elde Edilecek Çıktılar İçin Kullanılacak S/N Oranları 51
Çizelge 4.1. Haşıllama Prosesi Optimizasyonu İçin Yapılan Deneylerin Sonuçları 62
Çizelge 4.2. Mukavemet Çıktısı İçin S/N Oranının Belirlenmesi 64
Çizelge 4.3. Mukavemet Çıktısının S/N Oranı Anova Analizi 65
Çizelge 4.4. Mukavemet Çıktısının S/N Oranı İçin Yanıt Tablosu 65
Çizelge 4.5. Mukavemet Çıktısının Ortalamalar İçin Yanıt Tablosu 66
Çizelge 4.6. Randıman Çıktısı İçin S/N Oranının Belirlenmesi 68
Çizelge 4.7. Randıman Çıktısının S/N Oranı Anova Analizi 69
Çizelge 4.8. Randıman Çıktısının S/N Oranı İçin Yanıt Tablosu 69
Çizelge 4.9. Randıman Çıktısının Ortalamalar İçin Yanıt Tablosu 69
Çizelge 4.10. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Referans Seri 72
Çizelge 4.11. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Normalizasyon Matrisi 74
Çizelge 4.12. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Uzaklık Matrisi 75
Çizelge 4.13. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Katsayı Matrisi 76

Çizelge 4.14. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Derecesi ve Sıralaması (Ağırlıklandırma Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 İçin) 78
Çizelge 4.15. Hız, Viskozite ve İplik Numarası Faktörleri İçin Faktör Seviyelerinin Yeniden Hesaplanması (Ağırlıklandırma Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 İçin)..... 80
Çizelge 4.16. Hız, Viskozite ve İplik Numarası Faktörleri İçin Hesaplanan Yeni Faktör Seviyeleri (Ağırlıklandırma Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 İçin)..... 81
Çizelge 4.17. Ağırlıklandırma Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 İçin Gri İlişkiler Derecenin ANOVA testi 83
Çizelge 4.18. Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 Ağırlıklandırma İçin S/N Oranlarının Belirlenmesi 84
Çizelge 4.19. Başlangıç ve Optimum Haşıl Prosesi Parametreleri Kullanılarak Elde Edilen Haşıl Proses Performans Sonuçları (Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 Ağırlıklandırma İçin) 86
Çizelge 4.20. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Derece ve Sıralaması (Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin) 88
Çizelge 4.21. Hız, Viskozite ve İplik Numarası Faktörleri İçin Faktör Seviyelerinin Yeniden Hesaplanması (Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin)..... 90
Çizelge 4.22. Hız, Viskozite ve İplik Numarası Faktörleri İçin Hesaplanan Yeni Faktör Seviyeleri (Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin)..... 91
Çizelge 4.23. Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin Gri İlişkiler Derecenin ANOVA testi 93
Çizelge 4.24. Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 Ağırlıklandırma İçin S/N Oranlarının Belirlenmesi 94

Çizelge 4.25. Başlangıç ve Optimum Haşıl Prosesi Parametreleri Kullanılarak Elde Edilen Haşıl Proses Performans Sonuçları (Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 Ağırlıklandırma İçin)..... 96
Çizelge 4.26. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Derece ve Sıralaması (Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin) 98
Çizelge 4.27. Hız, Viskozite ve İplik Numarası Faktörleri İçin Faktör Seviyelerinin Yeniden Hesaplanması (Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin)..... 100
Çizelge 4.28. Hız, Viskozite ve İplik Numarası Faktörleri İçin Hesaplanan Yeni Faktör Seviyeleri (Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin)..... 101
Çizelge 4.29. Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin Gri İlişkiler Derecenin ANOVA testi 102
Çizelge 4.30. Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 Ağırlıklandırma İçin S/N Oranlarının Belirlenmesi..... 103
Çizelge 4.31. Başlangıç ve Optimum Haşıl Prosesi Parametreleri Kullanılarak Elde Edilen Haşıl Proses Performans Sonuçları (Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 Ağırlıklandırma İçin)..... 105
Çizelge 5.1. Taguchi Yönteminin Çıktılar Üzerindeki Sonuçları 115
Çizelge 5.2. Gri İlişkiler Analizinin Performans Çıktıları Üzerindeki Sonuçları..... 115

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

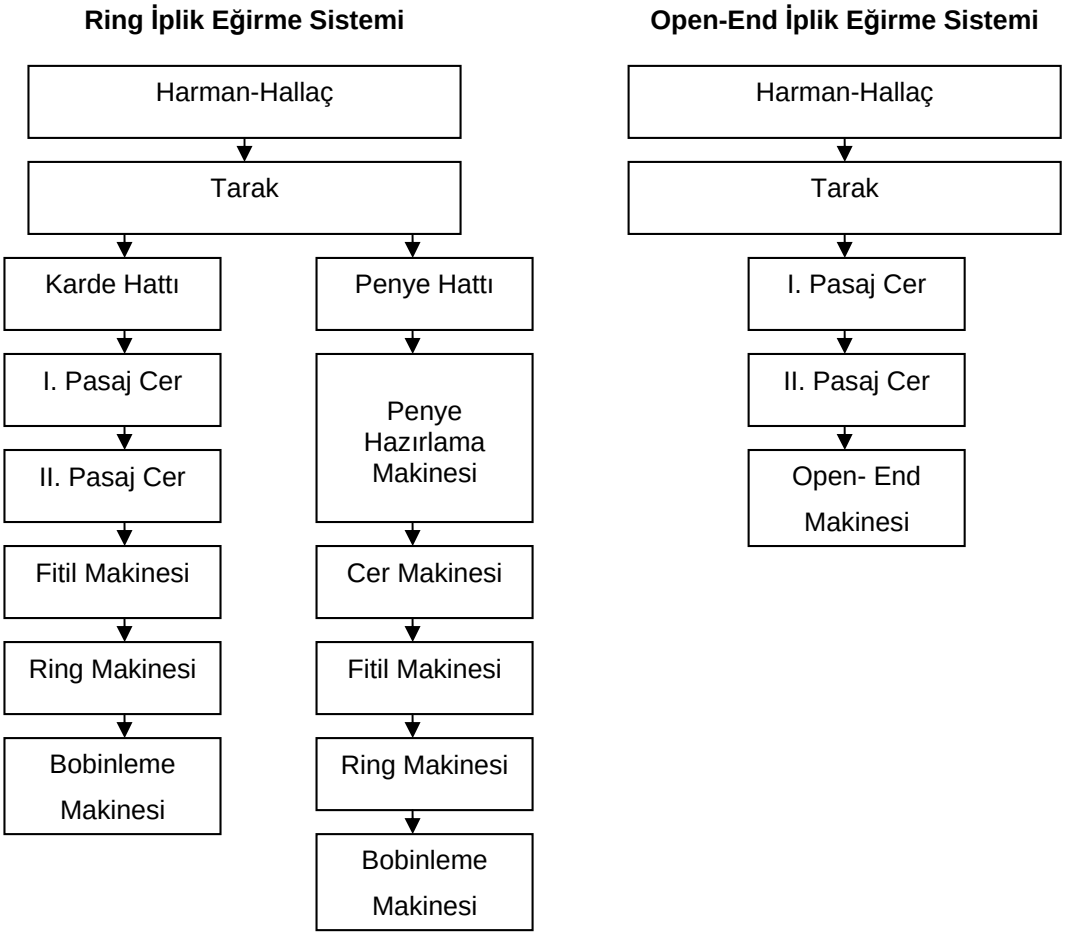
Şekil 1.1. Ring ve Open-end İplik Üretim Süreci 2
Şekil 1.2. Kumaş Üretim Aşamaları..... 3
Şekil 1.3. Haşıllamada Meydana Gelen Hatalar..... 10
Şekil 3.1. Haşıl Prosesi İş Akış Şeması……..... 33
Şekil 3.2. Mukavemet, Rutubet ve Haşıl Alma Çıktısı için
Neden-Sonuç Diyagramı..... 36
Şekil 3.3. Dokuma Makinesi Randımanı Çıktısı için
Neden-Sonuç Diyagramı..... 37
Şekil 3.4. Haşıl Makinesi Bölümleri 39
Şekil 3.5. TITAN Mukavemet Test Cihazı 41
Şekil 3.6. Haşıl Makinesi Üzerinde Rutubet Ölçüm Noktası..... 42
Şekil 3.7. Neden-Sonuç Diyagramı: Ürün Kalite Karakteristiğine Etki Eden
Mukavemet, Rutubet, Haşıl Alma Oranı ve Dokuma Makinesi
Randımanı İçin Faktörler 43
Şekil 3.8. Gri Tabanlı Taguchi Metodu Uygulama Prosedürü..... 53
Şekil 3.9. Haşıl Prosesinin Taguchi Metoduna Dayalı Gri İlişkiler
Analizi Akış Diyagramı 57
Şekil 4.1. Mukavemet Çıktısı için S/N oranı Grafik..... 67
Şekil 4.2. Mukavemet Çıktısı için Means Grafik..... 67
Şekil 4.3. Randıman Çıktısı için S/N oranı Grafik..... 71
Şekil 4.4. Randıman Çıktısı için Means Grafik..... 71
Şekil 4.5. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Derece Grafiği
(Ağırlıklandırma Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 İçin)..... 79
Şekil 4.6. Haşıl Prosesi Parametre Seviyelerinin Grafiği (Ağırlıklandırma
Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 İçin)..... 82
Şekil 4.7. Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 Ağırlıklandırma İçin
S/N oranı Grafik..... 85

Şekil 4.8. Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 Ağırlıklandırma İçin Means Grafik 85
Şekil 4.9. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Derece Grafiği (Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin) 89
Şekil 4.10. Haşıl Prosesi Parametre Seviyelerinin Grafiği (Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin) 92
Şekil 4.11. Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 Ağırlıklandırma İçin S/N oranı Grafik 95
Şekil 4.12. Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 Ağırlıklandırma İçin Means Grafik 95
Şekil 4.13. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Derece Grafiği (Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin) 99
Şekil 4.14. Haşıl Prosesi Parametre Seviyelerinin Grafiği (Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin) 101
Şekil 4.15. Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 Ağırlıklandırma İçin S/N oranı Grafik 104
Şekil 4.16. Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 Ağırlıklandırma İçin Means Grafik 104

1. GİRİŞ

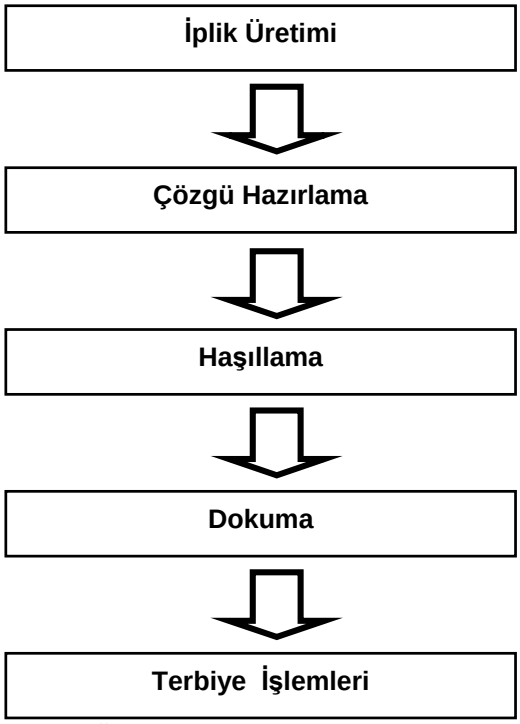
Tekstil sözcüğü, elyaf adı verilen bu hammaddenin elde edilmesinden tüketicinin istediği özelliklere sahip bir materyal haline getirilinceye kadar geçirdiği aşamaları kapsamaktadır. Tekstil teknolojisinin kapsadığı temel işlemler sırası ile elyaf üretimi, iplik üretimi, dokuma, örme veya dokusuz yüzey yapısında bir tekstil yüzeyinin elde edilmesi, elde edilen bu yüzeyin boyama, baskı ve apre gibi terbiye işlemlerinden geçirilmesi, bu aşamalardan sonra satışa hazır hale gelmiş mamul kumaşın kullanılacağı yere uygun olarak şekillendirilmesi için konfeksiyona gönderilmesidir. Konfeksiyon endüstrisi tekstil, deri ve plastik ürünleri olarak, gerek giyim (hazır giyim vb) gerekse kullanım amacına yönelik çeşitli hazır eşyaların (ev tekstili vb) yapımını konu alan geniş bir sektördür. Konfeksiyonda üretilen ürünler, elbise, kravat, eldiven, çorap, şapka gibi hazır giyim eşyalarını, çarşaf, örtü gibi ev tekstili eşyalarını, ayakkabı, çanta, kemer gibi deri mamullerini kapsamaktadır (Başer, 1992).

İplik üretiminde Şekil 1.1'deki iş akışındaki sıraya göre Ring ve Open End iplik üretimi gerçekleşmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi iplik üretiminde iş akışında ilk sırayı harman-hallaç almaktadır. Burada lifler açılır, karıştırılır ve yabancı maddelerin bir kısmı uzaklaştırılarak kısmen birbirine paralel hale getiriler ve tarak makinesine verilir. Tarak makinesinde elyaf tutamları tek lif haline gelinceye kadar açılır, temizlenir, paralellik arttırılarak belli bir numaraya sahip tarak şeridi elde edilir. Tarak şeridinin, iplik üretimine uygun inceliğe gelmesi ve paralelliğini arttırmak amacıyla cer makinelerinde çekim işlemi uygulanır. Cer işleminden sonra open-end sisteminde, cer makinesinden çıkan şeritler doğrudan iplik eğirme makinesine gönderilir ve iplik haline gelir. Open-end makinesi kendi bünyesinde bobinleme ünitesine sahip olduğundan burada kops halinde üretilen iplikler ayrı bir işlem olarak bobinlemeye gönderilmez. Ring sisteminde ise cer şeridinin daha sonraki aşamalarda kopuşlarını önlemek amacıyla fitil makinesinde büküm verilir. Fitil haline gelen lifler esas bükümünü iplik makinesinde almakta ve istenilen incelikte iplik haline getirilmektedir. İplik makinesinden çıkan kopslar bobinlenmeye gönderilir (www.egeliihracatcilar.com/DersNotlari/02/02. pdf, 2014; Zervent, 2002).



Şekil 1.1. Ring ve Open-end İplik Üretim Süreci (www.egeliihracatcilar.com, 2014)

İplik üretimi Şekil 1.1'deki gibi üretim yöntemlerinden biriyle üretildikten sonra Şekil 1.2'deki iş akışına uygun olarak kumaş üretimi gerçekleşmektedir. Kumaş üretim aşamasında tez çalışmasına konu olan haşıllama işleminin yeri de görülmektedir.



Şekil 1.2. Kumaş Üretim Aşamaları

Bu bölümde Haşıllama işlemi; Haşıl maddeleri, Haşıl çözeltisi özellikleri, Haşıl prosesinde etkili olan parametreler, Haşıllama işleminin kontrol parametreleri, Haşıllama metotları ve Haşıllamada meydana gelen hatalar ve çözüm önerileri alt başlıkları altında haşıllama prosesi hakkında genel bilgiler verilmiştir.

1.1. Haşıllama İşlemi

Çözgü iplikleri dokuma makinelerinde lamel, gücü ve tarak dişlerinden geçerken, ağızlığın açılıp kapanması sırasında ve ayrıca tefe vurma işleminde sürekli değişken gerilime ve sürtünmeye maruz kalarak aşınır ve hırpalanırlar. Çözgü ipliklerinin kullanılması esnasında aynı kısımlar üzerinde çok kez tekrarlanan hareketler, iplik yüzeyinin zedelenmesine sebep olacağından bu ipliklerin dirençlerini arttırmak amacıyla haşıllama işlemi yapılır. Haşıllama işleminin amacı ipliklere dokunabilirlik özelliği kazandırmak gibi görünse de, dokumada randıman ve kaliteyi arttırmak, düzgün bir kumaş yüzeyi elde etmek, terbiye işlemleri sırasında kolaylıkla ve liflere zarar vermeden sökülebilmesi, ham ve mamul kumaş

maliyetlerini arttırıcı olmaması gibi amaçlar da haşıllama işleminin amaçlarındandır (Eryiğit, 2004; Sabır ve Sarpkaya, 2011).

Haşıl sadece çözgü ipliklerine uygulanan bir işlem olup, atkı ipliklerine uygulanmaz. Haşıl işleminde çözgüler değişik kimyasal maddelerin suda çözünüp belirli bir viskoziteye getirilmesi ile elde edilen sıvıdan geçirilmesi ve bu sıvıyı üzerilerine almaları sağlanır. Daha sonra ıslak haldeki çözgülerin kurutulması ile su buharlaşır ve haşıl maddesi iplik üzerinde kalır. İpliğin yüzey kısmının film tabakası şeklinde haşıl maddesi ile kaplanması iplik yüzeyinden çıkan lif uçlarının iplik yüzeyine yapışmasını sağlamaktadır (Eren, 2009).

1.1.1. Haşıl Maddeleri

Haşıl sıvısının hazırlanmasında su ile değişik kimyasal maddeler karıştırılır. Bu kimyasal maddeler arasında yapıştırıcılar iplik yüzeyinde film tabakası oluşturan ana haşıl maddesidir.

Günümüzde işletmelerde haşıl çözeltilerinde doğal ve sentetik kaynaklı haşıl maddeleri kullanılmaktadır. Doğal kaynaklı haşıl maddeleri nişasta ve türevleri (modifiye edilmiş nişasta, jelatin), selüloz türevleri vb [Karboksimetil Selüloz (CMC)] ve sentetik kaynaklı haşıl maddeleri de polivinilalkoller (PVA) ve poliakrilatlardan oluşmaktadır (www.dogakimya.com/pratikbilgiler.htm, 2011; Eren, 2009).

Nişasta, ucuz, kolayca bulunabilen ve uzun yıllardır özellikle selüloz esaslı ipliklerin haşıllanmasında yapıştırıcı olarak kullanılan haşıl maddesidir. Nişasta rutubete karşı duyarlı olup, rutubetli ortamlarda mikroorganizmaların kolay üremesine sebep olur. Jelatin, hazırlama ve haşıl sökme kolaylığının yanı sıra haşıl teknesinde çok daha düşük sıcaklıklar ile çalışma avantajına sahiptir. Karboksimetil Selüloz (CMC), yüksek maliyetine rağmen iyi bir yapıştırıcıdır. İyi bir haşıl filmi oluşturma yeteneği yanında hızlı bir şekilde kuruma özelliğine de sahiptir. Hem selüloz esaslı, hem de selüloz esaslı liflerin karışımı ile üretilen ipliklerde kullanılır. Polivinilalkoller (PVA), haşıl çözeltisi hazırlamada en yaygın kullanılan sentetik

yapıştırıcı maddedir. Sentetik yapıştırıcılar suda çözünebilme, hazırlama kolaylığı ve kolay sökülebilme özellikler ile diğer haşıl maddelerine göre avantajlara sahiptir.

Yukarıda bahsedilen ana haşıl maddelerinin yanı sıra haşıl çözeltisinde yer alan diğer maddeler de **yumuşatıcı maddeler** (Yumuşatma özelliği haşıl film tabakasının daha eğilebilir olmasını sağlarken yağlama görevi çözgülerin makinenin metal aksamları ve birbiriyle olan sürtünmesini azaltır.), **su tutucu maddeler** (haşıllı ipliklerin atmosferden rutubeti çekmesini sağlar.) ve **antiseptik** (mikroorganizmaların oluşumunu geciktiren maddelerdir.) **maddelerdir** (Eren, 2009).

1.1.2. Haşıl Çözeltisinden Beklenen Özellikler

Amaca uygun olarak hazırlanmış bir haşıl, çözgü ipliğinin iyi dokunma özelliğine sahip olmasını sağlar ve yüksek randımanla kaliteli bir kumaş oluşumuna yardımcı olur. Bir haşıl çözeltisinden alkaliyi benimsememesi (alkaliden etkilenmeme), iyi bir viskoziteye (haşılda tabaka teşkil etmeme) sahip olma, yıkanabilirlik (enzim gerektirmeyen bir yıkama ile kumaştan kolayca uzaklaştırabilme), nemli tabaka teşkili (çözgü ipliğinin rutubetini ayarlayıcı etki sağlama), çözgü ipliği üzerinde iyi bir film tabakası oluşturma (çözgü ipliklerini mekanik zorlamalardan mümkün olduğunca korumak) gibi özelliklere sahip olması beklenir (Stediel ve Leitner, 1997).

1.1.3. Haşıl Prosesinde Etkili Olan Parametreler

Haşıl alma oranına ve haşıllama işlemine etki eden faktörler haşıl parametreleri olarak adlandırılır. Haşıl parametrelerini statik ve dinamik olarak ikiye ayırmak mümkündür. Bu parametreler çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Haşıllama İşlemine Etki Eden Parametreler (Ay, 1998)

HAŞIL PARAMETRELERİ	
1.) STATİK FAKTÖRLER	**2. DİNAMİK FAKTÖRLER**
1.Çözgü ipliğinin hammaddesi (Pamuk, viskon, floş,vs..)	1. Haşıl teknesi sıkma basıncı
2.Çözgü ipliği lif cinsi (Kısa, flament ve lif özellikleri)	2. Çözgü ipliği gerilimleri (Cağlık, yaş, kurutma, ayırma, sarım)
3. Çözgü ipliği numarası	3. Çalışma hızı
4. Çözgü ipliği cinsi (ring, open-end gibi)	4. Kurutma sıcaklığı
5. Çözgü tel adedi	5. Kurutma zamanı
6. Ham leventlerin kalitesi	6. Haşıl flottesi
7. İşçilik	7. Flotte Konsantrasyonu
8. Haşıl maddelerinin cinsi	8. Haşıl viskozitesi
9. Haşıl flottesinin hazırlanış şekli	9. Haşıl flotte sıcaklığı
10. Ham çözgü ipliklerinin nemi	10. Teknedeki haşıl seviyesi
11. Buharın basıncı, kondens suyu miktarı	

1.1.4. Haşıllama İşleminin Kontrol Parametreleri

Haşıllama işleminin kontrol faktörleri; haşıl maddelerinde kontrol, haşıl filminde kontrol, haşıllı iplikte kontrol şeklinde sıralanabilir.

Haşıl Maddelerinde Kontrol: Haşıl maddelerinde aranan ve kontrolleri yapılan başlıca özellikler haşıl maddesi cinsine göre değişse de burada genel olarak bahsedilmiştir. Haşıl maddesinde aranan ve kontrolleri yapılan başlıca özellikler şunlardır: polimerizasyon derecesi (bir zincirin büyüdüğü ortalama boy), hidroliz derecesi (suda çözünme derecesi), viskozite stabilitesi (akışkanlığa karşı gösterilen direnç dengesi), sıcaklık dengesi, kimyasal stabilitesi, adezyon (yapıştırma) kabiliyeti, köpükleme kabiliyeti (çözelti karışımında köpüklenme durumunun az olması), küfe dayanıklılık, kolay sökülebilirlik

Haşıl Filminde Kontrol : Haşıl filminin bazı özelikleri, onu meydana getiren haşıl maddesinin özelliklerinden kaynaklanır. Bununla birlikte haşıl maddesi haşıl sıvısına geldikten sonra başka fiziksel özelliklerde kazanır: Gerilme ve uzama kabiliyeti, polimerizasyon modülü, hidroliz derecesi ve elastikiyet gibi özellikler haşıllamayı etkiler.

Haşıllı İplikte Kontrol: Aşınma (sürtünme) kabiliyeti, ayırma güçlüğü , elastikiyet, haşıl filminde şeffaflık, film yumuşaklığı , ekonomik durum şeklindedir.

Haşıl Makinesinde Kontrol: Bölgelere göre gerilimler ve uzama, haşıl makinesindeki gerilim bölgelerine göre değişir. Gerilimler; 1-kuru bölüm- haşıl leventleri alanı, 2-yaş bölüm- haşıl teknesi alanı, 3-kuru bölüm-kurutma kısmı alanı ve 4-kuru bölüm-dokuma levendine sarım alanı şeklinde dört bölgeye ayrılır (Sabır ve Sarpkaya, 2011).

1.1.5. Haşıllama İşlemi Metodları

Dokuma hazırlık işlemlerinde ipliklerin haşıllanması çeşitli metotlarla yapılabilir. Bu metotlar , çözgü halinde haşıllama, tek iplik halinde haşıllama ve günümüzde geliştirilen yeni haşıl metodlarıdır. Yeni haşıl metodlarından bazıları soğuk haşıllama işlemi, çözücü kullanılan haşıllama işlemi, sıcak eriyik haşılı, köpük haşıl yöntemidir. Aşağıda bu sistemler hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Çözgü Halinde Haşıllama: Dokuma hazırlık dairelerinde konik çözgü ve düz (seri) çözgü makinelerinde hazırlanan çözgü leventlerindeki ipliklerin topluca haşıllanması yöntemidir. En çok kullanılan haşıllama metodudur. Düz çözgü makinesinde sarılan ara çözgü leventleri haşıl makinesi levent cağlığına yerleştirilir. Bunlardan gruplar halinde çekilen çözgü iplikleri haşıl makinesinden geçirilerek çıkışta dokuma makinesi çözgü levendine birleştirilerek sarılır.

Tek İplik Halinde Haşıllama: Tek iplik haşıl sistemi çözgülerin cağlıktan çekilerek doğrudan haşıl teknesinden geçirilmesi ve kurutulduktan sonra levende sarılması şeklinde uygulanmaktadır. Tek iplik haşıllamada çözgü iplikleri arasındaki boşluk fazla olduğundan çözgü ipliklerinin birbirine yapışması mümkün olmamaktadır, dolayısıyla ayrıma çubuklarının kullanılmasına gerek kalmamaktadır.

Soğuk Haşıl İşlemi: Bu işlemde sıvı haşıl maddesinin oda sıcaklığında kurutma olmaksızın çözgü ipliklerine uygulanması işlemidir. Belirli bir hızda döndürülen silindir hazneden soğuk haşıl sıvısını alır ve temas yoluyla çözgülere uygular. Basit ve ucuz bir sistem olması nedeniyle yatırım ve işletme maliyeti konvansiyonel haşıl sistemine göre daha düşüktür.

Çözücü Kullanılan Haşıllama İşlemi: Konvansiyonel haşıl işleminde en büyük enerji tüketim kaynağı haşıllı iplik üzerindeki suyun buharlaştırılarak uzaklaştırılmasıdır. Su yerine çözücüler kullanılarak haşıl işleminin gerçekleştirilmesi enerji tüketimini büyük ölçüde azaltmaktadır.

Sıcak Eriyik Haşılı: Bu yöntemde katı haldeki haşıl maddesi sıcak bir silindir üzerinde eritilerek çözgü ipliklerine uygulanması esasına dayanmaktadır. Sıcak silindiri terk eden çözgüler üzerindeki haşıl maddesi kısa bir zamanda kurur ve levende sarılır. Daha sonra haşıllı kısmi leventler birleştirilerek dokuma levendine sarılır.

Köpük Haşıl Yöntemi: Haşıl maddesi bu yöntemde çözgü ipliklerine köpük formunda uygulanmaktadır. Haşıl çözeltisi hazırlanırken su kullanılır. Ancak konvansiyonel haşıllamada olduğu gibi su oranı yüksek değildir. Az miktarda su ile birlikte çözeltiyi köpük formuna sokacak gazlar eklenmektedir. Kurutma işleminde daha az su uzaklaştırılması gerekeceğinden enerji tüketimi de azalacaktır (Eryiğit, 2004; Eren,2009).

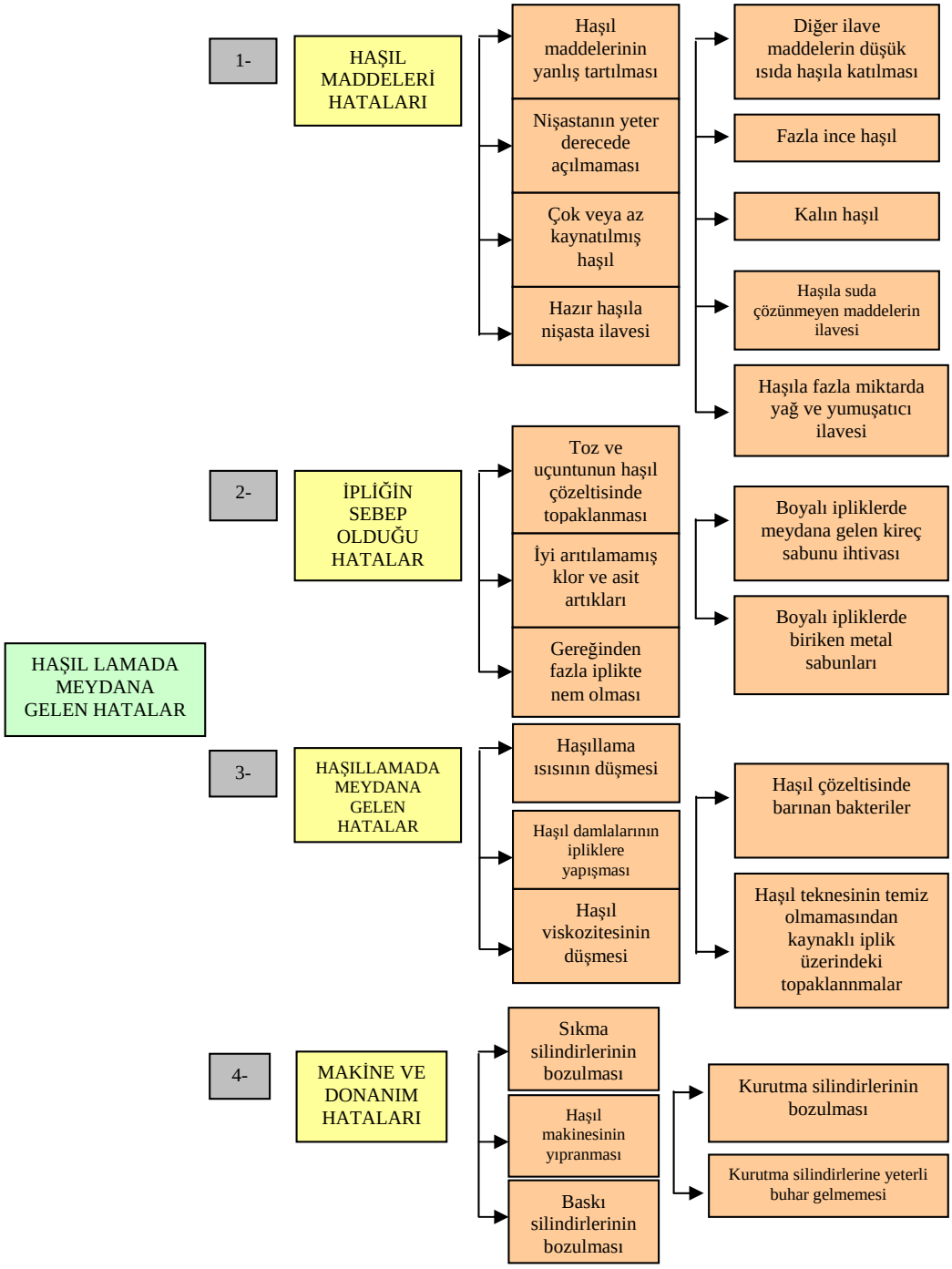
1.1.6. Haşıllamada Meydana Gelen Hatalar Ve Çözüm Önerileri

Bu çalışmada haşıl prosesinde karşılaşılabilecek hataların da bir analizi yapılmıştır. Haşıllama sırasında başlıca dört noktada hatalar oluşmakta ve haşıl sonuçlarını etkilemektedir.

Bu hataların kaynakları;

- Haşıl maddeleri hataları,
- İpliğin sebep olduğu hatalar,
- Haşıllamada meydana gelen hatalar ve
- Makine ve donanım hataları

şeklindedir (Ay, 1998). Bu hata kaynakları, alt grupları ile birlikte derlenmiştir ve daha iyi analiz edilebilmesi için sistematik olarak Şekil 1.3‘de verilmiştir.



Şekil 1.3. Haşıllamada Meydana Gelen Hatalar (Sabır ve Sarpkaya, 2011)

Dokuma makinesi randımanı uygun haşıllama işlemi ile doğru orantılıdır. Yeteri kadar haşıllanamayan çözgü ipliklerinin dokunması işleminde kopuşlar artacak ve dokuma makinesi randımanı düşecektir. Artan kopuşlar nedeniyle kumaşta düğüm çok olacak ve düğüm hatası kaynaklı kumaş hataları da artacaktır. Bu çalışmada maliyet analizi ve sorunları tespitinin yanı sıra işletme içerisinde hataların çözülmesi için yardımcı olabilecek çözüm önerilerine de yer verilmiştir. Çizelge 1.2'de, başlıca hata kaynakları, bunların neden olduğu hatalar ve bu hataların giderilmesi için uygulanabilecek çözüm önerileri verilmiştir.

Çizelge 1.2. Haşıl Prosesinde Hata Kaynakları, Sebep Olduğu Hatalar ve Bu Hatalar İçin Çözüm Önerileri (Sabır ve Sarpkaya, 2011)

Haşıl Prosesinde Hata Kaynakları	**Hata kaynağının ortaya çıkardığı hata**	**Hatayı ortadan kaldırmaya yardımcı olacak çözüm önerisi**
Haşıl Maddeleri Hataları Haşıl maddelerinin yanlış tartılması, Nişastanın yeter derecede açılmaması, Fazla ince haşıl, kalın haşıl vs…	İstenen haşıl alma oranı ve çözgü kalitesi sağlanamaz. Terbiye işlemlerinde haşıl zor sökülür. Haşıl flottesinin viskozitesinin yüksek olması, hızlı kurutmayı engeller.	Haşıl Çözeltisi viskozitesinde ayarlama yapılır.
İpliğin Sebep Olduğu Hatalar Toz ve uçuntunun haşıl çözeltisinde topaklanması vs..	Kısa elyaflı ipliklerin iplikten kopan elyafları, haşıl teknesinde birikerek iplik üzerine yapışırlar. Bundan ötürü ham kumaşta "iplik uçuntuları" hatası meydana gelir.	Bağlama gücü yüksek olan haşıl maddelerinin kullanılması gerekir. Uçuntular ham kumaş kalite kontrol sırasında temizlenir, hata giderilir.
Haşıllamada Meydana Gelen Hatalar Haşıl flotte sıcaklıklarındaki değişim	Haşıl flottesindeki sıcaklığın değişimi flotte viskozitesini de değiştirir. Sıcaklıktaki değişim haşıl çözeltisinin jelleşmesine neden olur. Jelleşmeden dolayı çözgü ipliğinde ipliklerin taraktan geçememesi söz konusu olur ve ham kumaş kalite kontrolde "çözgü kaçığı" hatasına neden olur.	Çözgü kaçığı hatası giderilemez, ancak bir sonraki çözgü grubunun haşıllanması sırasında haşıl çözeltisi sıcaklıkları kontrol edilmelidir.
Makine Ve Donanım Hataları Haşıl teknesi sıkma basınçları, makine çalışma hızı, kurutma silindirleri sıcaklıkları vs…	Sıkma silindirleri ve makine çalışma hızı haşıl alma oranını doğrudan etkileyen parametrelerdir. Buradaki bir sorun çözgü ipliğinin az veya istenenden daha fazla haşıl ile kaplanmasına neden olacaktır ve çözgü iplik mukavemeti istendiği kadar olmayacaktır. Bu durumda dokuma dairesinde kopuşlara neden olacak ve dokuma makinesi randımanı etkilenecektir.	Makine ayarları kontrol edilip, istenen değerlerde çalışılmaya devam edilir.

Çizelgeden de anlaşılacağı üzere hata parametreleri oldukça çeşitli ve parametre sayısı da oldukça fazladır. Bu hata kaynaklarının neden olduğu hatalar ne yazık ki proses çıkışında yeterince öngörülememekte ancak devam eden proseslerdeki sorunlarla fark edilebilmektedir. Hatanın geri dönüşü ürün ve zaman kaybına dolayısıyla maliyete neden olmaktadır.

1.2. Tez Çalışmasının Amacı ve Kapsamı

Bu tez çalışmasında haşıllama prosesinin optimizasyonu araştırılmıştır. Bu prosesle ilgili yapılan çalışmalara ait literatür incelendiğinde haşıllama prosesinin optimizasyonu ile ilgili kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Tez çalışması; haşıllama prosesini iş etüdü tekniği ile verimlilik açısından incelenmesi, haşıl prosesinin maliyeti ve proses kontrol teknikleri ile proses parametrelerinin belirlenmesi aşaması ile başlamıştır. Prosesin çıktı parametreleri üzerinde etkili olan girdi parametreleri bu şekilde belirlendikten sonra optimizasyon tekniğinin seçimine karar verilmiştir. Deney sayısının az olması ve literatürde kabul görmesi nedeni ile Taguchi Metodu ile optimizasyon yapılmasına karar verilmiştir. Haşıl prosesinde optimize edilmesi gereken performans karakteristiği sayısının birden fazla olması nedeniyle çok amaçlı karar verme optimizasyon tekniği olan ve yine daha az deney sayısına sahip olan Gri İlişkilere Dayalı Taguchi Metodu optimizasyon tekniği olarak seçilmiştir.

Tez çalışmasında her iki yöntemle optimizasyon yapılmış ve sonuçlar verilmiştir. Tez kullandığı bilimsel yöntem nedeniyle uygulamalı bir çalışma örneği olarak literatürde tekstil mühendisliği açısından bir yenilik içermektedir.

Çalışmada *İplik değerleri* (çözgü ipliği numarası), *Haşıl maddesi ve reçetesi* (farklı haşıl karışımının iplik üzerine etkisi), *Haşıl Makinesi Ayarları* (ipliğin haşıldan geçiş süresinin değişimi) göz önüne alınarak haşıl prosesinin optimizasyonu sağlanmaya çalışılmıştır. Tez çalışmasında gömleklik amacıyla üretilen ince ipliklerin ve haşıllamanın kısa lif iplikçiliğinde özellikle pamuk ipliğinde tercih edilmesi nedeniyle de materyalin pamuk olmasına karar verilmiştir. Bu tespitler

ışığında tez konusu için *Ne* 5*0/1 Pamuk, Ne 60/1 Pamuk, ve Ne 70/1 Pamuk* iplikler seçilmiştir.

Optimizasyon çalışmasına girecek girdi parametreleri (Çözgü İplik Numarası, Haşıl Viskozitesi ve Haşıl makinesi Çalışma Hızı) ve en iyilenecek çıktı parametrelerine (Haşıl Alma Oranı, Haşıllı Çözgü İpliği Mukavemeti, Dokuma Makinesi Randımanı, İplik Rutubeti) karar verilmiştir. Kısıtlayıcı faktörler ve işletmedeki yapılabilirlik koşulları dikkate alınarak Gri İlişkiler Analizine Dayalı Taguchi Optimizasyon tekniğine karar verilmiştir. Yöntem belirlendikten sonra tez çalışmasına uygun Taguchi deney planı [Faktörler ve seviyelerine göre Taguchi deney tasarımında L18 (mixed 3-6 Level) ortogonal düzene karar verilmiştir] seçilmiştir. Taguchi L18 (Mixed 3-6 Level) deney tasarımına göre İplik Sevk Hızı (m/dk) 6 seviyeli (40, 50, 60, 70, 80, 90), Viskozite (Ns/m^2) 3 seviyeli (14, 20, 24), İplik Numarası (Ne) 3 seviyeli (50, 60, 70) olarak seçilmiştir. Bu şartlar altında seçilen seviyelerle Tam faktöriyel deney tasarımında yapılması gerekli deney sayısı 54 olacaktır. Ancak; Taguchi Yöntemiyle deney sayısı 18 olacak şekilde azaltılmıştır. Bu yöntemle literatürün desteklediği gibi daha az deney yapılarak genel sonuca ulaşılabilmektedir. Çalışma sonucunda Gri İlişkiler Analizi uygulanarak çoklu yanıt performans kriterleri tek bir yanıta dönüştürülerek optimum deney tasarımına ulaşılabilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yapılan literatür taraması sonucunda, ulaşılan kaynaklarda ağırlıklı olarak haşıllama prosesinin dokuma makinesine etkisi, haşıllama kimyasallarının incelenmesi, Çözgü haşıllama için Nişasta- PVA karışımlarının faz ayrımını düşürebilmek için stabilizatör olarak iyileştirilmesi ve haşıllama işlemleri vb. üzerine çalışmalar yapıldığı belirlenmiştir. Burada ise söz konusu çalışmalardan konuyla doğrudan bağlantısı olanlar kısaca özetlenmiştir.

(Hari ve Tewary, 1985) yapmış oldukları çalışmada, yüksek nem oranlarının iplik kalitesinde arzu edilen özellikleri arttırıp arttırmadığı ya da dokuma aşamasında haşıllanmış ipliklerin dokunabilirliğinde oluşan zararları azaltıp azaltmadığı belirlemeye çalışmışlardır. Dokuma tezgahlarında çözgü kopuşlarını azaltmak için yaklaşık %80 oranındaki bağıl nemin nişasta özlü haşıl reçetesi ile pamuk ipliklerini haşıllamışlardır. Dokuma sırasında haşıllanmış ipliklerin tüylülük değerleri yüksek nem koşullarında minimum olmuştur. Haşıl filmi ve haşılın yapışma özelliğinden dolayı nem içeriği iplik performansını önemli ölçüde etkilemiştir. Yine aynı çalışmada yüksek nem oranının makinelerin ve işçilerin performanslarını olumsuz yönde etkilediği gözlemlenmiştir.

(American Dyestuff Reporter'a atfen yapılan bir çalışmada, 1989); etkili haşıl sökme farklı yıkama aralıklarında ve farklı tekstil fabrikalarında üretilmiş olan poliester/pamuk kumaş tiplerinde inceleme yapılmıştır. Ultrafiltrasyon vasıtasıyla haşıl sökme işleminin atık suyunun ekonomik biçimde arıtılmasını göstermek için birçok durum göz önüne alınmıştır. İki farklı yıkama aralığı endüstride örnek olarak kullanılmıştır. Kumaş üretim oran çeşitliliğini kapsamak ve ultrafiltrasyon işletmesinin akış hızını geri çevirme etkisine karar vermek için ekonomik analiz genişletilmiştir. Konvansiyonel yöntemde %20 daha az maliyet elde edildi.

(Eken, 1992); Dokuma makinesinin randımanını artırmak ve kumaş kalitesini yükseltmek için yapılan haşıllama işleminin çözgü iplik özellikleri üzerine yaptığı etkileri belirlemiştir. Bu etkiler dokuma çözgü kopuşları yönünden değerlendirilmiştir. Haşıllama işlemi çözgü ipliklerinin kopma kuvvetinde bir artış sağlamıştır. Haşıllanan ipliğin kopma mukavemetinin artmasına karşılık kopma

uzaması değeri belirli nispette düşmektedir. Elastikiyetin çok miktarda düşüş göstermesi çözgü kopuşunu olumsuz şekilde etkilemiştir.

(Trauter ve Stegmaier, 1992) yılında yaptıkları çalışmada haşıllama derecesi ayarlanması konusunda ITV tarafından 1982'de teklif edilen sistemin düzeltilmiş ve geliştirilmiş biçimini sunmuşlardır. Çalışmada öncelikle haşıllama derecesinin dokuma çözgülerinin çalışma tutumuna etkileri irdelenmiş ve haşıllama derecesi ayarlayıcı sistem açıklanmıştır. Bu sistemle haşıllama işlemindeki her türlü aksaklıklar giderilmiştir. Çalışma sonunda Haşıl oranı ayarlamanın faydaları belirlenmiştir. Haşıllama oranı, flotte konsantrasyonu ve sıkma basıncı arasındaki ilişki bilindiğine göre ayarlamalı haşılda farklı konsantrasyondaki reçete sayısının azaltılabileceği ortaya konmuştur.

(Textile Month'a atfen, 1994) yılında yapılan bir çalışmada, Benniger Zell's BEN-PROCOM'da yeni kontrol yöntemi tanımlanmıştır. Uniform sarım sıklığı vasıtasıyla serbest bırakılmış arka çözgünün sabit geriliminden bu çözgü makinesi üzerinde tüm gerekli üretim işlemleri merkezi olarak ayarlanmış ve izlenmiştir.

Denim kumaşların haşıllanması (Steidel ve Leitner, 1997) tarafından incelenmiş ve BASF tarafından üretilen akrilat haşıl maddesinin haşıllama işlemi sırasında kullanılması sonucu çözgü ipliklerine katmış olduğu özellikler üzerinde durulmuştur. Çalışmada akrilat/nişasta haşıl reçetesinin kullanılması sonucu daha az miktarda haşıl tabakasının ipliğe tatbik edilmesine rağmen iplik tüylülük ve buna bağlı olarak ağızlık açma sırasında ipliklerin birbirine takılmasının azaldığı ve sonuç olarak iyi bir dokuma randımanı ile kumaş kalitesinin sağlanmış olduğu ifade edilmektedir.

(Ay, 1998) yaptığı çalışmasında %100 pamuklu ipliklere iki farklı haşıl reçetesi uygulamış ve çözgülerin gerilimleri, ipliğin nemi değiştirilerek, haşıl alma oranı ve mukavemeti belirlemiştir.

(Kovacevic ve ark., 2000) yapmış oldukları çalışmada, dokuma makinesindeki her kesimden alınan çözgü ipliğinin kırılma gücü, farklı dokuma makinelerinde aynı çözgüden alınan 3 farklı dokuma kullanılarak ölçülmüşlerdir. Çözgü ipliklerinin deformasyonunu simule etmek için çözgü leventlerinden örnekler alınmış ve dinamometrede çeşitli dairesel gerginlikten sonra çözgü deformasyonunda

en uygun derece her dokuma tipi ve makindeki her kesimde oluşan dokuma prosesi tespit edilmiştir. F testi, t testi, x^2 testi ve kolerasyon kullanılarak dokumada ipliklerin kırılma güçleri arasında veya dairesel gerilimden sonraki ipliklerde fark görülmemiştir. Rahatlama dinamometre ile ölçülmüştür. Bu, dokuma makinesindeki dokuma sırasında ipliğe verilen deformasyonun oldukça benzer olduğu manasına gelmektedir. İplikler arasındaki sürtünmeden dolayı oluşan deformasyon ve metal parçalardan dolayı ipliklerde oluşan deformasyon burada tartışılmamıştır. Sadece gerginliğin neden olduğu deformasyondan bahsedilmiştir. Dairesel gerginlik altında aynı şartlar altında, dokuma makinesinin her bir kısmında gerginlik sırasında çözgü elastikiyeti test edilmiş ve şu sonuca ulaşılmıştır; iplik deformasyonunu takip eden elastikiyet neredeyse lineerdir.

(Zhu ve Li, 2002); küçük miktarda yüzey aktif maddelerinin stabilizatör olarak çözgü haşıllama için nişasta/PVA karışımına eklenmesiyle faz ayırım oranlarının azalması araştırılmıştır. Bu etki, birincil demixing zamanını ve faz ayırma hacim yüzdesini değerlendirmiştir. Sodyum dedoksisülfat, sodyum dedoksisülfanat, tween 20 ve span 20 gibi yüzey aktif maddeler tek tek değerlendirilmiştir. Yüzey aktif maddesinin miktarı ve tipi özellikle paste stabilitesini ve faz ayırma oranını etkiler. Sodyum dedoksisülfat ve sodyum dedoksisülfanat etkili bir şekilde faz ayırımını geciktirir ve paste stabilitesini arttırır. Tween 20 ve Span 20'de bu etki görülmemiştir. Sodyum dedoksisülfatın miktarı ayrıma oranını azaltmıştır. Bu çalışmada, PVA ve nişasta muhtevasının ayrıma üzerindeki etkileri de araştırılmıştır.

(Öncü, 2002), yaptığı çalışmada dokuma işlemi sırasında meydana gelen her duruş, kaliteyi ve verimi olumsuz etkilediğinden duruşlara sebep olan etkenler üzerinde durmuştur. Çalışmada %100 pamuk Karde Ne 30/2, Ne 16/2, Ne 20/1, Open-end Ne 20/1 Penye Ne 30/1, Ne 40/1, Ne 60/2 çözgü iplikleri ve Karde Ne16/2, Penye Ne 40/1, Ne 60/2, Open-end Ne 10/1, Ne 12/1, Ne 8/1, Ne 30/1 licralı atkı iplikleri kullanılmıştır. Söz konusu ipliklerle 2/1 Dimi, 3/1 Dimi ve 1/1 Bez ayağı örgüsüyle kumaş dokunmuştur. Bobin halindeki çözgü ipliği-haşıllanmış çözgü ipliği/ haşıllanmış çözgü ipliği-kumaştan sökülmüş çözgü ipliği mukavemet ve uzama değerlerinin kıyaslanması yapılarak istatistiksel olarak incelenmiştir. Varyans analizi ile yapılan istatistiksel çalışma sunucu Anova tablolarında görülen F ölçütü

değeri bulunan f değerinden çok küçük olduğundan uygulamaların arasında fark vardır denilmiştir.

Haşıl rejeneratının ultrafiltrasyon yöntemiyle derişikleştirilmesinde yardımcı kimyasal kullanımının ultrafiltrasyon verimi üzerine etkisi (Aniş ve Mirzalı, 2002-a) tarafından incelenmiştir. Çalışma sonucunda, Ultrafiltrasyon yoluyla haşıl rejeneratlarının derişikleştirilmesi çevresel anlamda çok büyük katkı sağlamakta ve ayrıca haşıl rejeneratında yağlayıcı veya deterjan gibi yardımcı kimyasal kullanımının ultrafiltrasyon verimini olumsuz etkilediği görülmüştür.

(Aniş ve Mirzalı, 2002-b), yılında yapmış oldukları çalışmasında haşıl rejeneratının ultrafiltrasyon yöntemiyle derişikleştirilmesinde sıcaklık ve sürenin ultrafiltrasyon verimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda ultrafiltrasyon süresi boyunca haşıl konsantrat konsantrasyonunun artış gösterdiği görülmüştür. Değişik sıcaklıklarda yapılan çalışmalarda sıcaklık arttıkça konsantrat konsantrasyonu daha hızlı biçimde artış gösterdiği belirtilmiştir.

(Ünal ve ark., 2003), çalışmalarında tekstilde kullanılan haşıl yardımcı maddelerini ve haşıl reçetelerinde kullanımlarını araştırmışlardır. Haşıl reçetelerinin hazırlanmasında dikkat edilecek hususlar ve haşıl yardımcı maddeleri hakkında bilgi verilmiştir.

(Vukusic ve ark., 2003) yılında yaptıkları çalışmada konvansiyonel N-methylol bileşiklerine alternatif yaklaşım devamlı baskı bitim işlemi maddesi PCA'nın kullanılmasına dayandırılır. Diğer bir alternatif yaklaşım burada araştırılmıştır. Bu yaklaşım mikrodalga enerjisini kullanarak boyalı pamuklu kumaşların devamlı buruşma dayanıklılığını vermektir. Bu çalışmada, bifonksiyonel boyalar CI reaktif kırmızı 195, CI reaktif sarı 145, CI reaktif mavi 221 boyaları kullanılmıştır. 2 farklı fikse işlemi için PCA ile işleme girmiş selülozik materyalleri HPLC metodu ile ölçülmüştür. Öncelikle buruşmazlık iyileşmesi ve deformasyon dayanıklılığında mikrodalga fiksesi ile daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

(Eryiğit, 2004), yılında yapmış olduğu çalışmasında hazırlanan Ne 30/1 penye ring ham ipliklere laboratuar ortamında bilinen haşıl kimyasallarının farklı miktarlardaki reçeteleri hazırlanarak haşıllanmıştır. Hazırlanan haşıl karışımlarının mukavemet ve elastikiyet üzerine etkileri incelenmiştir. Cms 60'ın F 170 kadar etkisi

olmadığı Cms 60 miktarının atması ile haşıllı ipliğin mukavemet değerinde beklenen bir gelişme gözlenmediği görülmüştür. F170 miktarının artması ise genelde haşıllı ipliklerde mukavemetini arttırmıştır.

(Stegmaier ve ark., 2004), ITV tarafından yapılan ve filamentlerin haşıllanma öncesi yıkanması, yüksek verimli haşıllama yöntemi, kurutma ve yeni bir haşıllama maddesinin geliştirilmesi üzerindeki çalışmalar yapılmıştır. Geliştirilen Çitosan bazlı haşıl maddesi biyolojik olarak kolay çözünebilmektedir. Bu maddenin çeşitli yollarla geri kazanımı da mümkün olduğu gösterilmiştir.

(Ünal ve ark., 2004), çalışmalarında haşıl maddesi geri kazanım sistemleri üzerinde bir araştırma yapmışlardır. En yaygın olarak kullanılan Ultrafiltrasyon yönteminin ayrıntıları açıklanmıştır. Bu yöntemle elde edilen kazanımlar maddeler halinde ortaya konmuştur. Bunlardan bazıları; haşıl maddesinin %80 oranında geri kazanımının sağlanması, haşıllama kalitesinin artmasına bağlı olarak dokuma maliyetlerindeki düşüş ve atık sudan ileri gelen maliyetlerin azalması şeklindedir.

(Zhu ve ark., 2004) çalışmada, akrilat monomerlerinin kimyasal yapılarının etkileri, alkil ester gruplarının ve -metil grup içeren (met) karbon atomu sayısı, tüm polyester, saf pamuk, ve polyester / pamuk elyafı karışımlı yüzeye poliakrilat haşılının yapışması emdirilmiş fitil yöntemini kullanarak araştırmışlardır.

(Yao ve ark., 2005); yapay sinir ağlarıyla haşıllanan iplik kalite indeksi kullanılarak çözgü kopma oranının tahmin edilebilirliliğini araştırmışlardır. Bunun için bir dizi deneme yürütülmüştür. 8 kalite parametresi (haşıl alma, aşınma direnci, aşınma dayanıklılığı, 3 mm üstündeki tüylülük, kopma mukavemeti, kopma mukavemetindeki düzensizlik, kopma elastikiyeti, kopma elastikiyetindeki düzensizlik) ve çözgü kopma oranı kontrol edilmiş şartlar içinde oranlamıştır. Tahminlenmiş ve gerçek çözgü kopma mukavemeti arasındaki iyi korelasyonun, yapay sinir ağı metodu ile çözgü kopma oranı tahmin edilebileceği gösterilmiştir.

(Hebeish ve ark., 2005)'deki çalışmalarında Mısır nişastası, katalizör olarak demir sülfat varlığında ve yokluğunda H_2O_2 kullanarak oksidasyon için ilk olarak tabi tutmuşlardır. Daha sonra Katyonikleştirme için 3-kloro-2-hidroksipropil trimetil amonyum klorür kullanıldı. Nişasta okside ve okside-cationized nişasta örneklerinin kimyasal ve reolojik özelliklerinin bir araştırması yapıldı. Bu modifiye edilmiş

nişastalar dispers boyalarla polyester kumaş baskısında baskı koyulaştırıcı olarak ve mükemmel haşıl maddesi gibi uygun özellikler gösterdikleri bulundu. Demir sülfat varlığında ve yokluğunda asidik ve alkali ortamlarda karboksil ve karbonil grubu içeriğinde hazırlanan okside örnekleri arasında farklar, nişasta oksidasyon reaksiyonunda farklı mekanizmaların görevi esas alınarak açıklanmıştır.

(Fettahov ve ark., 2006), yaptıkları çalışmada haşıllama işleminde pamuklu tek ve bükülmüş ipliklerden oluşan çözgü levendinin sarım yapısının haşıllama parametrelerine bağlı olarak teorik ve deneysel araştırmasını gerçekleştirmişlerdir. Haşıllama esnasında ipliklerin uzaması, haşıl alma oranı ve çözgü sıklığı ile levende sarılan iplik uzunluğu ve sarım yoğunluğu arasındaki ilişkiyi ifade eden teorik denklemler elde edilmiş ve bu denklemlerin pratikte uygulanabilirliği deneysel incelemelerle kanıtlanmıştır.

(Hebeish ve ark., 2006), haşıl yardımcı kimyasalları vasıtasıyla polivinil alkol ile akrilik asidin polimerizasyonu konusunu incelemişlerdir.

(Wunderlich ve ark., 2007) yılında yaptıkları çalışmada, farklı liflerden eğrilmiş Kompakt ve Vorteks ipliklerinin ön ıslatma yoluyla haşıllanması ile ön ıslatma yapmadan haşıllanması sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuçta ön ıslatma yapılan ipliklerin dokuma sırasındaki havlanması azalmaktadır. Haşıllama derecesinin ön ıslatma sayesinde ortalama haşıllama alanında iplik havlanmasının %20 ile %45 arasında düşülebileceği görülmüştür.

(2008 yılında, Katovic ve ark.) tarafından yapılan bir çalışmada, haşıl almada mikrodalga ile kurutmanın etkisi araştırılmıştır. Haşıllanmış ipliğin fiziksel ve mekanik özellikleri 3 farklı kurutma işleminin analizi ile ortaya konmuştur. Aynı haşıllama koşullarında fakat farklı kurutma metotlarında; kopma mukavemeti, kopmadaki elastikiyet, aşınma dayanımı ve iplik tüylülüğü parametreleri belirlenmiştir. Çözgü haşıllamada mikrodalga kurutma uygulaması iletim yoluyla kurutma ve konveksiyon kurutma ile karşılaştırıldığında oldukça iyi olduğu görülmüştür.

(Kovacevic ve ark., 2008) yapmış oldukları çalışmada, çeşitli renklerde ipliklerin haşıl almaları test edilmiştir. Aynı şekilde haşıllanmış renkli ipliğin fiziksel-mekanik özelliklerinin değişimi incelenmiştir. Her renk için renkli

çözgülerde testler yapılmıştır. Elde edilen testlere dayanarak aynı haşıllama ve boyama şartları altında, çeşitli renklerin haşıllanmasında haşıl almada ve fiziksel-mekanik iplik özelliklerinde bir farklılık olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

(Litaeim ve Dhahbi, 2010), makalede İyonik sıvı / organik çözücülerin ikili karışımlarının fizikokimyasal özelliklerinin taşınması üzerine çalışmışlardır. Etil amonyumlu çeşitli organik çözücülerin ikili karışımlarının iletkenlikleri ve viskoziteleri tüm kompozisyon aralığında ve sıcaklıkta (273,15 ^{0}K – 313,15 ^{0}K) ölçülmüştür. Değişik karışımlı kompozisyonlardaki Viskozite/ iletkenlik varyasyon eğilimi iyonik sıvıların iyonik birleşim veya agregasyonu moleküler çözünenlerin bozulması yoluyla açıklanmıştır. Jones ve Dole tarafından önerilen bir yarı-ampirik denklem tuz konsantrasyonu ile viskozite değişimi tanımlamak için kullanılmıştır.

(Djordjevic ve ark., 2012), pamuklu çözgü ipliklerinin haşıllama prosesinde kullanılan akrilik asid ve kopolimer akril amid solüsyonunun reolojisi hakkında bir çalışma yapmışlardır. Polimer haşılın reoloji parametrelerinin değişimleri konsantrasyon ve sıcaklığa bağlı olarak analiz etmişlerdir. Sonuçlara dayalı olarak polimer haşıl konsantrasyonunun düşmesi viskozitenin de düşmesine neden olduğu görülmüştür. Aynı konsantrasyonda, sıcaklığın yükselmesi polimer solüsyonun viskozitesinin düşmesine sebep olmuştur. Bunlara ek olarak, çeşitli sıcaklıklarda kinetik parametreler izlenmiştir. Daha yüksek konsantrasyonlu polimer haşıllarında iplik üzerinde daha fazla depolandığı mümkün olmuştur. Sonuç olarak polimer haşılın bazı reoloji ve kinetik parametreleri solüsyondaki polimer moleküllerinin yapıştırma ve iplik üzerine nüfuz etme vb. uygun davranışlarına sebep olduğu görülmüştür.

2.1. Yöntemle İlgili Önceki Çalışmalar

2.1.1. Taguchi Metodunun Kullanımı İle İlgili Önceki Çalışmalar

Bu metotla yapılmış pek çok bilimsel alanda çalışmalar mevcuttur. Burada çalışmaya örnek teşkil edecek literatüre yer verilmiştir.

(Hamzaçebi ve Kutay, 2003), çalışmalarında, Taguchi Metodunu genel olarak anlatmış ve metodun sistematiği açıklanmıştır.

(2006 yılında, Kumar ve ark.) Taguchi Metodunu kullanarak , ring, rotor ve hava jetli sistemlerde yoğunluk parametrelerinin taraklama, dublaj, ve tarak numarasının etkisini analiz etmişlerdir. Çalışılan ring, rotor ve hava jetli ipliklerinin helis açısı ve iplik çapı yoğunluk değişimindeki trend, poreses değişkenleri ile terstir. Yoğunluk en yüksek air-jet ipliklerinde, en düşük de rotor ipliklerinde bulunmuştur. Air-jet sistemlerinde çekimin yüksekliği ve rotor eğiricilerde çekimin düşüklüğü, iplikte kayda değer şekilde yoğunluğu arttırdığı görülmüştür.

(Salhotra ve ark., 2006) çalışmalarında lif yerleşiminin çekim ve eğirme proseslerindeki farklı aşamalardaki etkisi için varyans analizi ve Taguchi Metodu kullanılmıştır.

Taguchi parametre modeli kullanılarak cam lif iplikleri için haşıllama kondüsyonlarının belirlenmesi (Cheng ve ark., 2007) tarafından incelenmiştir. Çalışmada Taguchi yöntemiyle düşük maliyette kalitenin ve verimliliğin geliştirilmesi irdelenmiştir. Ayrıca E sınıfı cam lifleri için en uygun haşıllama koşullarının belirlenmesi için parametre modellemesi kullanılmıştır.

Termoplastik kompozit filamentlerin sarımının optmizasyonunda Taguchi Metodunun uygulaması (Dobrzanski ve ark., 2007) tarafından incelenmiştir. Çalışmada farklı lif sıcaklıkları, sarım hızları, tabakalar ve gezici sayıları ile deneyler yapılmıştır. Seçilen şartlar altında termoplastik filamentin sarımı gerçekleştirilmiştir. Gerilme mukavemeti ve yırtılma mukavemeti parametrelerinin etkisi değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda lif sıcaklığının yırtılma ve gerilme mukavemeti üzerinde oldukça etkili olduğu görülmüştür. Taguchi yöntemiyle farklı

lif sıcaklıkları, sarım hızları, tabakalar ve gezici sayılarının optimal kombinasyonu belirlenebilmiştir.

(Kuo ve ark., 2007), çalışmalarında boyama prosesinde optimum kombinasyon parametrelerini bulmayı hedeflemişlerdir. Bu amaçla çalışmalarında Taguchi Metodunu uygulamışlardır. Hedef karakteristik olarak Kumaş renk kuvvetini seçmişlerdir. Deneyin tekrarlanabilirliğinin doğrulanabilmesi için doğrulama deneylerini yapmışlardır. 3 doğrulama deneyi sonrası sinyal/gürültü oranı %95 güven aralığına ulaşmıştır.

(Aytaç ve ark., 2008), kord bezi üretiminde büküm yönünün etkilerinin farklı deney tasarımı yöntemleri ile incelenmesi konusu üzerine araştırma yapmışlardır. Çalışmalarında kullanılan büküm yönünün, ürünün mekanik özelliklerine etkileri Taguchi ve tam faktoriyel deney tasarımı yöntemleri ile incelenmiştir. Çoklu bükümlerde kopma dayanımı açısından (z.z.s) bileşimi yerine (s.s.z) bileşiminin de kullanılabileceği görülmüştür. Ancak, (z.z.s) büküm yönü bileşimi değişkenliğinin, (s.s.z) büküm yönü bileşimine göre daha az olduğu bulunmuştur. İki düzeyli deney sisteminde Taguchi ve tam faktoriyel tasarım yöntemleri ile bulunan sonuçların birbirini desteklediği görülmüştür.

(Kumar ve Ishtiaque, 2009)'daki çalışmalarında Taguchi Metodu kısaca anlatılmış ve farklı iplik eğirme teknolojilerinde optimum yoğunluk için iplik prosesinin optimizasyonu yapılmıştır. Prosese etkili olan çeşitli parametreler analiz edilmiştir. Yoğunluk en yüksek air-jet ipliklerinde, en düşük de rotor ipliklerinde bulunmuştur. Air-jet sistemlerinde çekimin yüksekliği ve rotor eğiricilerde çekimin düşüklüğü, iplikte kayda değer şekilde yoğunluğu değiştirdiği ve sinyal/gürültü değerlerindeki değişimin ipliğin yoğunluk parametrelerini etkilediği görülmüştür.

(Webb ve ark., 2009)'daki çalışmalarında sentetik flament ipliklerinin uçlarının düğümlenmesinde splice makinesi parametrelerinin düğüm görüntüsüne etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla L27 ortogonal deney tasarımı seçilmiş ve girdi değişkenleri hava üfleme basıncı, hava üfleme süresi, bölüm dizaynı, kesme senkronizasyonu olarak belirlenmiştir. Çıktı değişkenleri ise düğüm estetiği özellikleri (düğüm çapı vb.) ve düğüm mukavemeti şeklinde belirlenmiştir.

(Yoon ve ark., 2010), ısı ile birleştirme şartlarını Taguchi Metodu kullanarak prosesin optimizasyonu üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında 4 parametreyi dikkate almışlardır: Yapışkan tela türü, yapışma sıcaklığı, yapışma basıncı, yapışma süresi. Öncelikle tekrarlanan deneyler için sinyal gürültü oranı hesaplanmıştır. Isı ile birleştirme işlemini etkileyen ilgili şartlar bulunmuştur. 3. olarak optimum ısı ile birleştirme işlemi için gerekli değerler belirlenebilmiştir.

(Mezarcıöz ve Oğulata, 2010), bu çalışmada Taguchi ortogonal dizayna göre süprem kumaşların patlama mukavemeti değerinin optimizasyonunu amaçlamışlardır. Taguchi tasarımına göre deneyler, L9 ortogonal dizaynına göre 9 adet deneme ile gerçekleştirmişlerdir. Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde varyans analizi ve sinyal/gürültü oranını kullanmışlardır. Patlama mukavemetine en çok etki eden faktörün iplik üretim tipi olduğu tespit etmişlerdir.

(Ünal ve ark., 2010) çalışmada, farklı lif özelliklerinde, farklı numara ve büküm değerlerindeki ipliklerin hava ile uç birleştirme işlemi sonrasında, maksimum mukavemet ve uzama sağlanabilmesi için uygun uç birleştirme ayarlarının tespit edilmesine çalışmışlardır. İplik uç birleştirme ayar parametrelerinin; lif ve iplik özelliklerinin, iplik mukavemetine ve iplik kopma uzamasına etkileri ayrıntılı olarak incelemişlerdir. Farklı iplik işletmelerinden temin edilen 8 farklı pamuk harmanından 3 farklı numarada (Ne 20, Ne 30 ve Ne 40) ve 3 farklı büküm katsayısı (αe 3,8; αe 4,2 ve αe 4,6) kullanarak iplikler üretilmiştir. HVI cihazı ile ölçülen fitil formundaki lif özellikleri ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır. Lif özellikleri ile birlikte makine ayar parametrelerinden açma ve üfleme havası basıncı, üfleme havası süresi, iplik bükümü ve iplik numarası bağımsız değişken; uç birleştirme işlemi görmüş ipliğin özgül kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerleri bağımlı değişken seçilmiştir. Çalışma sonucunda uç birleştirilmiş ipliklerde kopma mukavemeti ve kopma uzaması tahminleyen yüksek belirleme katsayısına (R2) sahip, istatistiksel açıdan önemli eşitlikler elde edilmiştir.

(Pınar ve Güllü, 2010) yılındaki çalışmalarında ilerleme oranı, hareket mesafesi, yön ve atalet yükü parametrelerinin pozisyonlama doğruluğu üzerindeki etkileri ve bunlara ait optimum seviyelerin tespiti Taguchi Metodu ile gerçekleştirilmiştir. Buna göre minimum pozisyonlama hatası 10 mm/dk'lık ilerleme

oranında, 5 mm'lik hareket mesafesinde,"-" yönde ve 5 kg'lık atalet yükünde elde edilmiştir. Son olarak, yapılan doğrulama deneyleri, Taguchi Metodunun, sistemin optimizasyonunu yeterli doğrulukta gerçekleştirdiğini göstermektedir.

(Su ve Lu, 2011), çalışmalarında Lycra®'nın yedi yaygın görülen hatalarından bahsetmektedir. İlk olarak grey seviye co-occurrence matrisi kumaş şekillerinin özelliklerini toplamak amacıyla kullanılmıştır. Daha sonra kumaştaki hataların sınıflandırılmasında yapay ağlar kullanılmıştır. Bunlara ek olarak Taguchi Metodu BPNN (back-propagation neural network) ile kombin halde kullanılarak, denemeleri ve zaman kaybını da azaltarak, öğrenilen parametrelerin bulunması, daha hızlı , daha küçük ve daha iyi hatırlama oranları iyileşmiştir. Deneysel sonuçlarda, BPNN'ye dayalı Taguchinin Final Mean Square Error 0.000104'dır ve hatırlama oranının da %97.14'ye ulaşabildiğini gösterilmiştir.

(Karabay ve Kurumer, 2011'de) fason üretim yapan bir konfeksiyon işletmesinde kumaş tedarik süresinin kısaltılmasına yönelik bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, sipariş üzerine en fazla kullanılan kumaş türleri için sürekli sipariş modeli önerilmiştir. Önerinin çalışma şekli Simülasyon Yöntemi ile test edilmiştir. Denemeler sonucunda önerilen sistemle kumaş tedarik süresinde istatistiksel olarak önemli bir düşüş sağlanmıştır. Taşıma ve sipariş verme maliyetlerinde sağlanan azalma ile önerilen sistemin toplam maliyetinin mevcut çalışma sisteminin maliyetinden daha düşük olduğu ortaya konulabilmiştir.

(Özgür, 2013)'de yapmış olduğu çalışmasında dokunmuş kumaşların bazı kalite özelliklerine (Kopma mukavemeti, %Uzaman, Eğilme dayanımı, Yırtılma mukavemeti, Aşınma dayanımı, Boncuklanma, Termal stabilite) doku yapısının (D2/1, D2/2, D3/1) boyamanın (%1, %3, %5) ve şardon işleminin etkisinin (Şardonsuz, 1. pasaj şardon, 2. pasaj şardon) incelenmesini hedeflemiştir. Çalışmada dokumada kullanılan iplik materyali aynı kalmak üzere üç farklı örgü raporu ile dokunmuş ve üç farklı şiddette boyanmış kumaşlara mekanik apre tekniklerinden şardon işlemi uygulanmış ve elde edilen kumaşların kalite özellikleri test edilmiştir. Test sonuçları istatistiksel olarak analiz edilmiş, elde edilen verilere uygun Taguchi Metodu L9 deney tasarımı uygulanmış ve bu iki analiz sonuçlarının uyumu araştırılmıştır. Tam faktoriyel deney tasarımı ve Taguchi deney tasarımı sonuçları

boncuklanma deneyi dışında uyumlu çıkmıştır. Analizler sonucunda örgü yapısının % uzaması ve boncuklanma testi sonuçlarına, boya şiddetinin kopma mukavemeti, % uzaması, aşınma dayanımı, termal stabilite testi sonuçlarına, şardon durumunun ise kopma mukavemeti, % uzaması, aşınma dayanımı, eğilme dayanımı, atkı yönündeki numunelerin yırtılma mukavemeti testi sonuçlarına etki ettiği görülmüştür.

2.1.2. Gri İlişkiler Analizine Dayalı Taguchi Metodunun Kullanımı İle İlgili Önceki Çalışmalar

(Lin ve Lin, 2002)'de yaptıkları çalışmalarında, Elektriksel Deşarj İşleme (EDM) prosesinde yeni bir yaklaşım olan Gri İlişkiler Analizine dayalı çoklu performans karakteristiklerinin optimizasyonunu yapmışlardır. L18 tasarımına göre deneyler yapılmıştır. Prosese etki eden 6 faktör (1 faktör 2 seviye diğerleri 3'er seviyeli) belirlenerek deneyler sonucunda 3 yanıt için değerler ölçümlenmiştir. Gri ilişkiler yaklaşıma göre çoklu yanıt performans karakterleri tek bir yanıta dönüştürülerek gri ilişki derecesi hesaplanmıştır. Varyans analizi ile prosese etki eden en etkili faktör belirlenmiştir. Deneysel sonuçlar göstermiştir ki, EDM de makine performansı bu yaklaşım kullanılarak efektif şekilde iyileştirilmiştir.

(Tarng ve ark., 2002)'de, Sert dolgularda ark kaynağı işlem parametrelerinin belirlenmesinde gri ilişkiler tabanlı Taguchi Metodu kullanlmışlardır. Bu metoda göre belirlenen faktörler için Taguchi L8 deney tasarımı kullanılmıştır. Bu tasarıma göre 5 faktör ve her bir faktör 2 seviyeli olarak belirlenmiştir. Gri ilişkiler analizinden elde edilen gri ilişkiler derecesi kullanılarak optimum performans karakteristikleri için faktörlerin optimum seviyeleri belirlenmiştir.

(Tosun, 2006), yapmış olduğu çalışmada, gri ilişkiler analiz yöntemi kullanılarak yüzey pürüzlülüğü ve çapak yüksekliği çıktıları için delme işlem parametrelerinin optimizasyonu yapmışlardır. İşleme etki eden delici tipi, kesme hızı, besleme oranı, nokta açısı faktörlerinin 3'er seviyeleri kullanılarak oluşturulan L9 Taguchi tasarımına göre çalışma gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonucunda delme işlemini etkileyen en etkili faktörün delme tipi olduğu belirlenmiştir.

(Üstünışık, 2007)'de yapmış olduğu çalışmada, Türkiye'deki coğrafi bölgeler ve İstatistiki Bölge Birimleri bazında gelişmişlik sıralamasının belirlenmesi amaçlamıştır. Bu amaçla sistemler arasındaki ilişki yapısını ortaya çıkarmada önemli bir yer tutan gri ilişkiler analizi uygulamıştır. Çalışmada DPT tarafından yapılan "illerin ve bölgelerin sosyoekonomik gelişmişlik sıralaması araştırması" verileri olan 81 ile ait sosyal ve ekonomik alanlardan seçilen 58 değişken kullanmıştır. Sektörel analizler ise yine aynı çalışmada kullanılan ve sektörü temsil ettiği düşünülen göstergeler esas alarak yürütmüştür. Tekniğin uygulanmasında MATLAB paket programından faydalanılmıştır. Sonuçta gri sistem teorisinin mekânsal sosyo-ekonomik farklılıkların ölçülmesinde tutarlı sonuçlar verdiği ortaya çıkmıştır.

(Kopac ve Krajnik, 2007)'de, yan freze parametrelerinin optimizasyonu için Gri İlişkiye dayalı Taguchi Metodu uygulamıştır. Deney tasarımında L18 ortagonal dizisi seçilmiştir. Girdi parametreleri olarak Soğutucu Uygulama (2 seviyeli), Diş Sayısı (3 seviyeli), Kesme Hızı (3 seviyeli), Her bir Diş için Besleme (3 seviyeli), Eksenel Kesme Derinliği (3 seviyeli), Radyal Kesme Derinliği (3 seviyeli) belirlenmiştir. Gri İlişkiler Analiz yöntemi uygulanarak çoklu yanıt performans karakteristikleri tek bir yanıta dönüştürülmüş ve Gri İlişkiler Derece hesaplanmıştır. Prosesin optimum parametre seviyeleri belirlenmiştir.

(Kuo ve ark., 2008)'de yapmış oldukları çalışmalarında, çoklu yanıt simulasyon problemini çözmek için Gri ilişkiye dayalı Taguchi Metodu önermişlerdir. Gri İlişkiler Analiz çok yanıtlı problemleri tek yanıtlı probleme dönüştürerek Taguchi Metoduna uygulanabilir hale getirmektedir. L18 Taguchi tasarımı uygulanmıştır. Prosese etki eden 5 faktör ve 3 seviyesi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Gri İlişkiler Analiz prosedürünün çoklu performans simulasyon problemlerinin çözümünde oldukça basit ve uygulanabilir bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

(Kuo ve Tu, 2009) çalışmalarında, kalenderleme prosesinde gelişmiş kalite kontrol stratejilerini geliştirmek amacıyla, Taguchi Metodunda Gri ilişkiler analizini temel alarak kalender prosesi parametreleri üzerinde ayarlamalar yaparak bir dizi deney gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında girdi değişkenleri olarak kalender basıncı, kalenderleme hızı, kalenderleme sıcaklığı, çıktı değişkenleri olarak yansıma,

su buharı geçrigenliği, kalenderlenmiş kumaşlarda renk farkı seçilmiştir. Çoklu kalite karakteristiklerinin optimizasyonunun tahminlenmesi için gri ilişkiler analizi (L9 deney tasarımı) kullanılmış ve optimum parametre kombinasyonlarına karar verilmiştir.

(2009 yılında, Eşme ve ark.) tarafından yapılan çalışmada Taguchi Tabanlı Gri ilişki çözümlemesi metodu kullanılarak galetaj işleminde yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertliğe etki eden parametrelerin (ilerleme hızı, paso sayısı, galetaj hızı ve baskı kuvveti) etkileri en-küçük-en iyi ve en-yüksek-en iyi performans karakteristiği ile optimize edilmiştir. Doğrulama testi sonucunda optimum seviyedeki parametrelerin kullanılması sonucu yüzey pürüzlülüğü 0.49 µm azalmış ve sertlik 40 HV artmıştır.

(Tzeng ve ark., 2009) çalışmalarında, SKD11 için CNC dönme operasyonu parametreleri Gri İlişkiler Analiz metodu kullanılarak araştırmışlardır. L9 tasarımına göre deneyler yapılmıştır. Kesme Hızı, Besleme oranı, Kesme Derinliği ve Sıvı oranını Kesme faktörleri prosesi etkileyen faktörler olarak belirlenmiş ve her biri için üçer seviye Taguchi tasarımında kullanılmıştır. Dönme operasyonu için optimum parametre kombinasyonu Gri İlişkiler Analiz ile belirlenmiştir. Gri İlişkiler Derece Matrisi kullanılarak kontrol edilebilir proses faktörlerinin kalite hedefleri üzerine etkisi bulunmuştur. Kesme Derinliğinin, ortalama pürüzsüzlüğünü etkileyen en etkili faktör olduğu ve Kesme Hızının da maksimum pürüzsüzlük ve yuvarlaklığı etkileyen en etkili faktör olduğu belirlenmiştir.

(Yılmaz ve Güngör, 2010), çalışmalarında tornalama parametrelerinin optimizasyonu için Gri ilişkiler Analizini kullanmışlardır. Çalışmada SAE/AISI 4140 malzemesindeki iş parçası, 3 farklı malzemedeki takım tutucusu, 3 farklı sertlikte hazırlanmıştır. Amaç, farklı sertlik ve malzemedeki takım tutucularının işleme esnasındaki kesme kuvveti ve titreşim üzerindeki etkilerini incelemektir. Elde edilen verileri, Gri İlişkiler Yöntemine göre değerlendirilmiştir. Deneysel sonuçlarına göre, takım tutucularının sertlikleri ve farklı malzeme yapıları kesme kuvveti ve titreşim üzerinde etkili olmaktadır.

(Su ve ark., 2011), çalışmalarında odaklanan, deneysel kalite karakteristikleri ipliklerde düzgünsüzlük ve mukavemetidir. Gri ilişkiler analizinin cevap grafiklerinden optimum proses parametreleri elde edilmiştir. Deney sonuçlarının

değerlendirilmesinde Varyans Analizi Sinyal/Gürültü Oranı kullanılmıştır. ANOVA kullanılarak, iplik kalite karakteristiklerini etkileyen önemli faktörler elde edilmiştir. Sonuç olarak güvenilirlik ve tekrar üretilebilirlik, deneylerin güvenilirliliğinin %95 güven aralığı ile doğrulanmıştır.

(2011 yılında, Yıldırım) yapmış olduğu çalışmada, bir çamaşır makinesi modelinin kalite karakteristiklerine etki eden faktörler ve her bir faktör için seviyeler belirlenmiş, ardından faktörlerin hangi seviyelerinde kalite karakteristiklerini eniyilediği tespit etmeye çalışmıştır. Bu amaç doğrultusunda Taguchi yöntemi ile birlikte Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri olan Gri İlişkiler Analiz (GRA), TOPSIS, MOORA, VIKOR metodları ürün kalite karakteristiklerinin en iyi faktör düzeylerinin belirlenmesinde ayrı ayrı ele almış ve elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Inocel 718 yüksek hızlı çevirme işleminde yüzey pürüzlülüğünü ve kesme gücünün optimizasyonu için (Pawade ve Joshi, 2011)'de Taguchi Gri İlişkiler Analizi kullanılmıştır. Çalışmada L27 ortogonal dizin uygulanmıştır. Deney planında 4 faktör (Kesme Hızı, Besleme Oranı, Kesme Derinliği, Kenar Geometrisi) 3 seviyeli olarak yer almıştır. Gri ilişkiler Analizi sonucunda Kesme Hızının 3. seviyesi, Besleme Oranının 2. seviyesi, Kesme Derinliğinin 1. seviyesi, Kenar Geometrisinin 2. seviyesi optimum deney parametreleri olarak belirlenmiştir.

(İç ve Yıldırım, 2012)'de, çalışmalarında ilk olarak bir çamaşır makinesi modelinin kalite karakteristiklerine etki eden faktörler ve her bir faktör için seviyeler belirlenmiş, ardından faktörlerin hangi seviyelerinde kalite karakteristiklerini eniyilediği çalışma kapsamında geliştirilen bir deney tasarımı modeli kullanılarak analiz etmişlerdir. Son aşamada ise modelden elde edilen sonuçlar doğrultusunda faktörlerin en iyi seviyeleri tespit etmişlerdir. Çalışmada kullanılan modelin geliştirilmesi ve sonuçların elde edilmesinde Taguchi yöntemi ile birlikte Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri olan Gri İlişkiler Analiz (GRA), TOPSIS (İdeal Çözümlere Yakınlık Yoluyla Tercihlerin Sıralanması Tekniği) ve VIKOR (Vlse Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje-Çok Kriterli Eniyileme ve Uzlaşık Çözüm) yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Farklı yöntemlerden elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmış ve en iyi faktör kombinasyonları belirlenmiştir.

(Khan ve ark., 2012)'de yapmış oldukları çalışmada EN52 çeliklerinde puntasız silindirik taşlama işleminin optimizasyonunda gri ilişkiler analizine dayalı çoklu performans karakteristikleri metodu uygulanmıştır. Çalışmada L9 ortogonal dizisine dayalı olarak deneyler yapılmıştır. Makine parametrelerinin her bir seviyesi için yanıt tabloları ve yanıt grafikleri gri ilişkiler derecesi kullanılarak elde edilmiştir. Puntasız silindirik taşlama işleminin optimizasyonunda 4 faktör ve her bir faktör 3 seviyeli olarak incelenmiştir. Yanıt değişkenleri yüzey pürüzlülüğü ve dış silindiriklik olarak seçilmiştir. Gri ilişkiler derecesinin analizi sonucunda optimum yanıt değişkenleri soyulma beslemesinin (dressing feed) 1. seviyesinde (5 mm/dk), taşlama beslemesinin (grinding feed) 2. seviyesinde (6 mm/dk), bekleme süresinin (dwell time) 2. seviyesinde (2,5 saniye) ve çevrim süresinin (cycle time) 2. seviyesinde (11 saniye) bulunmuştur. Bu yaklaşım kullanılarak performans karakteristiklerinin iyileştirilebilineceği görülmüştür.

(Hasani ve ark., 2012) çalışmalarında, Open-end ipliklerin eğrilmesinde optimum proses parametrelerinin bulunmasında gri ilişkiler analizi kullanmışlardır. Taguchi L27 ortogonal dizin kullanılarak deneyler yapılmıştır. 5 faktör (İplik Numarası, Rotor Hızı, Rotor Çapı, Açıcı Hızı ve Navel Tipi) 3 seviyeli (İplik Numarası 12 Ne, 16 Ne, 20 Ne; Rotor Hızı 41000 rpm, 48000 rpm, 53000 rpm;, Rotor Çapı 54 mm, 66 mm, 48 mm; Açıcı Hızı 9700 rpm, 8400 rpm, 7350 rpm; Navel Tipi 8 oluklu, 4 oluklu, oluksuz) olarak deney planında yer almıştır. Gri İlişkiler Analizi sonucunda İplik Numarası faktörünün 2. seviye olan 16 Ne'de , Rotor Hızı faktörünün 2. seviye olan 48000 rpm' de , Rotor Çapı faktörünün 2. seviye olan 66 mm'de, Açıcı Hızı faktörünün 2. seviye olan 8400 rpm'de ve Navel Tipi faktörünün 3. seviye olan oluksuz da optimum seviyeleri elde edilebilmiştir.

Optimum lazer kaplama parametrelerinin değerlendirilmesinde gri ilişkiler tabanlı Taguchi yöntemini (Mondal ve ark., 2013)'de yapmış oldukları çalışmada uygulamışlardır. Taguchi'nin L9 deney planına göre deneyler yapılmıştır. Faktörler Laser Gücü, Tarama Hızı ve Toz Besleme Hızı olarak seçilmiştir. Her bir faktör 3'er seviyeli olarak deney planında yer almıştır. Laser Gücü faktörünün 2. seviyesinde, Tarama Hızı faktörünün 2. seviyesinde ve Toz Besleme Hızı faktörünün 3. seviyesinde performans karakteristikleri için optimum şartlar belirlenmiştir.

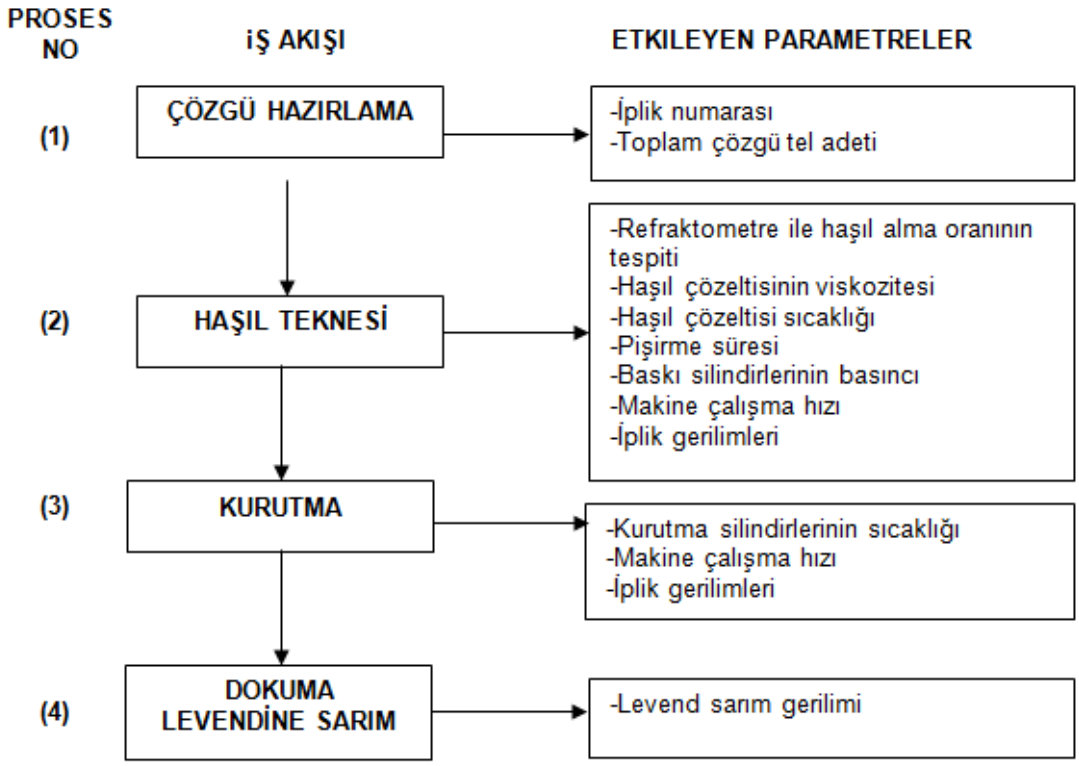
(Julong, 1989)'da Gri İlişkiler Sisteminin teorisini tanıtmış ve yukarıda yapılan çalışmalar dışında da (Chan ve Wu, 1998)'de, (Hsu ve Wen, 2000)'de, (Wu, 2002)'de, (Lo, 2002)'de, (Lin ve Ho, 2003)'de, (Huang ve Liao, 2003)'de, (Fung, 2003)'de, (Kuo ve Su, 2003)'de, (Wen, 2004)'de, (Fung ve Kang, 2005)'de, (Tong ve ark., 2005)'de, (Liao, 2006)'da, (Antony ve ark., 2006)'da, (Pan ve ark., 2007)'de, (Balasubramanian ve Ganapathy, 2011)'de, (Rajyalakshmi ve Venkata Ramaiah, 2013)'de, çalışmalarında Gri İlişkiler Analizine dayalı Taguchi Metodunu uygulamışlardır.

3. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada ***İplik değerleri*** (çözgü ipliği numarası), ***Haşıl maddesi ve reçetesi*** (farklı haşıl karışımının iplik üzerine etkisi), ***Haşıl Makinesi Ayarları*** (ipliğin haşıldan geçiş süresinin değişimi) göz önüne alınarak haşıl prosesinin optimizasyonu sağlanmaya çalışılmıştır.

3.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılacak materyali belirlemek için önce çalışma parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Şekil 3.1'de haşıl prosesinin iş akış diyagramı verilmiştir. İş akışında temel adımlar çözgü hazırlama, haşıllama işlemi, haşıllı ipliğin kurutulması, haşıllanan ipliğin dokuma levendine sarımı şeklindedir. Burada iplik numarasının çalışma parametrelerinde etkili olduğu görülmüştür.



Şekil 3.1. Haşıl Prosesi İş Akış Şeması

Çalışmada yapılan ön denemelerde dokuma işlemi sırasında ince numaralı iplikleri haşıllamanın kalın ipliklere göre daha önemli olduğu görülmüştür. Bu tespitten sonra tez çalışmasında gömleklik amacıyla üretilen ince ipliklerin ve haşıllamanın kısa lif iplikçiliğinde özellikle pamuk ipliğinde tercih edilmesi nedeniyle de materyalin pamuk olmasına karar verilmiştir. Bu tespitler ışığında tez konusu için ***Ne* 50/1 *Pamuk, Ne 60/1 Pamuk, ve Ne 70/1 Pamuk*** iplikler seçilmiştir.

3.2. Metod

Çalışmada kullanılan veriler için işletmede doğrudan gözlem yoluyla ölçüm yapılmış ve elde edilen verilerin bilgisayar destekli istatistiksel analizi yapılmıştır. Haşıl prosesi ile ilgili olarak tespit edilen çalışma parametreleri incelenmiş ve optimizasyon çalışması yürütülmüştür.

Tez kapsamında yapılacak deneysel çalışmanın boyutunu belirlemek için iş etüdü ve maliyet analizi yapılmıştır. Çizelge 3.1'de yapılan iş etüdü görülmektedir. Bu proseste 1000 m çözgü ipliği için yapılan işler yaklaşık 252 dk sürmektedir. Bu etütte bu işler için iki personel istihdam edildiği tespit edilmiştir. 1000 m çözgü ipliği için iki personel 4 saat çalışmaktadır. Deney planı hazırlanırken, deneylerin bir işletmede yapılacağı göz önüne alınarak bu süreye dikkat edilmiştir. Sürenin işletme koşullarında uzun olması yapılması düşünülen deneysel çalışmada deneylerin tekrarının yapılmasının zor olacağı gibi bir sonuç doğurmuştur.

Deney planı hazırlanırken bir deneyin alacağı süre parametresinin yanı sıra maliyete de dikkat edilmiştir. Bu nedenle detaylı şekilde maliyet analizi yapılmıştır. Sabır ve Sarpkaya, 2011'de yaptıkları çalışma da bu maliyeti 1000 m çözgü ipliği için 2009 yılı verileriyle 214 TL olarak vermişlerdir. 2014 yılı itibariyle bu analiz 1 m'lik çözgü ipliğinin haşıllama işleminin işletmeye maliyeti 0,314 TL şeklinde güncel olarak yeniden hesaplanmıştır. 1000 m çözgü ipliği için bu maliyet 314 TL olacaktır. 1000 m'lik çözgü ipliği haşıl maliyeti 5 yılda 100 TL artış göstermiştir. Maliyet analizinde iki personelin maliyeti dahil edilmemiştir. Bu maliyetin %73,25'ini kullanılan doğal gaz maliyeti **(**TL/m), %0,21'ini haşıl makinesinin çektiği enerji tüketim maliyeti (kWh), %16,96'sını kullanılan nişasta maliyeti

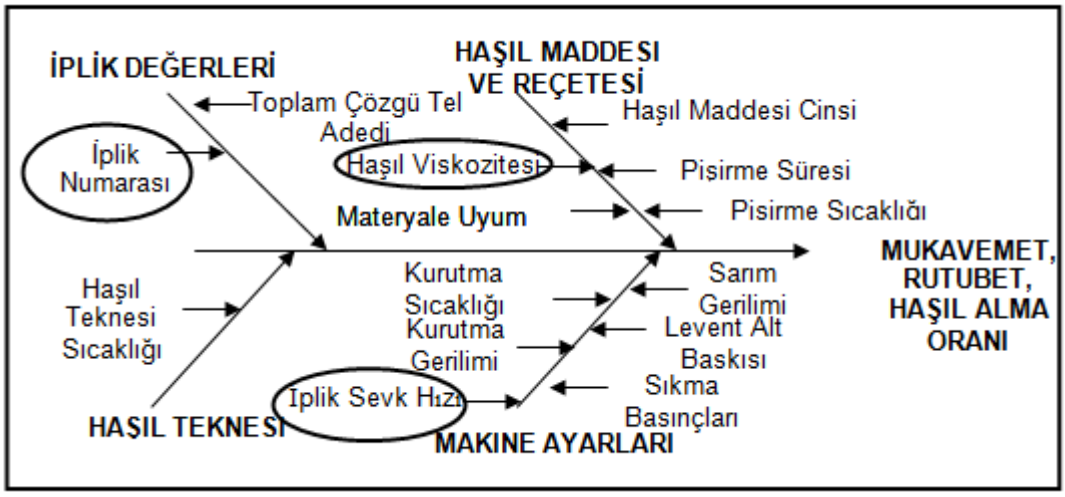
(TL/kg), %7,91'ini kullanılan yapıştırıcı maliyeti (TL/kg), %1,81'ini kullanılan vaks maliyeti (TL/kg) oluşturmaktadır.

Çizelge 3.1.Haşıllama İşlemi İş Etüdü (1000 m'lik çözgü ipliği için)

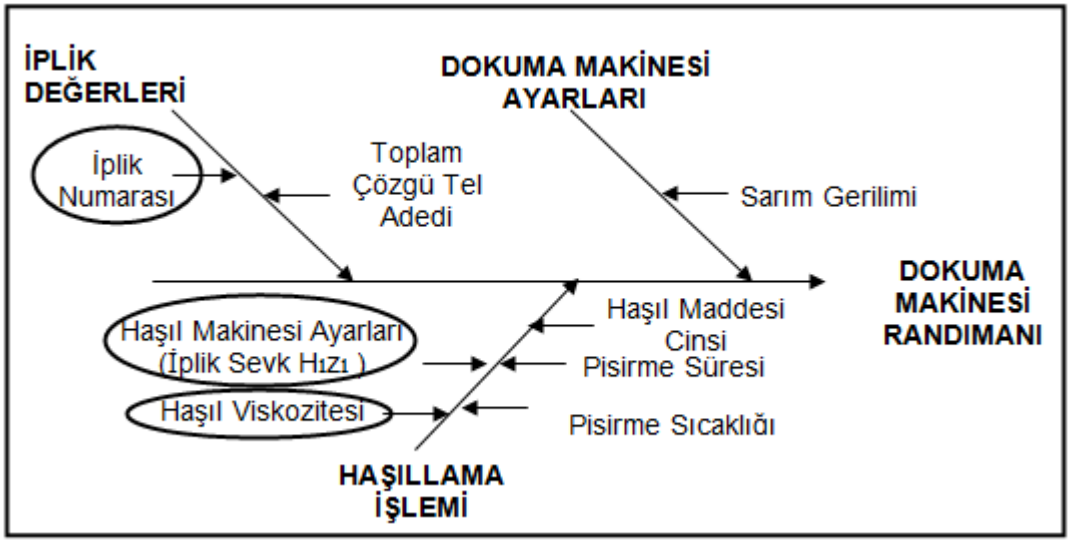
HAŞILLAMA İŞLEM BASAMAKLARI VE İŞLEM SÜRELERİ					
	İŞLEM NO	**İŞLEM (2 iş gücü için)**	**SÜRE (dk)**	**İŞ GÜCÜ**	**MAKİNE**
HAŞILLAMA ÖNCESİ	**1**	Çözgü hazırlama	60	**ü**	
	2	Haşıl çözeltisinin hazırlanması	60	**ü**	**ü**
	2	Bir önceki leventlerin sehpadan indirilmesi (6 Levent)	24		**ü**
	3	Leventlerin sehpaya bindirilmesi (6 Levent)	24		**ü**
	4	Çözgülerin makineye doğru çekilmesi	3,57		**ü**
	5	Çift tekne için çözgülerin birbirinden ayrılması	2,8	**ü**	
	6	Teknelere çözgülerin kılavuz çözgülerle bağlanması	1,15	**ü**	
	7	Tekne silindirlerinin yıkanması	1,33	**ü**	
	8	Ayırma iplerinin atılması	1	**ü**	
	9	Çözgülere bant atılması	3,36	**ü**	
HAŞILLAMA	**10**	Haşılın tekneye alınması	10,46		**ü**
	11	Yaş ayırma işlemi	10,3	**ü**	
HAŞILLAMA SONRASI	**12**	Çözgülerin öne çekilmesi	4,37		**ü**
	13	Tekneden haşıllanan çözgü ipliklerinin kurutma silindirlerine alınması	28,79		**ü**
	14	Kılavuzların takılması	16	**ü**	
		Toplam (dk)	251,13		

Tezde üretilen haşıllı ipliklerin daha sonra dokuma işletmesinde kullanımı da planlandığından bu dokuma prosesi de deneysel çalışmanın kapsamını etkilemiştir.

Seçilmiş işletmelerde yapılan etütler; haşıllama işlemi sonunda belirlenmesi gereken en önemli çıktıların çözgü ipliği mukavemeti, rutubet, haşıl alma oranı ve dokuma makinesi randımanı olduğunu göstermiştir. Bu nedenle bu parametreleri etkileyen girdi parametreler tespit edilmiş ve şekil 3.2 ve şekil 3.3'de neden-sonuç diyagramlarıyla gösterilmiştir. Çözgü mukavemeti, rutubet, haşıl alma oranı, dokuma makinesi randımanı kalite özelliklerine etki eden parametreler belirli bir etüt süresince incelenmiş ve etkenler içinde en etkili olanlar tespit edilmiştir (kümülatif toplamda en az %70). En etkili parametrelerin iplik numarası, haşıl viskozitesi ve iplik sevk hızı olduğuna karar verilmiştir (Diyagram üzerinde işaretli kısımlar). Önceki çalışmalarda haşıl reçetesinin bahsedilen çıktı parametrelerini etkilediği belirtilmektedir (Ay, 1998).



Şekil 3.2. Mukavemet, Rutubet ve Haşıl Alma Çıktısı için Neden-Sonuç Diyagramı



Şekil 3.3. Dokuma Makinesi Randımanı Çıktısı için Neden-Sonuç Diyagramı

Böylece tez çalışmasını kısıtlayan zaman, maliyet gibi unsurlar belirlenmiş olup, optimizasyon çalışmasına girecek girdi parametreleri ile en iyilenecek çıktı parametrelerine karar verilmiştir. Kısıtlayıcı faktörler ve işletmedeki yapılabilirlik koşulları dikkate alınarak en uygun optimizasyon tekniğine karar verilmiştir. Haşıl prosesinin işlem süresi ve maliyeti nedeniyle tam faktöriyel deney tasarımı yerine daha az deneyle uygun sonuç bulunabilen Taguchi optimizasyonu ile çalışmanın yapılabileceği görülmüştür. Buna göre hazırlanan deney tasarımı aşağıda verilmiştir. Taguchi Metodu ise sonraki bölümde açıklanmıştır.

3.2.1. Deney Tasarımı

Çalışmada izlenen yol en genel haliyle aşağıdaki gibidir.

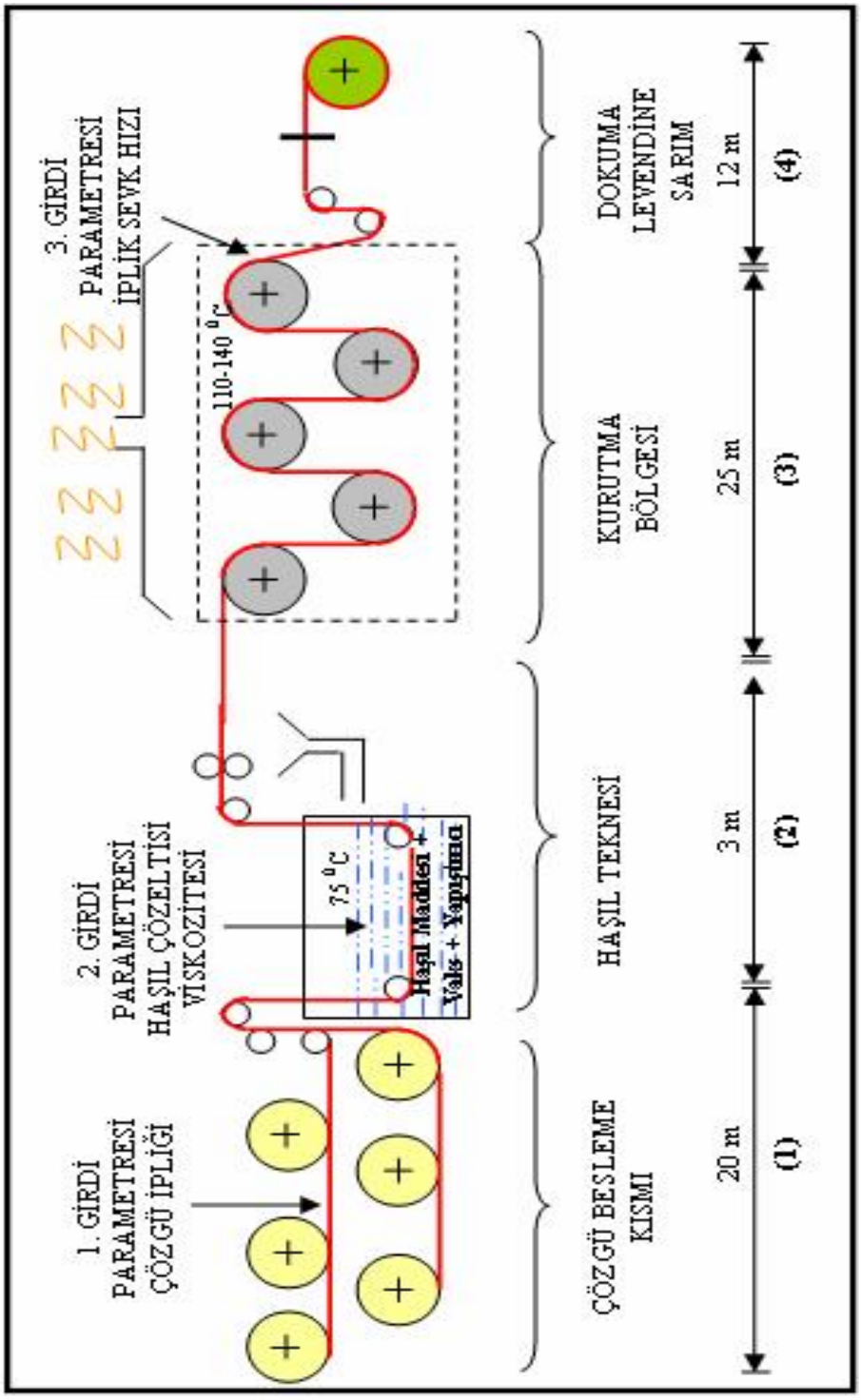
- Prosesin girdi ve çıktı parametreleri belirlenmesi,
- Taguchi Metodu ile deney planına karar verilmesi,
- İşletmede uygulama yapılması,
- Deney planına göre elde edilen deney sonuçlarının kaydedilmesi,
- Gri ilişkilere dayalı Taguchi yaklaşımıyla çoklu yanıt performans kriterlerinin tek yanıta dönüştürülerek girdi değişkenlerinin optimum seviyelerinin

bulunması. Minitab 15® paket programı kullanılarak istatistiksel olarak incelemesinin yapılması

- ANOVA analizi yapılarak girdi parametrelerinin hangisinin daha etkili olduğunun belirlenmesi.
- Tahmin edilen girdi parametrelerinin optimum seviyelerine doğrulama deneyi yapılarak seçilen başlangıç kombinasyon seviyelerine göre yapılan deneye göre kalitedeki iyileşmenin belirlenmesi.

3.2.1.1. Prosesin Girdi ve Çıktı Parametreleri Belirlenmesi

Haşıllama prosesi için şekil 3.4'de geleneksel haşıl makinesinin bölümleri görülmektedir. Haşıl makinesi temel olarak besleme kısmı, haşıl teknesi, kurutma bölgesi ve dokuma levendine sarım bölümlerinden oluşmaktadır. Tez çalışmasında buradaki prosesin aynısı kullanılmıştır. Haşıl prosesi için belirlenen girdi parametreleri olan çözgü iplik numarası, haşıl çözeltisi viskozitesi ve iplik sevk hızı şekil üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Haşıl Makinesi Bölümleri (Sabır ve Sarpkaya, 2011)

Haşıl prosesine etki eden faktörler ve haşıllama prosesi sonucu elde edilen proses çıktıları ise Çizelge 3.2'de özet şeklinde verilmektedir.

Çizelge 3.2. Haşıl Prosesine Etki Eden Faktörler Ve Haşıllama Prosesi Sonucu Elde Edilen Proses Çıktıları

Deney Parametreleri: (Girdi Değişkenleri)	**Çıktılar:** (Yanıt Değişkenleri)
- Hız (m/dk) - Viskozite (Ns/m^2) - İplik Numarası (Ne)	- Haşıl alma (%) - Rutubet (%) - Randıman (%) - Mukavemet (cN/tex)

Hız girdisi haşıllanacak çözgü ipliğinin kurutma silindirlerinden geçmesini ifade etmektedir. İpliğin kurutma silindirlerinden yavaş veya hızlı geçmesi ipliğin üzerindeki rutubet oranını etkilemektedir. İplik gereğinden fazla nemli ya da fazla kuru kalarak dokuma işletmesinde randıman kayıplarına sebep olabilmektedir.

Viskozite girdisi haşıl çözeltisinin akışkanlığını belirlemektedir. Gereğinden fazla akışkan veya gereğinden fazla katı haşıl çözeltisinden geçirilen çözgü ipliklerinin haşıllaması problemli olabilmektedir. Bu nedenle ileriki proseste bu girdiden kaynaklı hatalara rastlanabilmektedir.

İplik Numarası girdisinde de iplik cinsi ve inceliğine göre uygun haşıl maddesi seçilerek, uygun makine ayarlarında ipliklerin haşıllaması yapılmaktadır.

Çizelge 3.2'de belirtilen proses çıktıları aşağıda ayrıntılı şekilde ifade edilmektedir.

a) Çözgü İpliği Mukavemeti: Haşıllanmış ipliklerin bir sonraki aşama olan dokuma makinesinde maruz kalacakları işlemlere dayanıklı olabilmesi için mümkün olan en yüksek mukavemete sahip olması istenir. Çalışmada, **i**plik mukavemetlerinin ölçümü için TITAN mukavemet test cihazı (Şekil 3.5) kullanılmış ve testler EN ISO 2062 standardına göre yapılmıştır.



Şekil 3.5. TITAN Mukavemet Test Cihazı (Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 2013)

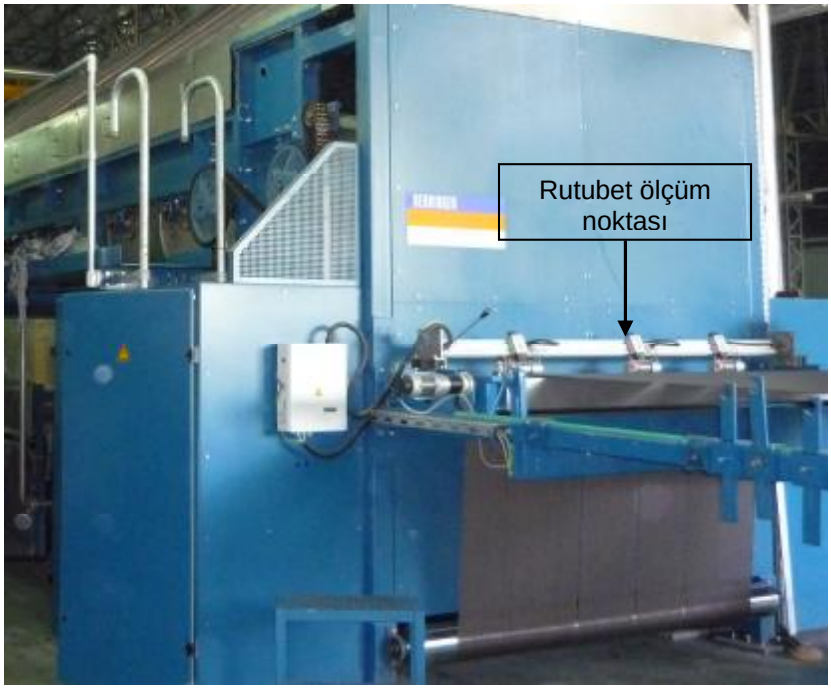
b) Haşıl Alma Oranı: Çözgü ipliğinin haşıl çözeltisini üzerine alma oranı haşıl alma oranı şeklinde ifade edilir. (Eşitlik 3.1). İşletmelerde haşıllanacak çözgü ipliğinin üzerine optimum oranda haşıl alması beklenmektedir. Bu oran %11-13 arasında değişebilir. Haşıl alma oranı çözgü ipliği cinsi, kullanılan üretim sistemi ve iplik numarasına göre farklılık gösterebilmektedir (Eren, 2009).

$$\frac{KHÇMxREFRAKTO}{(HMxÇTS)/(Nex1{,}693)} \qquad (3.1)$$

Burada; KHÇM: Kullanılan Haşıl Çözeltisi Miktarı (lt) , Ne: İplik Numarası (Ne) , HM: Haşıllanan Metre (m), ÇTS: Çözgü Tel Sayısı (Adet), Refrakto: Işığın geliş açısı ile çözeltide kırılma açısının oranıdır.

c) Rutubet (%): Haşıl makinesinden çıkacak haşıllanmış çözgü ipliklerinin bir sonraki aşama olan dokuma makinesine gönderilirken üzerlerinde bulunması gereken ve ticari sınırlar içerisinde olması istenen bir nem değerinde makineden çıkması

gerekmektedir. Şekil 3.6'da makine üzerinde rutubet ölçüm noktası ve cihaz görülmektedir. Cihaz kurutma silindirlerinden çıkan haşıllı ipliğin nemini ölçerek istenen set değerine göre makine geçiş hızını ayarlamaktadır. Rutubet (%) değeri haşıl prosesinden geçen iplik elyaf cinsine göre farklılık göstermekle birlikte, pamuk iplikleri için %8, keten iplikleri için %10, polyester-viskon karışımlar için ise %6 civarındadır.

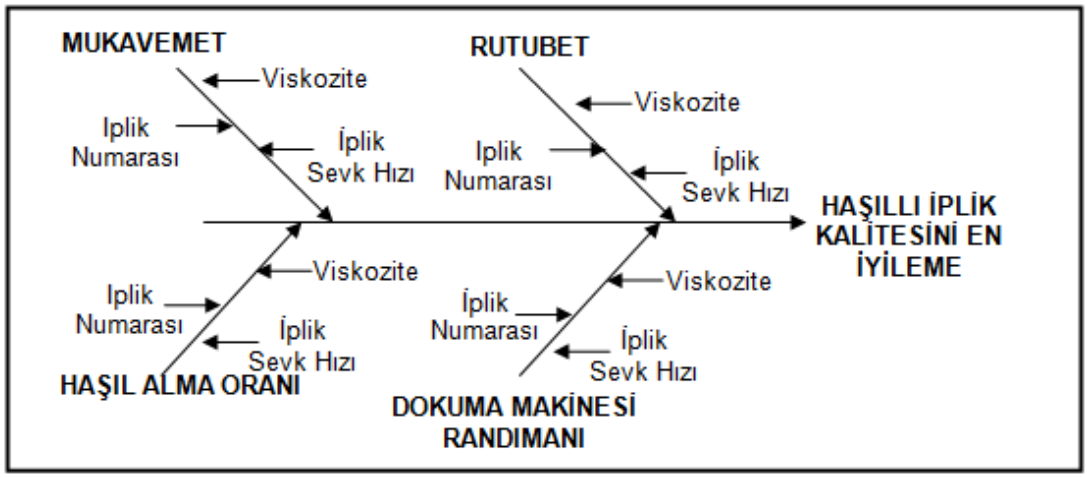


Şekil 3.6. Haşıl Makinesi Üzerinde Rutubet Ölçüm Noktası

d) Dokuma Makinesi Randımanı: Haşıllı ipliklerin dokuma makinesinde maruz kaldığı kuvvetlere karşı nasıl bir davranış gösterdikleri çözgü kopuşlarının sayısı, dolayısıyla dokuma makinesi duruş sayısı dokuma makinesi randımanıyla ifade edilebilir. Çalışmada 1000 m çözgü ipliğinin dokunması sırasındaki çözgü kopuş sayısı ölçülerek dokuma makinesi randımanı belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan dokuma makineleri, Vamatex (2002 model) markadır. Kumaşlar dokuma makinesinde genellikle gömleklik kumaşlar için yaygın olarak kullanılan Bezayağı örgüsü şeklinde ve 560 d/dk hız ile dokunmuştur.

3.2.1.2. Deney Planına Karar Verilmesi

Deney planına karar verilmeden önce Yıldırım'ın (2011) verdiği kalitenin en iyilenmesi Neden-Sonuç diyagramı tez çalışmasına uygun olarak düzenlenmiş ve Şekil 3.7'de verilmiştir. Diyagramda görülen Mukavemet, Rutubet, Haşıl Alma Oranı ve Dokuma makinesi randımanı parametreleri gerçekte ayrı ayrı en iyilenecek çıktılardır. Klasik gösterimde aslında her bir kalite parametresi için ayrı Neden-Sonuç diyagramı çizilir (Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'deki gibi). Gri İlişkilere Dayalı Taguchi Metodu kullanılacağından tez çalışmasında kullanılacak yöntem gereği şekil 3.7'deki gibi bir yaklaşım benimsenmiştir. Şekilde haşıllı iplik kalitesinin en iyilenmesini gösteren Neden-Sonuç diyagramı etki eden Mukavemet, Rutubet, Haşıl Alma Oranı ve Dokuma makinesi randımanı için faktörler, bu faktörlere etki eden parametreler görülmektedir.



Şekil 3.7. Neden-Sonuç Diyagramı: Ürün Kalite Karakteristiğine Etki Eden Mukavemet, Rutubet, Haşıl Alma Oranı ve Dokuma Makinesi Randımanı İçin Faktörler

İplik Sevk Hızının Belirlenmesi: İşletmelerde genellikle kullanılan hız 60, 70 ve 80 m/dk seviyelerindedir. Çalışmada bu geleneksel kullanımın dışından daha düşük 2 hız seviyesi (40, 50 m/dk) ve daha yüksek 1 hız seviyesi (90 m/dk) de dikkate alınarak iplik sevk hızları 6 farklı seviyede seçilmiştir.

Viskozitenin Belirlenmesi: Viskozite girdi değişkeni de deney tasarımında 3 farklı seviye de belirlenmiştir. Bu değişken seviyeleri belirlenirken işletme şartlarında genel olarak kullanılan değer, bu değerin üstü ve altında gözlemler yapılmıştır.

Çizelge 3.3'de viskozite 14 Ns/m^2, viskozite 20 Ns/m^2 ve viskozite 24 Ns/m^2 için kullanılan haşıl reçeteleri verilmiştir. Çizelge 3.3 incelendiğinde viskozitenin artmasını, nişasta miktarının artması ile sağlanmıştır. Bu reçetelerle hazırlanan haşıl çözeltisi öncelikle pişme kazanlarında 75 ^0C'de pişirilmiş ve 1 saat bekletilerek, yine aynı sıcaklıkta haşıl teknesine alınarak çözgü ipliklerine uygulanmıştır.

Çizelge 3.3. Kullanılan Haşıl Reçeteleri

Haşıl Çözeltisi Maddeleri	**Viskozite 14 (Ns/m^2)**	**Viskozite 20 (Ns/m^2)**	**Viskozite 24 (Ns/m^2)**
SU (Kg)	500	500	500
NİŞASTA (Kg)	50	75	85
VAKS (Kg)	2,5	2,5	2,5

Çözgü İplik Numarasının Belirlenmesi: Deney tasarımında çözgü iplik numara seviyeleri de 3 farklı seviyede olup materyal bölümünde belirtildiği üzere ince numaralarda çalışılmaya karar verilmiştir (Ne 50/1, Ne 60/1, Ne 70/1).

Sonuç olarak, seçilen girdi parametreleri ve seviyeleri Çizelge 3.4'de gösterilmiştir. Çizelgede faktörler ve seviyelerine göre tam faktöriyel deney tasarımında yapılması gerekli deney sayısı 54 olacaktır. Ancak; daha önce ifade edildiği gibi Taguchi Yöntemiyle deney sayısı 18 olacak şekilde azaltılmıştır. Taguchi Yöntemiyle daha az deney yapılabilmektedir. Metot; seçilebilecek deney tasarımlarına göre farklı seçenekler ortaya koymaktadır. Bu seçenekler Metodun açıklandığı bir sonraki kısımda görülebilir. Metodun önerdiği; eşit olmayan seviyeler içinde bu çalışma için en uygun tasarımın L18 (mixed 3-6 Level) olduğu, düzenin ise Çizelge 3.4'deki gibi olduğu görülmüştür. Bu yöntemle 2. Bölümde verilen literatürün de desteklediği gibi daha az deney yapılarak genel sonuca ulaşılabilmektedir. L18 (mixed 3-6 Level) düzenine göre ilk faktör seviyesi 6, 2.

Faktör seviyesi 3 ve 3. Faktör seviyesi 3 olmalıdır. Faktörler ve Seviyelerinin seçimi ile ilgili bilgi önceki bölümde detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 3.4. Seçilen Deney Tasarımı L18 (Mixed 3-6 Level) (Minitab Inc., 2000)

Faktor No (Harf Kodu)	**Adı**	**Seviye**	**Değer**
1(A)	İplik Sevk Hızı m/dk,	6	40, 50, 60, 70, 80, 90
2(B)	Viskozite, Ns/m^2	3	14, 20, 24
3(C)	İplik Numarası, Ne	3	50/1, 60/1, 70/1

Taguchi L18 (Mixed 3-6 Level) deney tasarımının geniş planı Çizelge 3.5'de verilmiştir. Deney tasarımının deney sayısı 18'dir. Çizelgede A, B, C Faktörleri göstermektedir. Çizelge 3.5 (a) her faktörün seviye numarasını içeren kodlu gösterimi, 3.5 (b) ise bu seviyelerin sayısal gösterimini vermektedir. Örneğin 13 nolu deneyde A faktörünün 5. seviyesi (yani 80), B faktörünün 1. seviyesi (yani 14) ve C faktörünün 2. seviyesi (yani 60/1) kullanılacaktır.

Faktörler ve seviyelerinin numaralandırılmasında belli bir kural yoktur. Ancak verinin sıralanışında doğal sayısal sıra kullanılmıştır. Örneğin İplik Sevk Hızı düşükten yükseğe sıralandığında 40, 50 ,60, 70, 80, 90 şeklinde ilerlemiştir. Buna karşılık seviyeler de 1, 2, 3, 4, 5, 6 şeklindedir.

Çizelge 3.5. Seçilen Deney Tasarımı L18 (Mixed 3-6 Level) İçin Deney Planı

(a) Deney Planının Kodlu Hali

Deney No	**A (Hız m/dk)**	**B (Viskozite Ns/m^2)**	**C (Numara Ne)**
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	1
5	2	2	2
6	2	3	3
7	3	1	2
8	3	2	3
9	3	3	1
10	4	1	3
11	4	2	1
12	4	3	2
13	5	1	2
14	5	2	3
15	5	3	1
16	6	1	3
17	6	2	1
18	6	3	2

(b) Deney Planının Kodlanmamış Hali

Deney No	**A (Hız m/dk)**	**B (Viskozite Ns/m^2)**	**C (Numara Ne)**
1	40	14	50/1
2	40	20	60/1
3	40	24	70/1
4	50	14	50/1
5	50	20	60/1
6	50	24	70/1
7	60	14	60/1
8	60	20	70/1
9	60	24	50/1
10	70	14	70/1
11	70	20	50/1
12	70	24	60/1
13	80	14	60/1
14	80	20	70/1
15	80	24	50/1
16	90	14	70/1
17	90	20	50/1
18	90	24	60/1

3.2.1.3. Taguchi Metodu ile Optimizasyon

Temel olarak deney tasarımı yöntemleri 1930'lu yılların başında tarımsal araştırmalarda kullanılmak üzere Fischer tarafından geliştirilmiştir. Ancak bu klasik deney tasarım yöntemleri kullanımları endüstriyel şartlar altında çok da verimli ve

sağlıklı olmamaktaydılar. Sistemi etkileyen faktörlerin sayısı arttıkça gerekli olan deney sayısı da çok hızlı şekilde artmaktaydı.

Değişkenliğin azaltılmasını deney tasarımlarında uygulayan ilk kişi Genichi Taguchi'dir. Kendi adıyla anılan yaklaşımı ile deneylerin gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesindeki verimliliği artıracak bir çözüm getirmiştir. Bu sayede deney öncesinde yapılan ayrıntılı analiz ve değerlendirmelerle gereken deney sayısını önemli şekilde düşürmek mümkün olmuştur. Taguchi Metodu bir deney tasarım tekniği olmanın ötesinde yüksek kalitede sistem tasarımı için son derece faydalı bir tekniktir. Diğer taraftan deney sayısında elde edilen azalma, faktörler arasındaki etkileşimlerin belirli ölçüde göz ardı edilmesinden kaynaklanmaktadır (Savaşkan ve ark.,2004; Aytaç ve ark., 2008).

"Endüstriyel şartlar göz önüne alındığında hem bu deneyleri ekonomik şartlar ve zamansal kısıntıları gözeterek en verimli şekilde gerçekleştirebilmek, hem de sonuçları doğru yorumlayabilmek için (kontrol edilebilen ve edilemeyen faktörler ile çıktılar arasındaki ilişkiyi tespit edebilmek ve optimizasyonu gerçekleştirebilmek için) deney tasarımı yöntemlerinin uygulaması son derece verimli bir yaklaşımdır. Ayrıca kalite ve verimliliği artırmak amacıyla uygulanan tüm diğer yöntem ve metotları destekleyici, yönlendirici rolü vardır. Bu modern yaklaşım çerçevesinde Taguchi Deney Tasarımı Metodu optimizasyon problemlerinin çözümünde başarılı bir metot olarak ortaya çıkmaktadır. Taguchi Metodu, çözümün sadece en az sayıda deneyle elde edilmesini sağlamakla kalmaz, yüksek kalitede proses ve ürün geliştirilmesini her açıdan destekler. Buna, prosesin veya ürünün üretim şartlarına ve kontrol edilemeyen faktörlere karşı minimum hassasiyeti göstermesi, gerekli toleransların en düşük maliyetle sağlanması ve Taguchi kayıp fonksiyonu sayesinde ürünün toplumda yol açtığı kaybı minimize ederek yeni bir kalite maliyeti anlayışı çerçevesinde değerlendirilmesi de dahildir.

Deneyler sırasında incelenecek faktörlerin ve seviyelerinin belirlenmesinden sonra yapılacak deneylerin belirlenmesi aşaması gelmektedir. Taguchi Deney Tasarımı Metoduna göre seçilecek dik düzenin belirlenmesi için tespit edilecek ilk veri, toplam serbestlik derecesidir. Serbestlik derecesi kısa tanımı ile hangi seviyenin

optimum sonucu vereceğini belirlemek için tasarım parametreleri arasında yapılması gereken karşılaştırma sayısını gösterir.

Taguchi Deney Tasarımı yönteminde elde edilen deney sonuçları sinyal/gürültü (S/N) oranına çevrilerek değerlendirilmektedir. Sinyal/gürültü oranı değeri küçük değer iyi, büyük değer iyi, nominal değer iyi olarak kalite değerinin hedeflendiği değere göre farklı şekillerde hesaplanır ve analiz edilir.

Hangi S/N oranı değerlendirilmede kullanılırsa kullanılsın, sonuç olarak karşımıza çıkan değerlerde daha büyük olan S/N oranı daha iyi deney sonucunu ifade eder. Böylelikle deneylerde ele alınan faktörlerin seviyeleri içerisinde en yüksek S/N oranına sahip olan değerler en iyi performansı verecektir. Bunun yanı sıra varyans analizi (ANOVA) ile hangi proses üzerinde hangi faktörlerin ne derecede önemli oldukları istatistiksel olarak ortaya konulur. Hem S/N oranı, hem de varyans analizi yardımı ile de faktörlerin, prosesi optimum performansa ulaştıracak kombinasyonu tespit edilir.

Diğer önemli bir nokta ise deney tasarımının dengeli olmasıdır, yani faktörlerin birbirinden bağımsız olarak değerlendirebilmesini sağlaması ve bunun için de tasarımda faktörlerin farklı seviyeleri için her test edilen şart altında eşit sayıda örnekleme yapılmasıdır. Taguchi'nin standart tasarımları bu sistem üzerine kurulmuştur.

Taguchi Metodunda proses veya ürün için optimum performansın elde edileceği deney parametreleri belirlenecek, deneyde ele alınan faktörlerin kalite değeri üzerindeki etkisi tahmin edilebilecek ve optimum deney parametreleri sonucunda elde edilebilecek kalite değeri öngörülebilecektir" (Savaşkan ve ark.,2004).

Taguchi Metodu ürünün veya prosesin temel fonksiyonlarını geliştirmeye odaklanmaktadır. Aslında ürün maliyetlerinin düşürülmesinde, kalitenin iyileştirilmesinde ve gelişme aralığının azaltılmasında en uygun metottur. Taguchi Metodu temel olarak 3 aşamadan meydana gelmektedir. Bu aşamalar aşağıda verilmiştir.

1. **Sistem Tasarımı**: Bilimsel ve mühendislik prensipleri kullanılarak temel konfigürasyon belirlenir.
2. **Parametre Tasarımı:** Sistem parametrelerinin spesifik değerleri belirlenir. Parametre tasarımında ortogonal dizinler ve sinyal/gürültü (S/N) oranı olmak üzere 2 önemli araç vardır.

Parametre tasarımı aşağıda yer alan adımları içerir.

- Faktör ve bunlara ait etkileşimlerin belirlenmesi
- Her bir faktöre ait seviyelerin belirlenmesi
- Uygun ortogonal dizinin seçilmesi
- Seçilen ortogonal matrise faktör ve etkileşimlerin atanması
- Deneylerin yapılması
- Verilerin analizi
- Faktörlerin optimal seviyelerinin belirlenmesi
- Doğrulama deneylerinin yapılması, aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\eta = \eta_m + \sum_{i=1}^{j} (\eta_i - \eta_m) \qquad (3.2)$$

Taguchi yöntemi deneylerin tüm kombinasyonlarının denenmesi yerine ortogonal dizinleri kullanarak sadece bir bölümünün yapılması ile en iyi performans karakteristiğini veren faktör seviyelerinin bulunabileceğini belirtmektedir. Ortogonal dizinler bir sayı matrisi olarak ifade edilir. Her satır seçilen faktörlerin seviyelerini, her sütun ise dikkate alınan faktörleri ifade eder.

Ortogonal dizinlerin temel özelliği, deneye tüm faktörlerin eşit deneme sayıları ile katılmalarıdır. Ortogonal dizinler $L_a(b^c)$ şeklinde gösterilir. L Latin kare tasarımını temsil etmektedir (a: deney sayısı, b: her kolondaki seviye sayısı, c: faktör sayısı). Yapılan deney tasarımına ve amaca göre genellikle 2 ve 3 seviyeli ortogonal dizinler kullanılmaktadır. En çok kullanılan 2 seviyeli ortogonal dizinler L_4, L_8, L_{12} ve L_{32}'dir. En çok kullanılan 3 seviyeli dizinler ise L_9, L_{18}, L_{27}'dir. Her iki seviyenin karışık olarak kullanılabildiği L_{18}, L_{36}, L_{54} gibi ortogonal dizinler de vardır

(Savaşkan ve ark., 2004; Mezarcıöz ve Oğulata, 2010; Kuo ve Tu, 2009; Pınar ve Güllü, 2010).

Taguchi yöntemine göre dizayn edilen tasarımdan elde edilen sonuçlar sinyal/ gürültü (S/N) oranına dönüştürülmekte ve desibel (dB) olarak ifade edilmektedir.

S/N oranı, hem ortalamayı hem de değişkenliği dikkate alır. En basit biçiminde S/N oranı, ortalamanın (sinyal) standart sapmaya (gürültü) oranıdır. Taguchi, 60'ın üzerinde S/N oranından bahsetmektedir. En çok bilinen üç tanesi en küçük-en iyi, nominal-en iyi ve en büyük-en iyi S/N oranlarıdır. Her üç tip problemde de, amaç S/N oranını maksimize etmektir. Taguchi'ye göre, S/N oranlarının maksimize edilmesi, bir yandan sinyali artırırken, diğer yandan da varyasyonu azaltmaktadır (Hamzaçebi ve Kutay, 2003; Mezarcıöz ve Oğulata,2010) Aşağıda verilen formüllerle S/N oranı hesaplanabilmektedir (Cheng ve ark., 2007).

- Nominal-En İyi: y: deneylerin ortalaması, m: olması istenen değer, S: standart sapma

$$S/N = -\ 10\log\left|(\bar{y} - m)^2 + S^2\right| \qquad (3.3)$$

- En Küçük-En İyi: y_i: deneysel veriler, n: deney sayısı,

- $$S/N = -\ 10\log\frac{\sum_{i=1}^{n} y_i^2}{n} \qquad (3.4)$$

- En Büyük-En İyi: y_i: deneysel veriler, n: deney sayısı,

$$S/N = -\ 10\log\frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{y_i^2}}{n} \qquad (3.5)$$

Bu çalışmada elde edilecek çıktılar için kullanılacak S/N oranları aşağıda tablo şeklinde Çizelge 3.6'da toplu olarak verilmiştir. üzere Haşıl alma oranının iplik

cinsine göre farklılık göstermekte olduğu ve pamuk ipliği için bu oranın %11-13 olması Metod kısmının başlarında belirtilmiştir. Haşıl alma oranı çıktısı için belli bir değer istendiğinden Taguchi Metodunda Nominal –En İyi S/N Oran grubu kullanılır. Aynı şekilde Rutubet çıktısı için de pamuk ipliği için rutubet değeri %8 istendiğinden Taguchi Metodunda Nominal –En İyi S/N Oran grubu kullanılır. Mukavemet ve Randıman çıktıları için en yüksek değer en istenilen olduğundan Taguchi Metodunda En Yüksek –En İyi S/N Oran grubu kullanılır.

Çizelge 3.6. Çalışmada Elde Edilecek Çıktılar İçin Kullanılacak S/N Oranları

Yanıt Değişkenleri	**S/N Oran Grubu**	**Kullanılacak Formül**
Haşıl alma (%)	Nominal-En İyi	$S/N = -\ 10\log\left\|(\bar{y} - m)^2 + S^2\right\|$
Rutubet (%)	Nominal-En İyi	$S/N = -\ 10\log\left\|(\bar{y} - m)^2 + S^2\right\|$
Mukavemet (cN/tex)	En Yüksek- En İyi	$S/N = -\ 10\log\ \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{y_i^2}}{n}$
Randıman (%)	En Yüksek- En İyi	$S/N = -\ 10\log\ \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{y_i^2}}{n}$

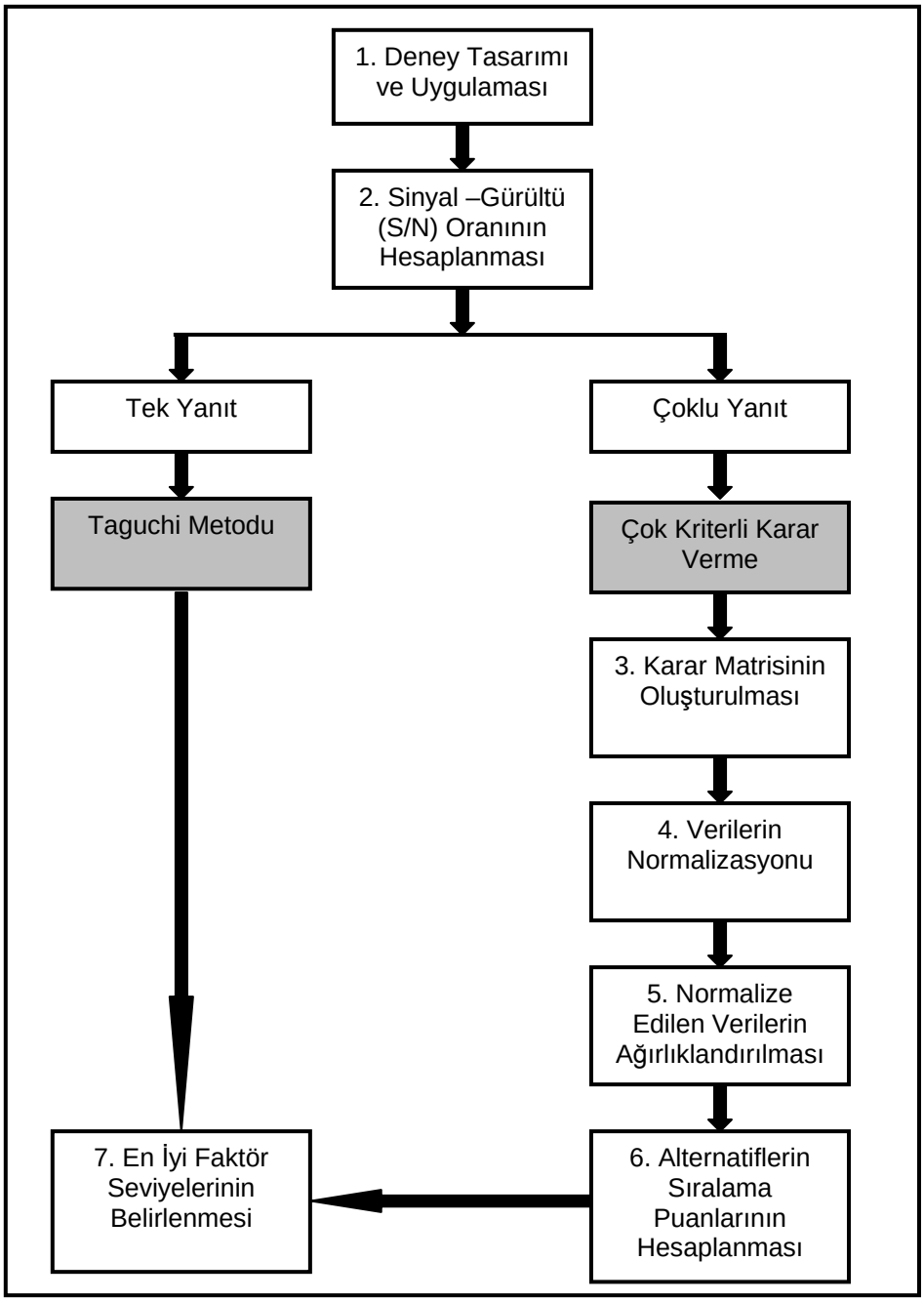
Haşıl alma için: Nominal-En İyi, Rutubet için: Nominal-En İyi, Mukavemet için: En Yüksek- En İyi, Randıman için: En Yüksek- En İyi

3. **Tolerans Tasarımı:** Hedef tasarım parametre değerleri için kabul edilebilir toleranslar değerlendirilir (Yoon ve ark., 2010; Cheng ve ark., 2007).

3.2.1.4. Gri İlişkiler Analizi

Gri sistem teorisi, 1982 yılında J. Deng tarafından geliştirilmiştir. Deng'in geliştirmiş olduğu gri sistem teorisinin temelinde bilinmeyen ya da tamamlanmamış bilginin "gri eleman" olarak tanımlanması yer almaktadır. Karar göstergelerini belirleyebilmek için gri bölge çözümlemesi kullanılmaktadır. "Gri ilişki" belirli bir sistem içerisinde iki eleman ya da iki alt sistem arasında değişen ilişkinin ölçümünü ifade etmektedir. Analiz edilen elemanlar arasındaki benzerlikler ya da farklılıklar "gri ilişki" olarak isimlendirilmektedir. Sistem geliştirme süreci içerisinde iki eleman arasındaki değişim sürekli olduğunda, gerçekleşen değişimler uyumlu olarak oluşuyorsa elemanlar arası daha yüksek aksi durumda ise daha düşük bir ilişki söz konusu olacaktır. Gri ilişki çözümlemesi, sistemi temsil edecek göstergelerin seçiminde ve sıralanmasında kullanılmaktadır (Eşme ve ark., 2009).

Taguchi yöntemi tek başına tek performans yanıtının eniyilenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Çok kriterli karar verme yöntemleri Taguchi yöntemiyle birlikte kullanılarak birden çok performans yanıtı tek bir yanıta dönüştürülür. Bu şekilde problem tek yanıtlı bir eniyileme problemi şekline dönüşmüş olur. Şekil 3.8'de Gri Tabanlı Taguchi Metodu uygulama prosedürü verilmiştir. Bu şekle göre adım 1,2, 7 Taguchi Metodunun genel prosedürünü verirken, adım 3-6 Çok Kriterli Karar Verme Yönteminin genel prosedürünü vermektedir (Yıldırım, 2011; Kuo ve ark., 2008).



Şekil 3.8. Gri Tabanlı Taguchi Metodu Uygulama Prosedürü (Yıldırım, 2011; Kuo ve ark., 2008)

Gri İlişkiler Analiz Metodunun hesaplama adımları aşağıdaki gibidir.

1. Adım: n uzunluğundaki referans seri aşağıdaki gibi olsun.

$$x_0 = \left(x_0(1), x_0(2), x_0(3), ..., x_0(n)\right) \tag{3.6}$$

2. Adım: Verilerin normalize edilmesi

Faktörlerin farklı kaynaklardan geldiği, farklı birimlerde ölçüldüğü düşünüldüğünde "Gri İlişkiler Analiz" metodunun ilk adımı verilerin aynı birime dönüştürülmesidir. Ayrıca serinin çok geniş aralıklarda değerler aldığı durumlarda standartlaştırmayla verilerin küçük bir aralığa çekilmesinde de fayda vardır. Gri sistem teorisinde bu normalleştirme projesine "Gri İlişkisel Oluşum (grey relational generating)" adı verilmektedir. Verilerin normalizasyonunda en sık kullanılan yöntemlerden birisi lineer veri önişleme metodudur. Faktör serilerinin normalizasyonunda dikkat edilmesi gereken " En Yüksek-En İyi", "En düşük-En iyi" ve "Nominal-En iyi" kriterlerinden hangisinin serinin özelliğini yansıttığıdır. Örneğin serideki noktaların küçük değerler olması istenen bir özellik ise lineer normalizasyonda küçük değer alan noktalar normalizasyonda "1" e yakın değerler alırken, büyük değer alan noktalar "0" 'a yakın değerler alacaktır.

"En Yüksek-En İyi" durumunda normalizasyon aşağıdaki gibidir.

$$x_i(k) = \frac{x_i^o(k) - \min x_i^o(k)}{\max x_i^o(k) - \min x_i^o(k)} \tag{3.7}$$

$x_i^o(k)$, i serisi k. sıradaki orjinal değer, $x_i(k)$ normalizasyon sonrası i. seri k. sıradaki değer, $\min x_i^o(k)$ i serisindeki minimum değer, $\max x_i^o(k)$ i serisindeki maksimum değerdir.

"En düşük-En iyi" için eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$x_i(k) = \frac{\max x_i^o(k) - x_i^o(k)}{\max x_i^o(k) - \min x_i^o(k)} \tag{3.8}$$

"Nominal-En iyi" için eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$x_i(k) = 1 - \frac{\left| x_i^o(k) - x^o \right|}{\max x_i^o(k) - x^o} \tag{3.9}$$

Burada x^o istenilen ideal değeri göstermektedir.

3. Adım: x^o serisi ile karşılaştırılacak m tane seri Eşitlik 3.10'da tanımlanmış olsun.

$$x_i = \left(x_i(1), x_i(2), x_i(3), ..., x_i(n)\right)\ i = 1,2,3....m \tag{3.10}$$

4. Adım: k, n uzunluğundaki serideki k. sırayı göstersin. $\varepsilon\left(x_0(k), x_i(k)\right)$, k. noktada ki gri ilişkiler katsayı olup Eşitlik 3.11, 3.12, 3.13, 3.14'e göre hesaplanır.

$$\varepsilon\left(x_0(k), x_i(k)\right) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta\Delta_{\max}}{\Delta_{oi}(k) + \zeta\Delta_{\max}} \tag{3.11}$$

$$\Delta_{oi}(k) = \left|x_0(k) - x_j(k)\right| \tag{3.12}$$

$$\Delta_{\min} = \min_j \min_k \left|x_0(k) - x_j(k)\right| \tag{3.13}$$

$$\Delta_{\max} = \max_j \max_k \left|x_0(k) - x_j(k)\right| \tag{3.14}$$

Ve $\zeta \in (0,1)$ arasındaki bir katsayıdır. j=1,2,…m; k=1,2,...,n. ζ işlevi, Δ_{0i} ile $\Delta_{\max}$ arasındaki farkı ayarlamaktır. Çalışmalar ζ değerinin gri ilişkiler derece sonrası oluşacak sıralamayı etkilemediğini göstermektedir (Kuo ve ark., 2008; Üstünışık, 2007; Wen, 2004).

5. Adım: Gri ilişkiler derece çıktıların performansa etkileri eşit derecede ise Eşitlik 3.15 ile hesaplanır:

$$\gamma(x_0, x_i) = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} \varepsilon(x_0(k), x_i(k)) \tag{3.15}$$

Eğer; performansa etkileri farklı derecede (ağırlıklarda) ise hesaplamada bu ağırlıklar da dikkate alınmalıdır. Ağırlıklı Gri İlişki Derece hesaplaması için Eşitlik 3.16 kullanılır.

$$\gamma(x_0, x_i) = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} W_k \varepsilon(x_0(k), x_i(k)) \qquad (3.16)$$

$$\sum_{1}^{n} W_k = 1$$

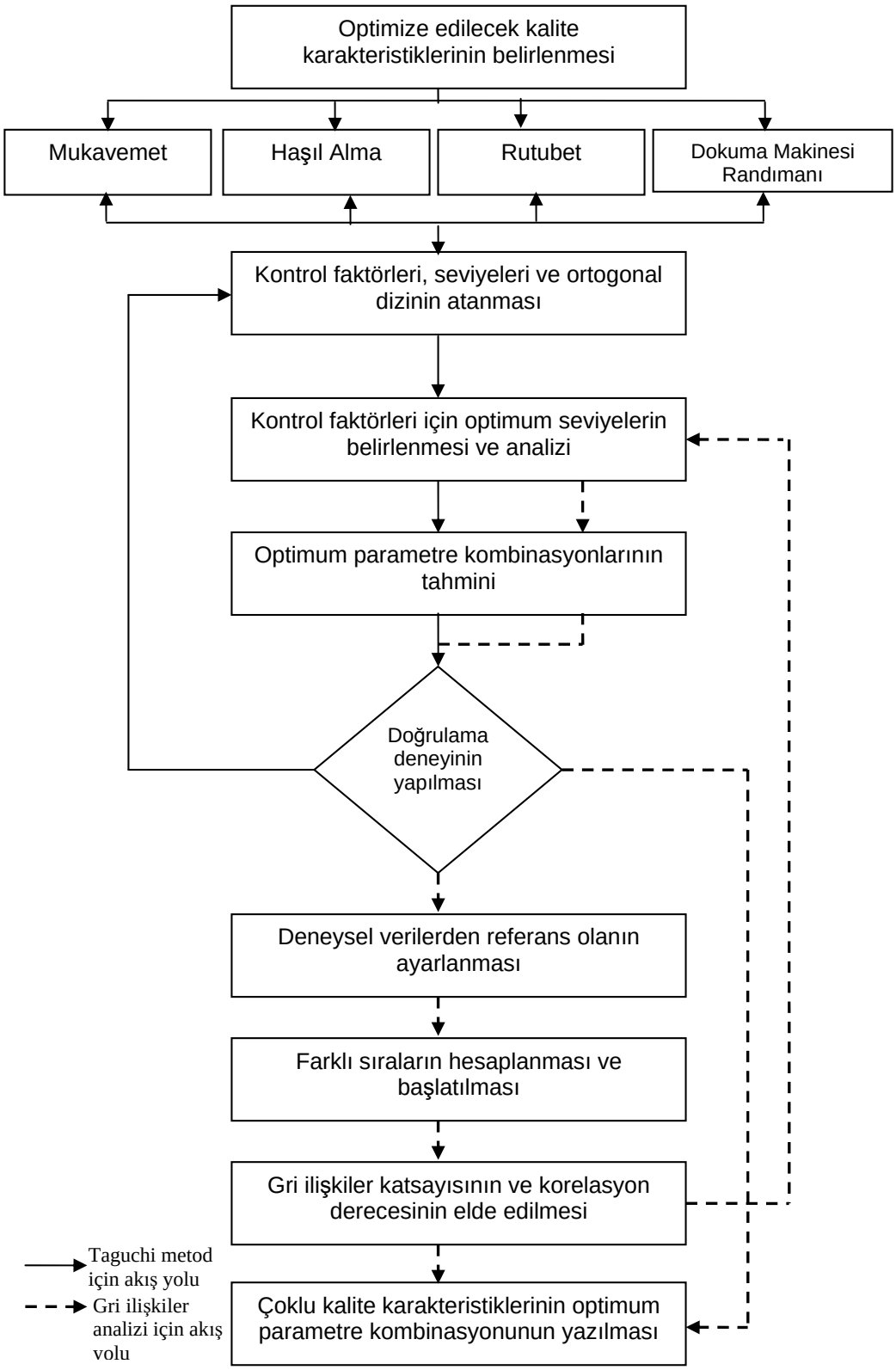
$\gamma(x_0, x_i)$ gri bir sistemdeki x_i serisi ile x_0 referans serisi arasındaki geometrik benzerliğin bir ölçüsüdür. Gri ilişkiler derecesinin büyüklüğü x_i ile x_0 arasında kuvvetli bir ilişki olduğunun göstergesidir. Eğer karsılaştırılan iki seri birbirinin aynı ise gri ilişkiler derece değeri 1 olarak bulunur. Gri ilişkiler derece karsılaştırılan serinin referans seriye ne kadar benzer olduğunu gösterir (Yılmaz ve Güngör, 2010, Tosun,2006; Tarng ve ark, 2002; Mondal ve ark., 2013; Lin ve Ho, 2003; Khan ve ark., 2012; Pawade ve Joshi, 2011).

6. Adım: Deney faktörlerinin yeni seviyelerinin belirlenmesi.

7. Adım: ANOVA testinin yapılması.

8. Adım: Taguchi Metodunun Uygulanması. Optimal değerlerde tahmin ve doğrulama deneylerinin yapılması.

Kuo ve Tu'nun (2009) verdiği Taguchi Metoduna dayalı Gri İlişkiler Analizi akış diyagramı tez çalışma konusuna uygun olarak düzenlenmiş ve Şekil 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.9. Haşıl Prosesinin Taguchi Metoduna Dayalı Gri İlişkiler Analizi Akış Diyagramı

Önceki kısımda geniş olarak anlatılan ve eşitlikleri gösterilen Gri İlişkiler Analizinin işlem adımlarının teze uyarlanmış şekli özet halinde aşağıda verilmiştir.

1. Adım: Referans seri belirlenir. Tez çalışmasında Mukavemet ve Dokuma Makinesi Randımanı çıktıları için "EnYüksek – En İyi" kriteri istenildiğinden referans seri için çıktıların max. ölçüm değerleri referans seriye yazılır.

2. Adım: Verilerin normalize edilmesi

"En Yüksek-En İyi" durumunda normalizasyonu yukarıda verilen Eşitlik 3.7'ye göre serinin elemanları tekrar hesaplanır.

3. Adım: Normalize edilmiş serinin referans serisine olan uzaklık matrisi hesaplanır (Eşitlik 3.12).

4. Adım: Uzaklık matrisi hesaplanmış serinin Eşitlik 3.11'e göre gri ilişkiler katsayı matrisi elde edilir. Tez kapsamında formülasyonda yer alan x gri ilişkiler derece sonrası oluşacak sıralamayı etkilemediği için 1 olarak alınmıştır.

5. Adım: Bu adımda çıktıların performansa olan etkileri (ağırlıkları) belirlenir. Eğer çıktıların kalite üzerine eşit ağırlıkları varsa ağırlıkları toplamı 1 edecek şekilde iki çıktı için 0,5 ve 0,5 olarak paylaşırlar. Çıktılardan biri daha fazla etki ediyorsa onun ağırlığı diğerine göre daha fazla verilir. Tez kapsamında 3 farklı kombinasyon ağırlıklandırma seçilmiştir. Bu ağırlıklandırma kombinasyonları sırasıyla Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5; Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3; Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7'dir. Ağırlıkların belirlenmesinde "Temel Bileşenler Analizi [(Principial Component Analysis (PCA)] yönteminin de kullanıldığı literatürde yer almaktadır (Lu ve ark. 2009; Liao, 2006; Tong ve ark. 2005; Fung ve Kang, 2005). Tez çalışmasında PCA analizi yapılmamıştır.

6. Adım: Son olarak gri ilişkiler derece ise Eşitlik 3.15 ile hesaplanır. Gri ilişkiler derece büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bu sıralama sonucunda en büyük gri ilişkiler dereceye sahip deney kombinasyonu, en iyi çoklu performans karakteristiğine sahiptir.

7. Adım: Gri ilişkiler derece hesaplandıktan sonra deney faktörlerinin yeni seviyeleri belirlenir. Bu işlem yapılırken örneğin Hız faktörünün (A) 1. seviyesi olan 40 m/dk için yeni seviye değeri için, deney planında ilk 3 deney de yer aldığı

görülmektedir. Bu nedenle ilk üç deney için hesaplanan gri ilişki derecesi toplanır ve ortalama değer hesaplanarak yeni A1 seviyesi kayıt edilir. Tüm seviyeler bu şekilde hesaplanır. A, B ve C faktörlerinin Maximum –Minimum farkı da hesaplanarak Max-Min farkı en büyük olan faktör proseste en etkili faktör olarak belirlenir.

8. Adım: ANOVA testi yapılır. F değeri en yüksek olan faktör proses performansına etkisi en yüksek olan faktör olarak tespit edilir. Birçok çalışmada ANOVA tablolarında Contribution değerleri de eklenmiştir (Tarng ve ark., 2002; Khan ve ark., 2012). Contribution (%) faktörlerin prosese olan etkilerinin % olarak ifadesini belirtmektedir. Her bir faktörün Contribution değeri proses için etkisinin yüzdelik değeridir. ANOVA tablosunda Contribution (%) değeri Sum of Squares değerleri kullanılarak hesaplanır. Bu değer ne kadar büyükse o parametrenin çıktı üzerinde o oranda etkili olduğu anlaşılır.

9. Adım: Son adımda Taguchi Metodu uygulanarak S/N oranları hesaplanır. Elde edilen optimal değerlerde tahmin ve doğrulama deneyi yapılır.

3.2.1.5. İstatistiksel Analiz

Tez çalışmasında istatistik analizler için Minitab 15® paket programı kullanılmıştır. Bu program içerisinde Stat – DOE – Taguchi şeklinde Taguchi Metodu uygulanmıştır. ANOVA analizleri bu programın Taguchi Metodu modülü içinde program tarafından verilmektedir. ANOVA analizleri Taguchi Metodu için S/N oranları değerleri kullanılarak, Gri İlişkiler Analizi için de Gri İlişkiler Derecesi değerleri kullanılarak uygulanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ne 50/1, Ne 60/1 ve Ne 70/1 şeklinde seçilen iplikler Materyal ve Metod bölümünde verilen deney planına göre haşıl prosesinden geçirilmiş ve Haşıl alma oranı, Rutubet, Dokuma Randımanı ve Mukavemet çıktı parametreleri ölçülmüştür. Deneyler işletme koşullarında yürütülmüştür.

Tez çalışmasında; L18 deney tasarımı Metot bölümünde belirtilen Şekil 3.8'e göre Taguchi optimizasyonu iki şekilde yürütülmüştür. İlki Taguchi Metodu, diğeri Çok Kriterli Karar Vermede kullanılan Gri İlişkiler Tabanlı Taguchi Metodudur. Taguchi Metodunda girdi parametrelerinin optimum seviyesi her yanıt değişkeni için belirlenmektedir. Gri İlişkiler Tabanlı Taguchi Metodu ise tüm yanıt değişkenlerini optimum yapacak optimum girdi parametresini belirlemektedir. Her iki çalışma ayrı başlıklar altında bu bölümde verilmiştir.

Çizelge 4.1 de L18 (mixed 3-6 Level) Taguchi Deney Tasarımına göre yapılan deneyler ve sonuçları görülmektedir. İlk satırda prosese etki eden faktörler (A-C) ve yanıt değişkenleri verilmiştir. Tabloda ilk sütun deney numarasını belirtmektedir. Son dört sütunda da deney planına göre yapılan deneylerin sonuçları verilmiştir. Mukavemet çıktısı için elde edilen değerler, haşıl makinesinden çıkan çözgü ipliklerinin makinenin sağından, ortasından ve solundan alınan numunelere uygulanan test sonucu elde edilmiştir. Sağından alınan çözgü ipliklerinden 10 adet, solundan alınan çözgü ipliklerinden 10 adet, ortasından alınan çözgü ipliklerinden 10 adet, toplamda 30 adet test uygulanmış ve elde edilen değerlerin ortalaması tabloda verilmiştir.

Çizelge 4.1. Haşıllama Prosesi Optimizasyonu İçin Yapılan Deneylerin Sonuçları

	Deney Parametreleri (Girdi Değişkenleri)			**Çıktılar (Yanıt Değişkenleri)**			
Deney No	**A (Hız m/dk)**	**B (Viskozite Ns/m^2)**	**C (Numara Ne)**	**Haşıl alma (%)**	**Rutu-bet (%)**	**Randı-man (%)**	**Muka-vemet (cN/tex)**
1	40 (1)	14 (1)	50/1 (1)	15,90	6,2	61,3	33,59
2	40 (1)	20 (2)	60/1 (2)	16,25	6,5	84,8	37,78
3	40 (1)	24 (3)	70/1 (3)	17,16	6,9	52,9	53,34
4	50 (2)	14 (1)	50/1 (1)	20,46	7,1	72,6	32,46
5	50 (2)	20 (2)	60/1 (2)	15,98	6,4	86,3	35,22
6	50 (2)	24 (3)	70/1 (3)	16,35	7	78,9	34,49
7	60 (3)	14 (1)	60/1 (2)	17,95	7,3	71,2	30,32
8	60 (3)	20 (2)	70/1 (3)	14,19	7,2	83,3	34,50
9	60 (3)	24 (3)	50/1 (1)	16,5	7,5	69,5	33,81
10	70 (4)	14 (1)	70/1 (3)	17,16	7,8	81,9	32,39
11	70 (4)	20 (2)	50/1 (1)	16,77	7,4	87,3	35,26
12	70 (4)	24 (3)	60/1 (2)	15,71	7,3	80,9	29,55
13	80 (5)	14 (1)	60/1 (2)	15,40	6,3	79,8	33,52
14	80 (5)	20 (2)	70/1 (3)	21,15	7,1	63,1	34,61
15	80 (5)	24 (3)	50/1 (1)	15,18	7,5	86,8	34,37
16	90 (5)	14 (1)	70/1 (3)	17,60	6,9	78,5	35,00
17	90 (5)	20 (2)	50/1 (1)	14,52	7,6	77,9	32,10
18	90 (5)	24 (3)	60/1 (2)	15,13	7,9	76,9	31,88

4.1. Taguchi Yönteminin Uygulanması

Elde edilen deney sonuçlarına Taguchi Yönteminin uygulanması aşağıda verilmiştir. Ancak Haşıl alma ve Rutubet değerleri için deney planına göre yapılan deneylerde, 1 ölçüm sonucu elde edildiği için istatistiksel analiz yapılamamış ve varyansı hesaplanamamıştır. Dolayısıyla S/N oranları da hesaplanamamıştır. Bu nedenle metodun uygulanmasında Mukavemet ve Dokuma Makinesi Randımanı çıktıları dikkate alınmıştır.

4.1.1. Mukavemet Çıktısı İçin Taguchi Yönteminin Uygulanması

Mukavemet çıktısı için Taguchi analizinden elde edilen S/N oranları Çizelge 4.2'de ve analizin Minitab 15® programı ekran görüntüsü Ek-1'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Mukavemet Çıktısı İçin S/N* Oranının Belirlenmesi

Deney No	**A (Hız m/dk)**	**B (Viskozite Ns/m^2)**	**C (Numara Ne)**	**S/N* (dB)**
1	1	1	1	31,5935
2	1	2	2	31,9414
3	1	3	3	33,0756
4	2	1	1	30,0288
5	2	2	2	30,3768
6	2	3	3	31,5110
7	3	1	2	29,5426
8	3	2	3	31,0321
9	3	3	1	30,3972
10	4	1	3	30,3772
11	4	2	1	30,0976
12	4	3	2	30,0902
13	5	1	2	29,8898
14	5	2	3	31,3794
15	5	3	1	30,7445
16	6	1	3	30,5495
17	6	2	1	30,2699
18	6	3	2	30,2625

*S/N : Sinyal / Gürültü Oranı

Çizelge 4.3'de Mukavemet çıktısının S/N oranı için ANOVA analizi verilmiştir. Çizelgede Contribution değeri en yüksek %42,34 ile A (Hız) girdisi olduğu görülmektedir. Bunun anlamı: Mukavemet çıktısı üzerinde en etkili girdi parametresi Hız'dır ve %42,34'lük bir etkisi vardır.

Çizelge 4.3. Mukavemet Çıktısının S/N Oranı ANOVA Analizi

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	Contribution (%)
A	5	8,333	8,333	1,6666	2,02	42,34463
B	2	1,527	1,527	0,7634	0,93	7,759540
C	2	3,218	3,218	1,6091	1,95	16,35245
Residual Error	8	6,601	6,601	0,8251		33,54337
Total	17	19,679				

Çizelge 4.4'de Mukavemet çıktısının S/N oranı için yanıt tablosu görülmektedir. Yanıt tablosunda da Rank ile belirtilen derecelendirmede de en etkili girdi parametresinin A (Hız), 2. etkili parametrenin C (İplik Numarası), 3. etkili parametrenin ise B (Viskozite) olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4. Mukavemet Çıktısının S/N Oranı İçin Yanıt Tablosu

Response Table for Signal to Noise Ratios
Larger is better

Level	A	B	C
1	32,20	30,33	30,52
2	30,64	30,85	30,35
3	30,32	31,01	31,32
4	30,19		
5	30,67		
6	30,36		
Delta	2,02	0,68	0,97
Rank	1	3	2

Çizelge 4.5'de Mukavemet çıktısının ortalamalar için yanıt tablosu görülmektedir. Ortalamalar için yanıt tablosunda da etki derecesi sıralaması S/N oranı için yanıt tablosu (Çizelge 4.4) ile uyumludur.

Çizelge 4.5. Mukavemet Çıktısının Ortalamalar İçin Yanıt Tablosu

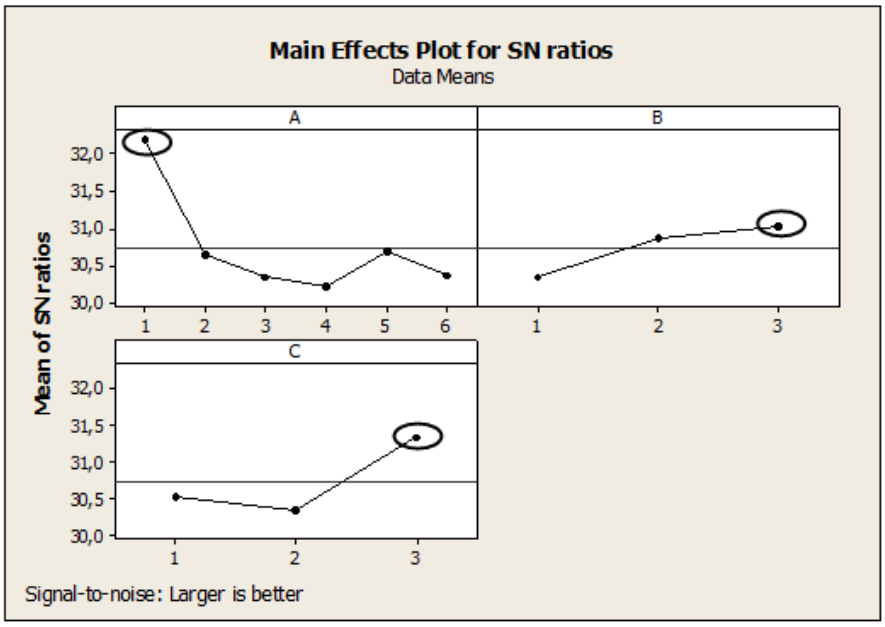
Response Table for Means

Level	A	B	C
1	41,57	32,88	33,60
2	34,06	34,91	33,05
3	32,88	36,24	37,39
4	32,40		
5	34,17		
6	32,99		
Delta	9,17	3,36	4,34
Rank	1	3	2

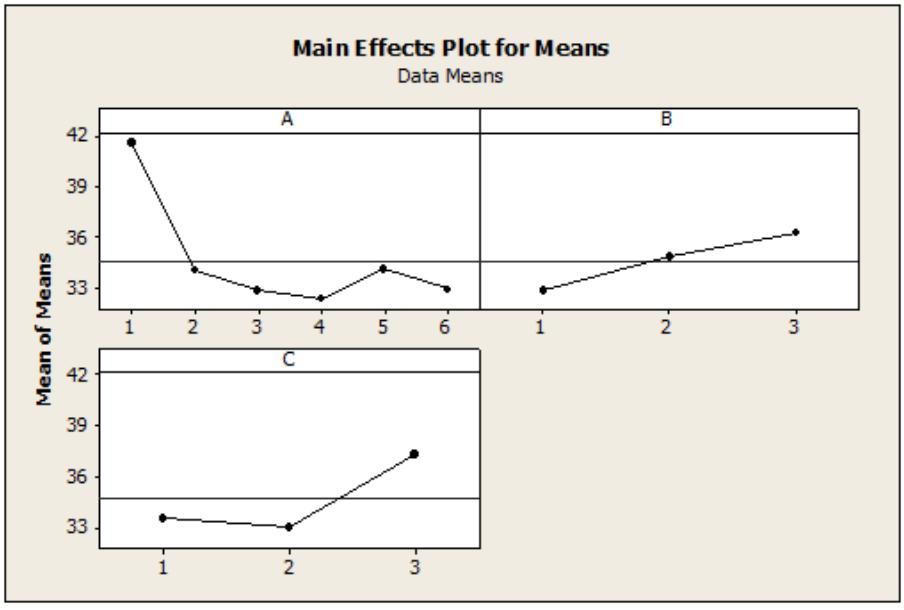
Taguchi Metodu ile analizde optimum değerler grafiklerle görülebilir. Şekil 4.1 ve Şekil 4.2 'de de S/N oranı için ve Means için Minitab 15® paket programından elde edilen grafikler yer almaktadır. Grafikler Minitab 15® programı tarafından doğrudan verilmektedir. Burada S/N oranı desibel (dB) cinsindendir. Şekil 4.1'de x ekseni prosesi etkileyen faktörlerin seviyelerini, y ekseni ise bu seviyeler için hesaplanan S/N oranlarını dB cinsinden göstermektedir. Şekilde yer alan A parametresi Hız (m/dk) faktörünü, B parametresi Viskozite (Ns/m^2) faktörünü ve C parametresi de İplik Numarası (Ne) faktörünü ifade etmektedir. S/N grafiğinde de görüldüğü üzere A (Hız) faktörünün en yüksek seviyesi 1. seviye, B (Viskozite) faktörünün en yüksek seviyesi 3. seviye, C (İplik Numarası) faktörünün en yüksek seviyesi 3. seviye olarak görülmektedir. Mukavemet Çıktısı için optimum parametre kombinasyonu A1B3C3 şeklindedir (3 nolu deney). Hız 40 m/dk, Viskozite 24 Ns/m^2, İplik Numarası Ne 70/1 olduğu durumunda Mukavemet çıktısının en iyi olduğu kombinasyondur.

Taguchi optimizasyonuna göre en ince iplik için işletme koşullarında kullanılan viskozite reçetesinin dışında hazırlanan haşıl viskozitesi 24 Ns/m^2 olması gerektiği ve iplik sevk hızının da en düşük seviye olan 40 m/dk'da tutulması gerektiği ortaya konmuştur. Viskozitesi 24 Ns/m^2, çözgü ipliği üzerinde iyi bir film tabakası oluşturması nedeniyle Mukavemet çıktısını olumlu şekilde etkilediği sonucuna varılabilir. İplik sevk hızı da işletmenin bu numaralı bir iplik için kullandığı hızdan daha düşük bir hız değeridir. Böylece optimizasyon tekniği ile en

iyi mukavemet değeri için Ne 70/1 numaralı ipliğin üzerinde en etkili parametrelerin işletmenin uyguladığından farklı olduğu ortaya konmuştur. Çizelge 4.1'de de en yüksek mukavemet değeri 3 nolu deneydedir. Taguchi optimizasyonunun deney sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür.



Şekil 4.1. Mukavemet Çıktısı için S/N oranı Grafik



Şekil 4.2. Mukavemet Çıktısı için Means Grafik

4.1.2. Randıman Çıktısı İçin Taguchi Yönteminin Uygulanması

Randıman çıktısı için Taguchi analizi yapılarak elde edilen S/N oranları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Analizin Minitab 15® programı ekran görüntüsü Ek-2'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Randıman Çıktısı İçin S/N Oranının Belirlenmesi

Deney No	A (Hız m/dk)	B (Viskozite Ns/m^2)	C (Numara Ne)	S/N (dB)
1	1	1	1	36,0069
2	1	2	2	37,1999
3	1	3	3	35,5795
4	2	1	1	37,7049
5	2	2	2	38,8980
6	2	3	3	37,2776
7	3	1	2	37,6832
8	3	2	3	37,4939
9	3	3	1	37,1251
10	4	1	3	37,7861
11	4	2	1	38,8484
12	4	3	2	38,6104
13	5	1	2	37,8528
14	5	2	3	37,6635
15	5	3	1	37,2947
16	6	1	3	37,1867
17	6	2	1	38,2490
18	6	3	2	38,0110

Çizelge 4.7'de Randıman çıktısının S/N oranı için ANOVA analizi verilmiştir. Çizelgede Contribution değeri en yüksek %33,56 ile A (Hız) girdisi olduğu görülmektedir. Bunun anlamı Randıman çıktısı üzerinde en etkili girdi parametresi Hız'dır ve %33,56'lık bir etkisi vardır.

Çizelge 4.7. Randıman Çıktısının S/N Oranı ANOVA Analizi

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	Contribution (%)
A	5	7,968	7,968	1,594	1,12	33,5636
B	2	2,057	2,057	1,028	0,72	8,66470
C	2	2,330	2,330	1,165	0,82	9,81465
Residual Error	8	11,385	11,385	1,423		47,9570
Total	17	23,739				

Çizelge 4.8'de Randıman çıktısının S/N oranı için yanıt tablosu görülmektedir. Yanıt tablosunda da Rank ile belirtilen derecelendirmede de en etkili girdi parametresinin A (Hız), 2. etkili parametrenin C (İplik Numarası), 3. etkili parametrenin ise B (Viskozite) olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.8. Randıman Çıktısının S/N Oranı İçin Yanıt Tablosu

Response Table for Signal to Noise Ratios
Larger is eter

Level	A	B	C
1	36,26	37,37	37,54
2	37,96	38,06	38,04
3	37,43	37,32	37,16
4	38,41		
5	37,60		
6	37,82		
Delta	2,15	0,74	0,88
Rank	1	3	2

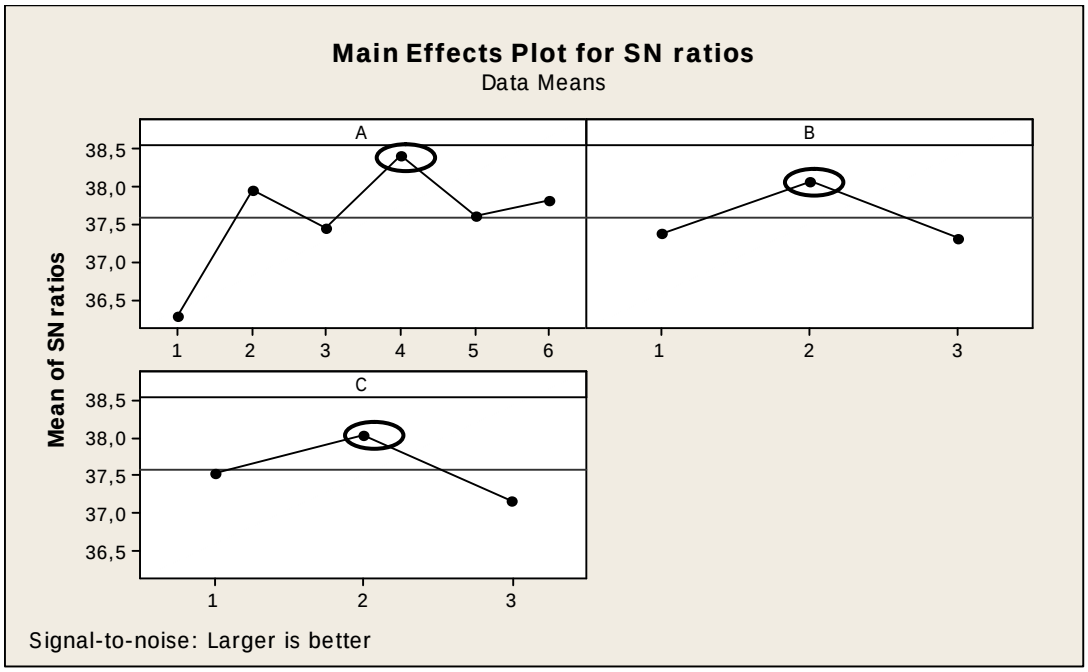
Çizelge 4.9'da Randıman çıktısının ortalamalar için yanıt tablosu görülmektedir. Ortalamalar için yanıt tablosunda da etki derecesi sıralaması S/N oranı için yanıt tablosu ile uyumludur.

Çizelge 4.9. Randıman Çıktısının Ortalamalar İçin Yanıt Tablosu

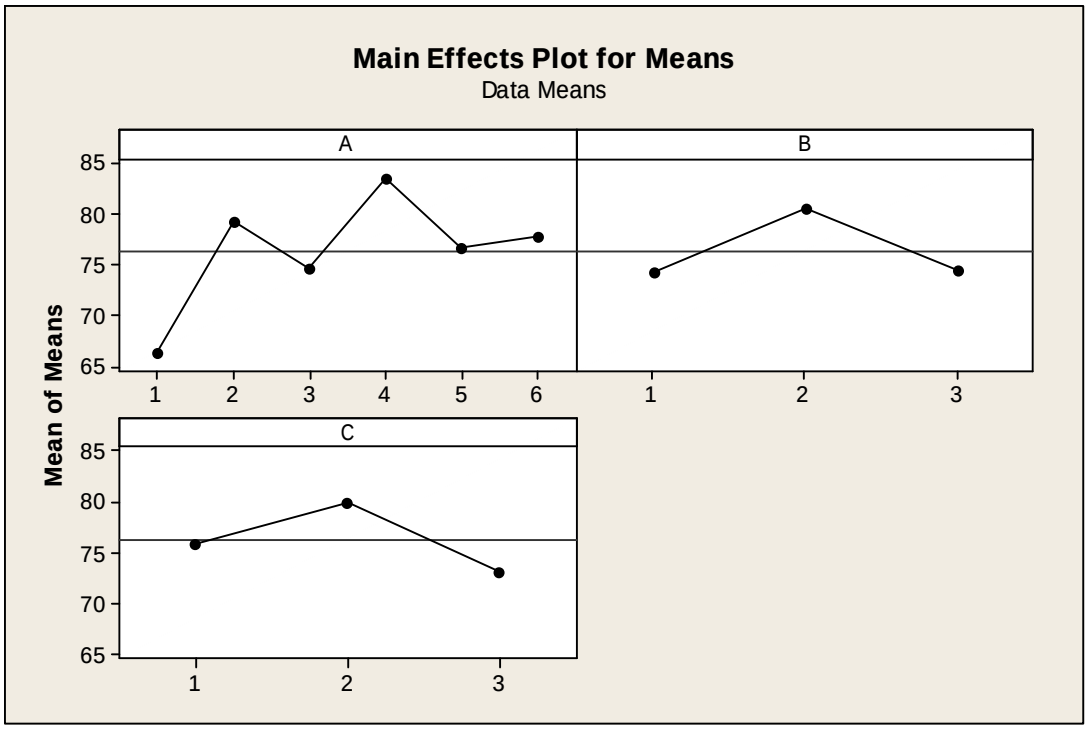
Response Table for Means

Level	A	B	C
1	66,33	74,22	75,90
2	79,27	80,45	79,98
3	74,67	74,32	73,10
4	83,37		
5	76,57		
6	77,77		
Delta	17,03	6,23	6,88
Rank	1	3	2

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 ’de de S/N oranı için ve Means için Minitab 15 ® paket programından elde edilen grafikler yer almaktadır. S/N grafiğinde de görüldüğü üzere A (Hız) faktörünün en yüksek seviyesi 4. seviye, B (Viskozite) faktörünün en yüksek seviyesi 2. seviye, C (İplik Numarası) faktörünün en yüksek seviyesi 2. seviye olarak görülmektedir. Randıman Çıktısı için optimum parametre kombinasyonu A4B2C2 şeklindedir. Hız 70 m/dk, Viskozite 20 Ns/m^2, İplik Numarası Ne 60/1 olduğu durumunda Randıman çıktısının en iyi olduğu kombinasyondur. Yapılan deneyler arasında bu kombinasyon yoktur. Taguchi deney tasarımında yapılmasa dahi en iyi deney kombinasyonu önerisi sunulabilmektedir. Taguchi’nin önermiş olduğu Viskozite 20 Ns/m^2 değeri haşıl çözeltisinde haşıl maddesinin tabaka teşkil etmesini azaltacağından çözgü ipliği üzerinde daha homojen bir şekilde kaplama sağlayacaktır. Dolayısıyla bu durum bir sonraki aşama olan dokuma makinesi randımanını olumlu şekilde etkilemiştir.



Şekil 4.3. Randıman Çıktısı için S/N oranı Grafik



Şekil 4.4. Randıman Çıktısı için Means Grafik

4.2. Gri İlişkiler Analiz Yönteminin Uygulanması

Gri İlişkiler Analiz yönteminin uygulanması ile ilgili işlem adımları Materyal ve Metod bölümünde ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Buna göre aşağıda bu adımların teze uygulanması görülmektedir.

1. Adım: Referans Serinin Belirlenmesi

Tez çalışmasında Mukavemet ve Dokuma Makinesi Randımanı çıktıları için "EnYüksek – En İyi" kriteri istenildiğinden referans seri için çıktıların en büyük ölçüm değerleri referans seriye yazılır. Çizelge 4.10'da referans seri verilmiştir. Çizelgeden Randıman çıktısı için en büyük ve en küçük değerlerinin sırasıyla 87,3 ve 52,9; Mukavemet çıktısı için ise en büyük ve en küçük değerlerinin sırasıyla 53,34 ve 29,55 olduğu görülmektedir. Randıman için Referans Seri 87,3, Mukavemet için 53,34 olacak şekilde yazılır.

Çizelge 4.10. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Referans Seri

	Randıman (%)	**Mukavemet (cN/tex)**
Referans Seri	87,3	53,34
1	61,3	33,59
2	84,8	37,78
3	**52,9**	**53,34**
4	72,6	32,46
5	86,3	35,22
6	78,9	34,49
7	71,2	30,32
8	83,3	34,5
9	69,5	33,81
10	81,9	32,39
11	**87,3**	35,26
12	80,9	**29,55**
13	79,8	33,52
14	63,1	34,61
15	86,8	34,37
16	78,5	35
17	77,9	32,1
18	76,9	31,88

2. Adım: Verilerin normalize edilmesi

Serinin elemanları, "En Yüksek-En İyi" durumunda Eşitlik 3.7'ye göre tekrar hesaplanarak seri normalizasyon matrisi elde edilir. Normalizasyon matrisi hesaplama şekliyle gösterilerek Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Normalizasyon Matrisi

	Nasıl Hesaplandı		**Hesap Sonucu**	
	Randıman (%)	**Mukavemet (cN/tex)**	**Randıman (%)**	**Mukavemet (cN/tex)**
Referans Seri	$\frac{87,3 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{53,34 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	1,00	1,00
1	$\frac{61,3 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{33,59 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	0,24	0,17
2	$\frac{84,8 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{37,78 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	0,93	0,35
3	$\frac{52,9 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{53,34 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	0,00	1,00
4	$\frac{72,6 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{32,46 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	0,57	0,12
5	$\frac{86,3 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{35,22 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	0,97	0,24
6	$\frac{78,9 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{34,49 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	0,76	0,21
7	$\frac{71,2 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{30,32 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	0,53	0,03
8	$\frac{83,3 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{34,5 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	0,88	0,21
9	$\frac{69,5 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{33,81 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	0,48	0,18
10	$\frac{81,9 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{32,39 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	0,84	0,12
11	$\frac{87,3 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{35,26 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	1,00	0,24
12	$\frac{80,9 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{29,55 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	0,81	0,00

Çizelge 4.11'in Devamı.

13	$\frac{79,8 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{33,52 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	0,78	0,17
14	$\frac{63,1 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{34,61 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	0,30	0,21
15	$\frac{86,8 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{34,37 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	0,99	0,20
16	$\frac{78,5 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{35 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	0,74	0,23
17	$\frac{77,9 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{32,1 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	0,73	0,11
18	$\frac{76,9 - 52,9}{87,3 - 52,9}$	$\frac{31,88 - 29,55}{53,34 - 29,55}$	0,70	0,10

3. Adım: Normalize edilmiş serinin referans serisine olan uzaklık matrisi hesaplanır (Eşitlik 3.12). Çizelge 4.12'de uzaklık matrisi hesaplama şekliyle verilmiştir.

Çizelge 4.12. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Uzaklık Matrisi

	Nasıl Hesaplandı		**Hesap Sonucu**	
	Randıman (%)	**Mukavemet (cN/tex)**	**Randıman (%)**	**Mukavemet (cN/tex)**
Referans Seri	1,00	1,00	1,00	1,00
1	1 - 0,24	1 - 0,17	0,76	0,83
2	1 - 0,93	1 - 0,35	0,07	0,65
3	1 - 0,00	1 - 1,00	1,00	0,00
4	1 - 0,57	1 - 0,12	0,43	0,88
5	1 - 0,97	1 - 0,24	0,03	0,76
6	1 - 0,76	1 - 0,21	0,24	0,79
7	1 - 0,53	1 - 0,03	0,47	0,97
8	1 - 0,88	1 - 0,21	0,12	0,79
9	1 - 0,48	1 - 0,18	0,52	0,82
10	1 - 0,84	1 - 0,12	0,16	0,88
11	1 - 1,00	1 - 0,24	0,00	0,76
12	1 - 0,81	1 - 0,00	0,19	1,00
13	1 - 0,78	1 - 0,17	0,22	0,83
14	1 - 0,30	1 - 0,21	0,70	0,79
15	1 - 0,99	1 - 0,20	0,01	0,80
16	1 - 0,74	1 - 0,23	0,26	0,77
17	1 - 0,73	1 - 0,11	0,27	0,89
18	1 - 0,70	1 - 0,10	0,30	0,90

4. Adım: Uzaklık matrisi hesaplanmış serinin Eşitlik 3.11'e göre gri ilişkiler katsayı matrisi elde edilir. Tez kapsamında bu eşitlikte yer alan x, (0,1) arasındaki bir katsayı olup gri ilişkiler derece sonrası oluşacak sıralamayı etkilemediği için 1 olarak alınmıştır. Çizelge 4.13'de hesaplama şekli görülmektedir.

Çizelge 4.13. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Katsayı Matrisi

	Nasıl Hesaplandı		**Hesap Sonucu**	
	Randıman (%)	**Mukavemet (cN/tex)**	**Randıman (%)**	**Mukavemet (cN/tex)**
Referans Seri	1,00	1,00	1,00	1,00
1	$\frac{0+1}{0,76+1}$	$\frac{0+1}{0,83+1}$	0,57	0,55
2	$\frac{0+1}{0,07+1}$	$\frac{0+1}{0,65+1}$	0,93	0,60
3	$\frac{0+1}{1+1}$	$\frac{0+1}{0+1}$	0,50	1,00
4	$\frac{0+1}{0,43+1}$	$\frac{0+1}{0,88+1}$	0,70	0,53
5	$\frac{0+1}{0,03+1}$	$\frac{0+1}{0,76+1}$	0,97	0,57
6	$\frac{0+1}{0,24+1}$	$\frac{0+1}{0,79+1}$	0,80	0,56
7	$\frac{0+1}{0,47+1}$	$\frac{0+1}{0,97+1}$	0,68	0,51
8	$\frac{0+1}{0,12+1}$	$\frac{0+1}{0,79+1}$	0,90	0,56
9	$\frac{0+1}{0,52+1}$	$\frac{0+1}{0,82+1}$	0,66	0,55
10	$\frac{0+1}{0,16+1}$	$\frac{0+1}{0,88+1}$	0,86	0,53
11	$\frac{0+1}{0+1}$	$\frac{0+1}{0,76+1}$	1,00	0,57
12	$\frac{0+1}{0,19+1}$	$\frac{0+1}{1+1}$	0,84	0,50
13	$\frac{0+1}{0,22+1}$	$\frac{0+1}{0,83+1}$	0,82	0,55

Çizelge 4.13. Devamı

,	$\frac{0+1}{0,70+1}$	$\frac{0+1}{0,79+1}$	0,59	0,56
15	$\frac{0+1}{0,01+1}$	$\frac{0+1}{0,80+1}$	0,99	0,56
16	$\frac{0+1}{0,26+1}$	$\frac{0+1}{0,77+1}$	0,80	0,56
17	$\frac{0+1}{0,27+1}$	$\frac{0+1}{0,89+1}$	0,79	0,53
18	$\frac{0+1}{0,30+1}$	$\frac{0+1}{0,90+1}$	0,77	0,53

5. Adım: Bu adımda çıktıların performansa olan etkileri (ağırlıkları) belirlenir. Tez kapsamında 3 farklı kombinasyon ağırlıklandırma için bundan sonraki adımlar gerçekleştirilmiştir. Bu ağırlıklandırma kombinasyonları sırasıyla Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5; Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3; Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7'dir. Farklı ağırlıklar nedeniyle 6. adımdan sonraki bölümler farklılık gösterecektir. Bunlar sırasıyla verilmiştir.

Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 ağırlıklandırma için 6. Adım: Bu adımda ise Gri İlişkiler Derece Eşitlik 3.15 ile hesaplanır. Gri ilişkiler Derece büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bu sıralama sonucunda en büyük Gri İlişkiler Dereceye sahip deney kombinasyonu, en iyi çoklu performans karakteristiğine sahiptir. Çizelge 4.14'de Gri İlişkiler Derece hesaplama şekliyle verilmiş ve büyükten küçüğe doğru sıralaması görülmektedir. Çizelgenin son satırında Gri İlişkiler Derecelerinin ortalaması verilmiş olup bu değer 0,68'dir.

Çizelge 4.14. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Derecesi ve Sıralaması (Ağırlıklandırma Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 İçin)

	Gri İlişkiler Derecesi		**Sıralama**
Deney No	**Nasıl Hesaplandı**	**Sonuç**	
1	$(0{,}57 + 0{,}55) / 2$	0,56	18
2	$(0{,}93 + 0{,}60) / 2$	0,77	4
3	$(0{,}50 + 1{,}00) / 2$	0,75	5
4	$(0{,}70 + 0{,}53) / 2$	0,62	14
5	$(0{,}97 + 0{,}57) / 2$	0,77	3
6	$(0{,}80 + 0{,}56) / 2$	0,68	9
7	$(0{,}68 + 0{,}51) / 2$	0,59	16
8	$(0{,}90 + 0{,}56) / 2$	0,73	6
9	$(0{,}66 + 0{,}55) / 2$	0,60	15
10	$(0{,}86 + 0{,}53) / 2$	0,70	7
11	$(1{,}00 + 0{,}57) / 2$	**0,78**	**1**
12	$(0{,}84 + 0{,}50) / 2$	0,67	11
13	$(0{,}82 + 0{,}55) / 2$	0,68	8
14	$(0{,}59 + 0{,}56) / 2$	0,57	17
15	$(0{,}01 + 0{,}80) / 2$	0,77	2
16	$(0{,}26 + 0{,}77) / 2$	0,68	10
17	$(0{,}27 + 0{,}89) / 2$	0,66	12
18	$(0{,}30 + 0{,}90) / 2$	0,65	13
Ortalama Gri İlişkiler Derecesi		**0,68**	

Gri İlişkiler Derece grafiği Şekil 4.5'de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi 11 nolu deneyin gri ilişkiler derecesi en yüksektir.



Şekil 4.5. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Derece Grafiği (Ağırlıklandırma Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 İçin)

Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 ağırlıklandırma için 7. Adım: Gri İlişkiler Derece hesaplandıktan sonra deney faktörlerinin yeni seviyeleri belirlenir. Çizelge 4.15'de faktörlerin yeni seviyelerin hesaplanması toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 4.15. Hız, Viskozite ve İplik Numarası Faktörleri İçin Faktör Seviyelerinin Yeniden Hesaplanması (Ağırlıklandırma Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 İçin)

Faktör ve Seviyesi	**Çizelge 3.3'de ki Deney Numarası**	**Deney Numaralarına Karşılık Gelen Gri İlişkiler Derecesi Değeri ve Hesaplama**	**Yeni Seviye**
A1	1, 2,3	$(0,56+0,77+0,75)/3$	0,6921
A2	4, 5, 6	$(0,62+0,77+0,68)/3$	0,6890
A3	7, 8, 9	$(0,59+0,73+0,60)/3$	0,6419
A4	10, 11, 12	$(0,70+0,78+0,67)/3$	0,7179
A5	13, 14, 15	$(0,68+0,57+0,77)/3$	0,6758
A6	16, 17, 18	$(0,68+0,66+0,65)/3$	0,6614
B1	1, 4, 7, 10, 13, 16	$(0,56+0,62+0,59+0,70+0,68+0,68)/6$	0,6385
B2	2, 5, 8, 11, 14, 17	$(0,77+0,77+0,73+0,78+0,57+0,66)/6$	0,7132
B3	3, 6, 9, 12, 15, 18	$(0,75+0,68+0,60+0,67+0,77+0,65)/6$	0,6874
C1	1, 4, 9, 11, 15, 17	$(0,56+0,62+0,60+0,78+0,77+0,66)/6$	0,6651
C2	2, 5, 7, 12, 13, 18	$(0,77+0,77+0,59+0,67+0,68+0,65)/6$	0,6891
C3	3, 6, 8, 10, 14, 16	$(0,75+0,68+0,73+0,70+0,57+0,68)/6$	0,6849

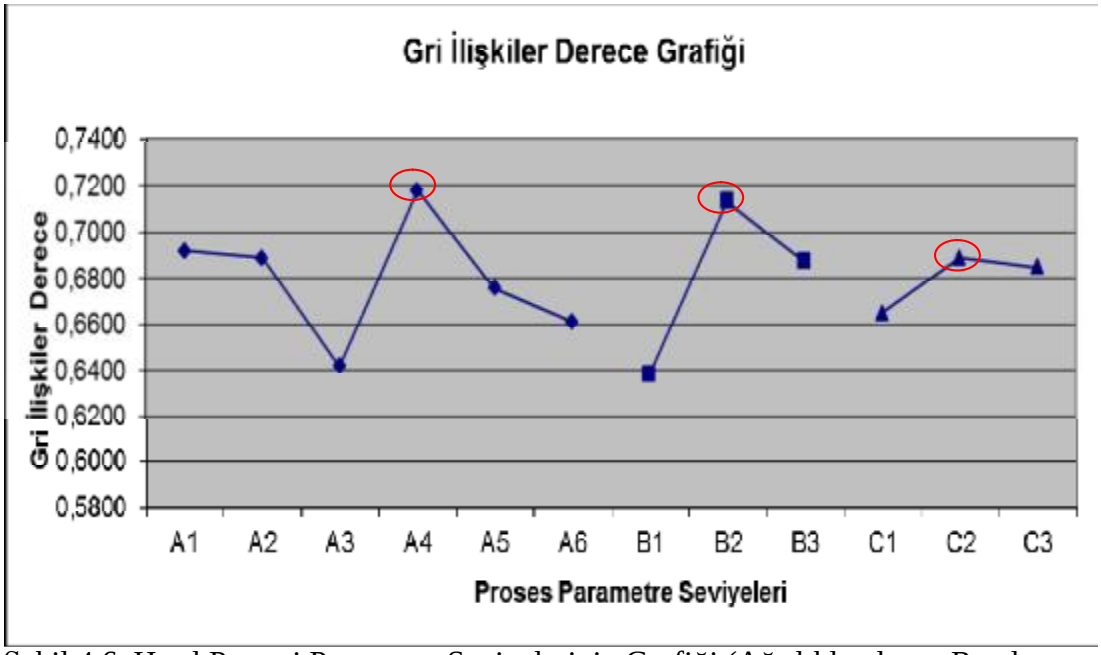
Çizelge 4.16'da ise faktörlerin yeni hesaplanan seviyeleri verilmiştir. Çizelgenin ilk sütunu faktörleri, ilk satırı ise seviyeleri ifade etmektedir. Son sütunda ise maksimum seviye ile minimum seviye arasındaki fark verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında faktörlerin en yüksek seviyeleri bize prosesin optimum seviyelerini

vermektedir. Çizelgeden de anlaşılacağı gibi A (Hız) faktörünün 4. seviyesi, B (Viskozite) faktörünün 2. seviyesi, C (İplik Numarası) faktörünün 2. seviyesi en yüksektir. Buna göre optimum proses parametreleri A4B2C2 olarak belirlenir. (Çizelge 4.1'de bu deney yer almamaktadır). 70 m/dk hız, 20 Ns/m^2 viskozite ve Ne 60/1 iplik numarası optimum proses şartlarıdır. Çizelgenin son sütununda seviyeleri arasında en büyük farkı olan faktörün de A (Hız) faktörü olduğu görülmektedir. Bunun anlamı haşıl prosesinin kalite parametrelerini etkileyen bu 3 faktör içinde en etkili faktör A (Hız) faktörüdür.

Çizelge 4.16. Hız, Viskozite ve İplik Numarası Faktörleri İçin Hesaplanan Yeni Faktör Seviyeleri(Ağırlıklandırma Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 İçin)

Faktörler	**Seviyeler**						**Max-Min**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	
A	0,6921	0,6890	0,6419	**0,7179**	0,6758	0,6614	**0,0760**
B	0,6385	**0,7132**	0,6874				0,0747
C	0,6651	**0,6891**	0,6849				0,0240

Şekil 4.6'de haşıl prosesi parametre seviyelerinin grafiği verilmiştir. Burada da optimum parametre seviyeleri görülmektedir.



Şekil 4.6. Haşıl Prosesi Parametre Seviyelerinin Grafiği (Ağırlıklandırma Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 İçin)

Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 ağırlıklandırma için 8. Adım: Bu adımda ANOVA testi yapılır. F değeri en yüksek olan faktör proses performansına etkisi en yüksek olan faktör olarak tespit edilir. Çizelge 4.17'de Ağırlıklandırma Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 İçin Gri İlişkiler Derecenin ANOVA testi verilmiştir. Çizelge'de en yüksek F değerine sahip Girdi parametresi B (Viskozite) olarak görülmektedir. Contribution (%) değeri de bunu desteklemektedir. Max-Min değerlerine bakıldığında (Çizelge 4.16) A ve B faktörleri arasındaki fark çok azdır. Burada da Contribution (%) değerleri birbirine çok yakındır. Max-Min tablosuna göre A'nıin etkili çıkmasını, aradaki farkın çok az olması nedeniyle farklı bir sonuç gibi değerlendirilmeyebilir.

Çizelge 4.17. Ağırlıklandırma Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 İçin Gri İlişkiler Derecenin ANOVA testi

Analysis of Variance for Means

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	Contribution (%)
A	5	0,010628	0,010628	0,002126	0,29	12,06493
B	2	0,017344	0,017344	0,008672	1,19	19,68895
C	2	0,001911	0,001911	0,000956	0,13	2,16937
Residual Error	8	0,058211	0,058211	0,007276		66,08128
Total	17	0,088094				

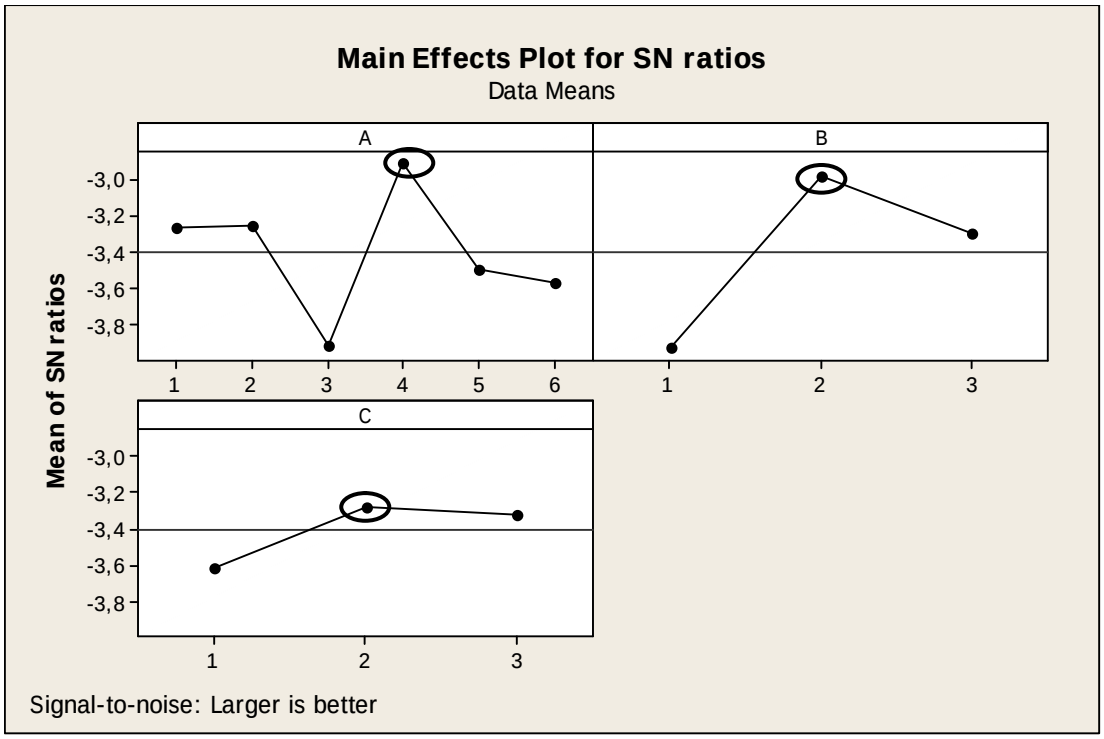
Çizelge 4.16 ve 4.17'ye göre Mukavemet ve Randıman üzerinde Girdi parametrelerinden Hız ve Viskozite etkilidir. En az etkiyi İplik Numarası göstermiştir.

Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 ağırlıklandırma için 9. Adım: Son adımda Taguchi Metodu uygulanarak S/N oranları hesaplanır. Elde edilen optimal değerlerde tahmin ve doğrulama deneyi yapılır. Ek-3'de Ağırlıklandırma Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 İçin Minitab 15® Analizi Ekran Görüntüsü verilmiştir. Çizelge 4.18'de Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 ağırlıklandırma için S/N oranları görülmektedir.

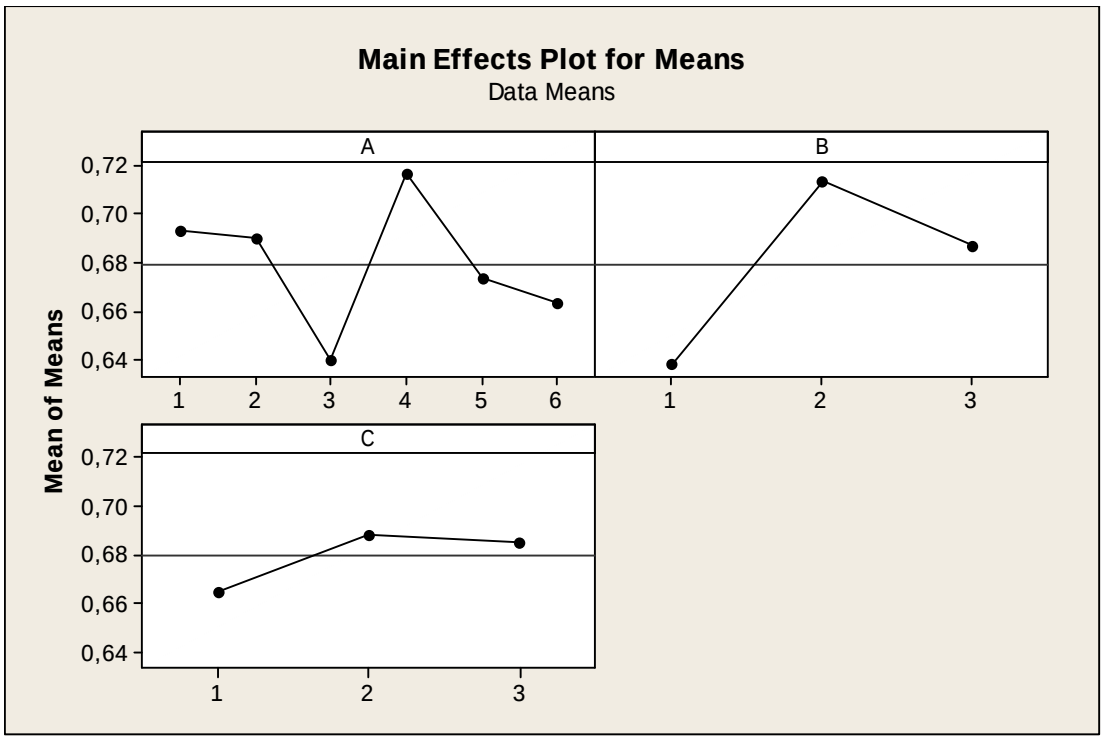
Çizelge 4.18. Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 Ağırlıklandırma İçin S/N Oranlarının Belirlenmesi

Deney No	**A (Hız m/dk)**	**B (Viskozite Ns/m^2)**	**C (Numara Ne)**	**S/N (dB)**
1	1	1	1	-3,99941
2	1	2	2	-2,73027
3	1	3	3	-3,07552
4	2	1	1	-3,98840
5	2	2	2	-2,71927
6	2	3	3	-3,06451
7	3	1	2	-4,32060
8	3	2	3	-3,41622
9	3	3	1	-4,01666
10	4	1	3	-3,35084
11	4	2	1	-2,70166
12	4	3	2	-2,68215
13	5	1	2	-3,90361
14	5	2	3	-2,99923
15	5	3	1	-3,59967
16	6	1	3	-4,00619
17	6	2	1	-3,35700
18	6	3	2	-3,33749

Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de de S/N oranı için ve Means için Minitab 15® paket programından elde edilen grafikler yer almaktadır. Optimum deney planı A4B2C2 şeklinde olup Şekil 4.6 Gri İlişkiler Derece grafiği ile uyumludur.



Şekil 4.7. Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 Ağırlıklandırma İçin S/N oranı Grafik



Şekil 4.8. Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 Ağırlıklandırma İçin Means Grafik

Doğrulama Deneyi: :Doğrulama deneyi için, yöntemin önermiş olduğu proses parametreleri işletme koşullarında gerçekleştirilerek Mukavemet ve Randıman çıktıları için ölçümler yapılmıştır. Tahmin ve yapılan deney için Gri İlişkiler Derecesi hesaplanmıştır. Gri İlişkiler Derecesindeki iyileşme de bulunmuştur. Bu bulgular Çizelge 4.19'da toplu olarak görülmektedir.

Başlangıç proses seviyesi deney tasarımındaki (1) nolu deney olup optimizasyon sonucu önerilen deney A4B2C2'dir. Başlangıç proses parametresinde bulunan yanıt değişkenlerine ait değerlerle optimizasyon sonucu önerilen deneyde (doğrulama deneyi) elde edilen değerler karşılaştırılır (Eşme ve ark., 2009; Khan ve ark., 2012; Hasani ve ark., 2012). Optimum proses parametrelerinde yapılan deney için hesaplanan Gri İlişkiler Derecesi ile Başlangıç proses parametreleri için hesaplanan Gri İlişkiler Derecesi arasındaki fark Gri İlişkiler Derecesindeki iyileşmeyi vermektedir.

Çizelge 4.19. Başlangıç ve Optimum Haşıl Prosesi Parametreleri Kullanılarak Elde Edilen Haşıl Proses Performans Sonuçları (Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 Ağırlıklandırma İçin)

	Başlangıç Proses Parametresi	**Optimum Proses Parametreleri**	
		Tahmin	**Deney**
Seviye	A1B1C1	A4B2C2	A4B2C2
Mukavemet (cN/Tex)	33,59		44,79
Randıman (%)	61,3		71,8
Gri İlişkiler Derecesi	0,56	0,76	0,71
Gri İlişkiler Derecesindeki İyileşme		0,15	

(1) nolu deney (A1B1C1) başlangıç tasarım olarak seçilir. Bu deney için Gri İlişkiler Derecesi = 0,56 hesaplanmıştır (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.19'da yer alan optimum tasarımın tahmin ettiği Gri İlişkiler Derecesi, Eşitlik 3.2'ye göre Çizelge 4.16'daki değerler kullanılarak hesaplanır.

Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 ağırlıklandırma için ortalama Gri İlişkiler Derecesi η_m, 0,68'dir. (Bakınız Çizelge 4.14) $\eta_{A4} = 0{,}7179$, $\eta_{B2} = 0{,}7132$ ve $\eta_{C2} = 0{,}6891$ şeklinde faktörlerin optimum seviyeleridir.

$$\eta = \eta_m + (\eta_{A4} - \eta_m) + (\eta_{B2} - \eta_m) + (\eta_{C2} - \eta_m)$$

$$\eta = 0{,}68 + (0{,}7179 - 0{,}68) + (0{,}7132 - 0{,}68) + (0{,}6891 - 0{,}68) = 0{,}76$$

$$\eta = 0{,}76$$

Optimum proses parametrelerinde yapılan deney için (A4B2C2) Gri İlişkiler Derecesi de metottaki 1. Adım, 2. Adım, 3. Adım, 4. Adım, 5. Adım ve 6. Adım uygulanarak aşağıdaki gibi hesaplanır ve 0,71 olarak bulunur.

	Randıman	Mukavemet
1. Adım:	71,8	44,79
2. Adım:	$\frac{71{,}8 - 52{,}9}{87{,}3 - 52{,}9} = 0{,}55$	$\frac{44{,}79 - 29{,}55}{53{,}34 - 29{,}55} = 0{,}64$
3. Adım:	$1 - 0{,}55 = 0{,}45$	$1 - 0{,}64 = 0{,}36$
4. Adım:	$\frac{0+1}{0{,}45+1} = 0{,}69$	$\frac{0+1}{0{,}36+1} = 0{,}74$
5. Adım:	Ağırlık Belirlenmesi (Burada 0,5-0,5 için hesap yapıldı.)	
6. Adım:	$(0{,}69 + 0{,}74)/2 = 0{,}71$	

Optimum proses parametrelerinde yapılan deney için hesaplanan Gri İlişkiler Derecesi (0,71) ile Başlangıç proses parametreleri için hesaplanan Gri İlişkiler Derecesi (0,56) arasındaki fark Gri İlişkiler Derecesindeki iyileşmeyi vermektedir. Bu değer tabloda 0,15 olarak görülmektedir.

Doğrulama deneyi için Gri İlişkiler Analizinin önermiş olduğu optimum deney planı (A4B2C2) deney planında yer almadığı için önerilen şartlar altında işletme koşullarında deney gerçekleştirilmiştir. Deney sonucunda Mukavemet ve Randıman çıktılarının sonuçları elde edilmiştir. Doğrulama deneyi için yapılan deneyde Mukavemet çıktısı 44,79 cN/Tex ve Randıman %71,8 olarak bulunmuştur.

Bu sonuca göre Çizelge 4.19'da da görüldüğü gibi, Mukavemet çıktısı için değer 33,59 cN/Tex'den 44,79 cN/Tex'e (%33,34'lük artış) ve Randıman çıktısı için de değer %61,3'den %71,8'e (%17,13'lük artış) yükselmiştir.

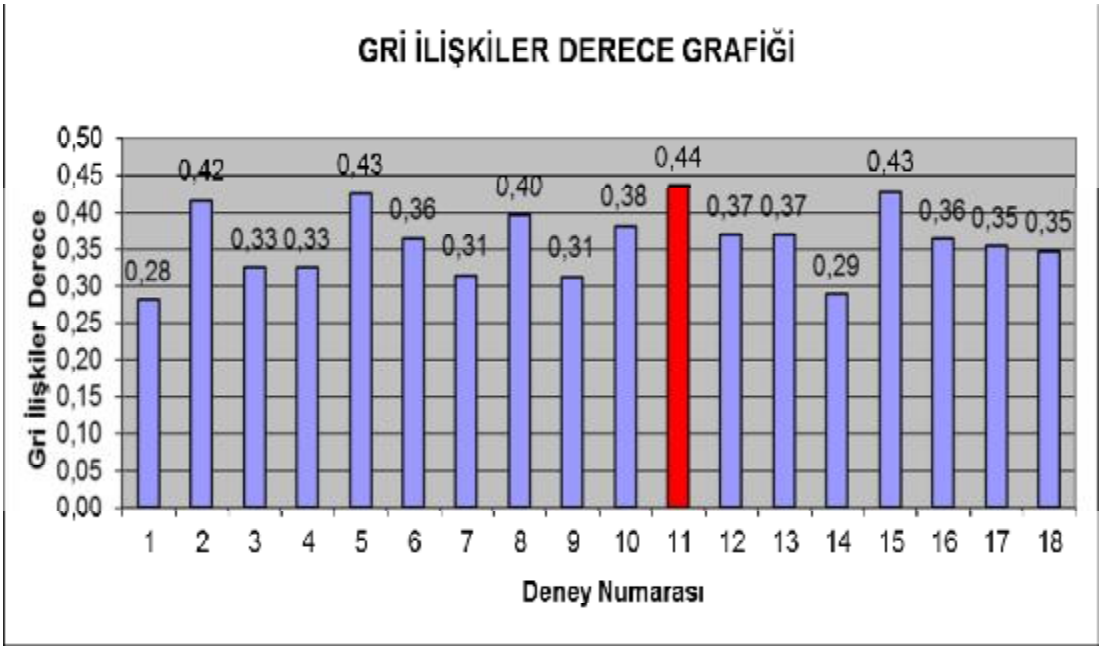
Gri İlişkiler Analizi yöntemine göre optimum proses parametreleri A4B2C2 olarak belirlenmişti. 70 m/dk hız, 20 Ns/m^2 viskozite ve Ne 60/1 iplik numarası Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 Ağırlıklandırma için optimum proses şartlarıdır. Bu şartlardaki haşıllı ipliklerle ilgili değerlendirme Taguchi Optimizasyonundaki gibidir (Bknz. sayfa 70).

Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 ağırlıklandırma için 6. Adım: Çizelge 4.20'de Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 ağırlıklandırma için Gri İlişkiler Derece ve sıralaması görülmektedir. Hesaplama şekli ayrıntılı olarak Ek-4'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Derece ve Sıralaması (Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin)

Deney No	Gri İlişkiler Derece	Sıralama
1	0,28	18
2	0,42	4
3	0,33	14
4	0,33	13
5	0,43	3
6	0,36	9
7	0,31	15
8	0,40	5
9	0,31	16
10	0,38	6
11	0,44	1
12	0,37	7
13	0,37	8
14	0,29	17
15	0,43	2
16	0,36	10
17	0,35	11
18	0,35	12
Ortalama Gri İlişkiler Derecesi	**0,36**	

Gri İlişkiler Derece grafiği Şekil 4.9'da verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi 11 nolu deneyin gri ilişkiler derecesi en yüksektir.



Şekil 4.9. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Derece Grafiği (Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin)

Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 ağırlıklandırma için 7. Adım: Gri İlişkiler Derece hesaplandıktan sonra deney faktörlerinin yeni seviyeleri belirlenir. Çizelge 4.21'de faktörlerin yeni seviyeleri olarak verilmiştir. Hesaplama şekli ayrıntılı olarak Ek-5'de yer almaktadır.

Çizelge 4.21. Hız, Viskozite ve İplik Numarası Faktörleri İçin Faktör Seviyelerinin Yeniden Hesaplanması (Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin)

Faktör ve Seviyesi	**Çizelge 3.3'de ki Deney Numarası**	**Yeni Seviye**
A1	1, 2,3	0,3411
A2	4, 5, 6	0,3718
A3	7, 8, 9	0,3416
A4	10, 11, 12	0,3959
A5	13, 14, 15	0,3623
A6	16, 17, 18	0,3551
B1	1, 4, 7, 10, 13, 16	0,3393
B2	2, 5, 8, 11, 14, 17	0,3864
B3	3, 6, 9, 12, 15, 18	0,3582
C1	1, 4, 9, 11, 15, 17	0,3562
C2	2, 5, 7, 12, 13, 18	0,3740
C3	3, 6, 8, 10, 14, 16	0,3537

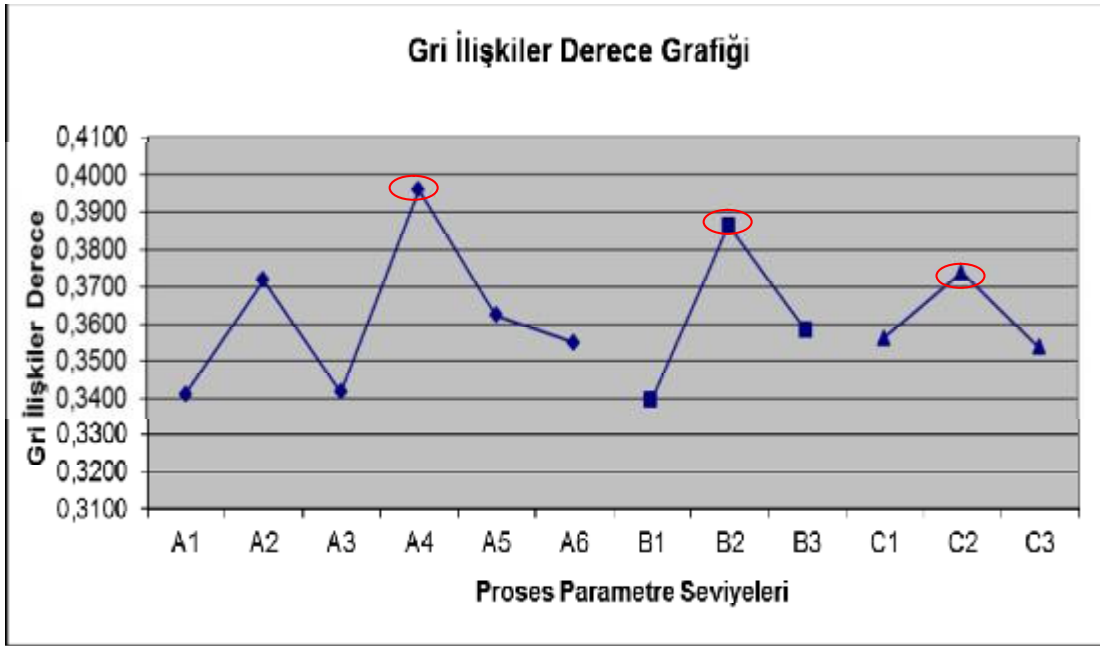
Çizelge 4.22'de ise faktörlerin yeni hesaplanan seviyeleri verilmiştir. Çizelgenin ilk sütunu faktörleri, ilk satırı ise seviyeleri ifade etmektedir. Son sütunda ise maksimum seviye ile minumum seviye arasındaki fark verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında faktörlerin en yüksek seviyeleri bize prosesin optimum seviyelerini vermektedir. Çizelgeden de anlaşılacağı gibi A (Hız) faktörünün 4. seviyesi, B

(Viskozite) faktörünün 2. seviyesi, C (İplik Numarası) faktörünün 2. seviyesi en yüksektir. Buna göre optimum proses parametreleri A4B2C2 olarak belirlenir (Çizelge 4.1'de bu deney yer almamaktadır). 70 m/dk hız, 20 Ns/m^2 viskozite ve Ne 60/1 iplik numarası optimum proses şartlarıdır. Çizelgenin son sütununda seviyeleri arasında en büyük farkı olan faktörün de A (Hız) faktörü olduğu görülmektedir. Bunun anlamı haşıl prosesinin kalite parametrelerini etkileyen bu 3 faktör içinde en etkili faktör A (Hız) faktörüdür.

Çizelge 4.22. Hız, Viskozite ve İplik Numarası Faktörleri İçin Hesaplanan Yeni Faktör Seviyeleri (Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin)

Faktörler	**Seviyeler**						**Max-Min**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	
A	0,3411	0,3718	0,3416	**0,3959**	0,3623	0,3551	**0,0548**
B	0,3393	**0,3864**	0,3582				0,0471
C	0,3562	**0,3740**	0,3537				0,0202

Şekil 4.10'da haşıl prosesi parametre seviyelerinin grafiği verilmiştir. Burada da optimum parametre seviyeleri görülmektedir.



Şekil 4.10. Haşıl Prosesi Parametre Seviyelerinin Grafiği (Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin)

Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 ağırlıklandırma için 8. Adım: Bu adımda ANOVA testi yapılır. F değeri en yüksek olan faktör proses performansına etkisi en yüksek olan faktör olarak tespit edilir. Çizelge 4.23'de Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin Gri İlişkiler Derecenin ANOVA testi verilmiştir. Çizelge'de en yüksek F değerine sahip Girdi parametresi B (Viskozite) olarak görülmektedir. Contribution (%) değeri de bunu desteklemektedir. Max-Min değerlerine bakıldığında (Çizelge 4.22) A ve B faktörleri arasındaki fark çok azdır. Burada da Contribution (%) değerleri birbirine çok yakındır. Max-Min tablosuna göre A'nın etkili çıkmasını aradaki farkın çok az olması nedeniyle farklı bir sonuç gibi değerlendirilmeyebilir.

Çizelge 4.23. Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin Gri İlişkiler Derecenin ANOVA testi

Analysis of Variance for Means

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	Contribution(%)
A	5	0,006419	0,006419	0,001284	0,44	16,89255
B	2	0,006729	0,006729	0,003364	**1,15**	17,70836
C	2	0,001463	0,001463	0,000731	0,25	3,850101
Residual Error	8	0,023388	0,023388	0,002924		61,54899
Total	17	0,037999				

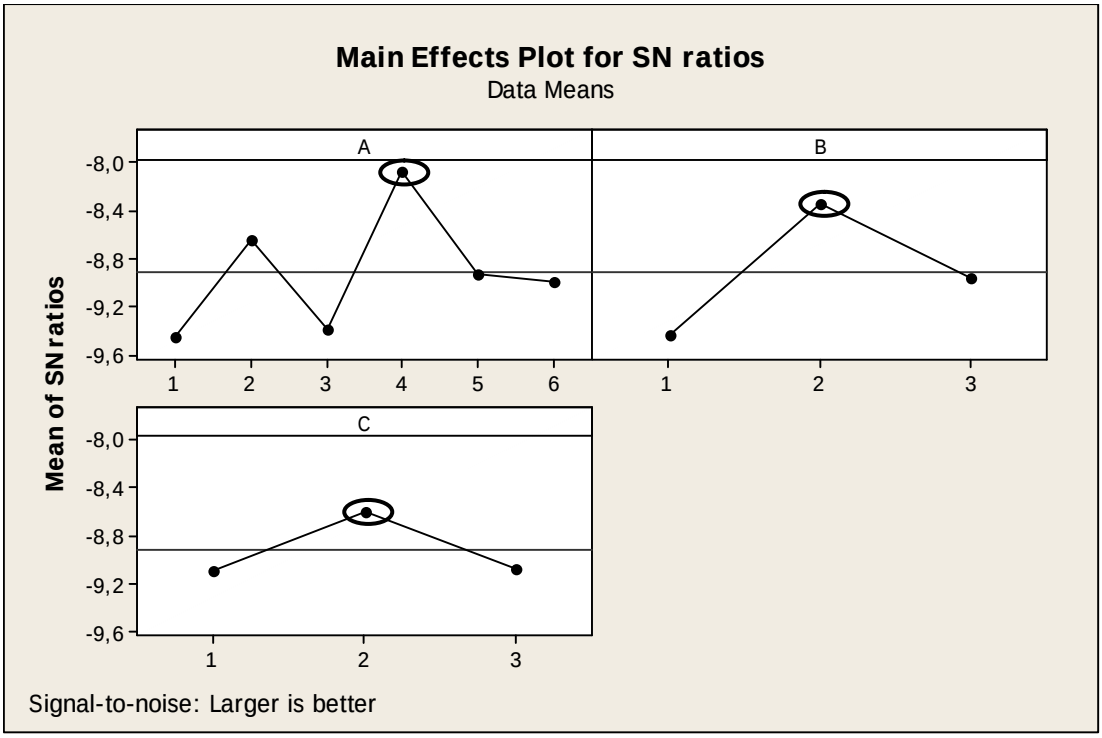
Çizelge 4.22 ve 4.23'e göre Mukavemet ve Randıman üzerinde Girdi parametrelerinden Hız ve Viskozite etkilidir. En az etkiyi İplik Numarası göstermiştir.

Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 ağırlıklandırma için 9. Adım: Son adımda Taguchi Metodu uygulanarak S/N oranları hesaplanır. Elde edilen optimal değerlerde tahmin ve doğrulama deneyi yapılır. Ek-6'da Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin Minitab 15® Analizi Ekran Görüntüsü verilmiştir. Çizelge 4.24'de Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 ağırlıklandırma için S/N oranları görülmektedir.

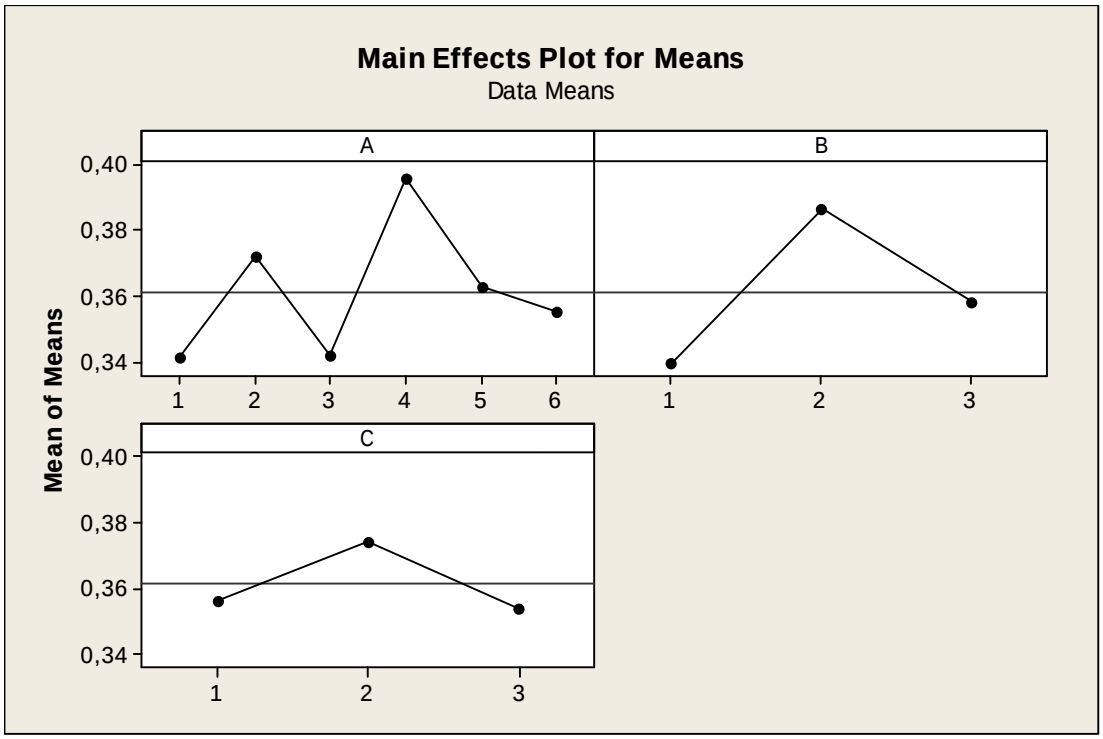
Çizelge 4.24. Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 Ağırlıklandırma İçin S/N Oranlarının Belirlenmesi

Deney No	**A (Hız m/dk)**	**B (Viskozite Ns/m^2)**	**C (Numara Ne)**	**S/N (dB)**
1	1	1	1	-10,1455
2	1	2	2	-8,5625
3	1	3	3	-9,6688
4	2	1	1	-9,3334
5	2	2	2	-7,7505
6	2	3	3	-8,8568
7	3	1	2	-9,5810
8	3	2	3	-8,9730
9	3	3	1	-9,5966
10	4	1	3	-8,7540
11	4	2	1	-7,6632
12	4	3	2	-7,7946
13	5	1	2	-9,1268
14	5	2	3	-8,5188
15	5	3	1	-9,1423
16	6	1	3	-9,6790
17	6	2	1	-8,5882
18	6	3	2	-8,7197

Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de de S/N oranı için ve Means için Minitab 15 ® paket programından elde edilen grafikler yer almaktadır. Optimum deney planı A4B2C2 şeklinde olup Şekil 4.10 Gri İlişkiler Derece grafiği ile uyumludur.



Şekil 4.11. Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 Ağırlıklandırma İçin S/N oranı Grafik



Şekil 4.12. Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 Ağırlıklandırma İçin Means Grafik

Doğrulama Deneyi:Doğrulama deneyi için, yöntemin önermiş olduğu proses parametreleri işletme koşullarında gerçekleştirilerek Mukavemet ve Randıman çıktıları için ölçümler yapılmıştır. Tahmin ve yapılan deney için Gri İlişkiler Derecesi hesaplanmıştır. Gri İlişkiler Derecesindeki iyileşme de bulunmuştur. Bu bulgular Çizelge 4.25'de toplu olarak görülmektedir.

Çizelge 4.25. Başlangıç ve Optimum Haşıl Prosesi Parametreleri Kullanılarak Elde Edilen Haşıl Proses Performans Sonuçları (Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 Ağırlıklandırma İçin)

	Başlangıç Proses Parametresi	**Optimum Proses Parametreleri**	
		Tahmin	**Deney**
Seviye	A1B1C1	A4B2C2	A4B2C2
Mukavemet (cN/Tex)	33,59		44,79
Randıman (%)	61,3		71,8
Gri İlişkiler Derecesi	0,28	0,43	0,35
Gri İlişkiler Derecesindeki İyileşme		0,07	

(1) nolu deney (A1B1C1) başlangıç tasarım olarak seçilir. Bu deney için Gri İlişkiler Derecesi = 0,28 hesaplanmıştır (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.25'de yer alan optimum tasarımın tahmin ettiği Gri İlişkiler Derecesi, Eşitlik 3.2'ye göre Çizelge 4.22'deki değerler kullanılarak hesaplanır. Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 ağırlıklandırma için ortalama Gri İlişkiler Derecesi η_m, 0,36'dir. (Bakınız Çizelge 4.20) $\eta_{A4} = 0{,}3959$, $\eta_{B2} = 0{,}3864$ ve $\eta_{C2} = 0{,}3740$ şeklinde faktörlerin optimum seviyeleridir.

$$\eta = \eta_m + (\eta_{A4} - \eta_m) + (\eta_{B2} - \eta_m) + (\eta_{C2} - \eta_m)$$

$$\eta = 0{,}36 + (0{,}3959 - 0{,}36) + (0{,}3864 - 0{,}36) + (0{,}3740 - 0{,}36) = 0{,}43$$

$$\eta = 0{,}43$$

Optimum proses parametrelerinde yapılan deney için (A4B2C2) Gri İlişkiler Derecesi de metottaki 1. Adım, 2. Adım, 3. Adım, 4. Adım, 5. Adım ve 6. Adım uygulanarak 0,35 olarak hesaplanır (Bu hesaplama "Ağırlıklandırma 0,5-0,5"'dekine benzer şekilde yapılmıştır).

Optimum proses parametrelerinde yapılan deney için hesaplanan Gri İlişkiler Derecesi (0,35) ile Başlangıç proses parametreleri için hesaplanan Gri İlişkiler Derecesi (0,28) arasındaki fark Gri İlişkiler Derecesindeki iyileşmeyi vermektedir. Bu değer tabloda 0,07 olarak görülmektedir.

Doğrulama deneyi için Gri İlişkiler Analizinin önermiş olduğu optimum deney planı (A4B2C2) deney planında yer almadığı için önerilen şartlar altında işletme koşullarında deney gerçekleştirilmiştir. Deney sonucunda Mukavemet ve Randıman çıktılarının sonuçları elde edilmiştir. Doğrulama deneyi için yapılan deneyde Mukavemet çıktısı 44,79 cN/Tex ve Randıman %71,8 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre Çizelge 4.25'de de görüldüğü gibi, Mukavemet çıktısı için değer 33,59 cN/Tex'den 44,79 cN/Tex'e (%33,34'lük artış) ve Randıman çıktısı için de değer %61,3'den %71,8'e (%17,13'lük artış) yükselmiştir.

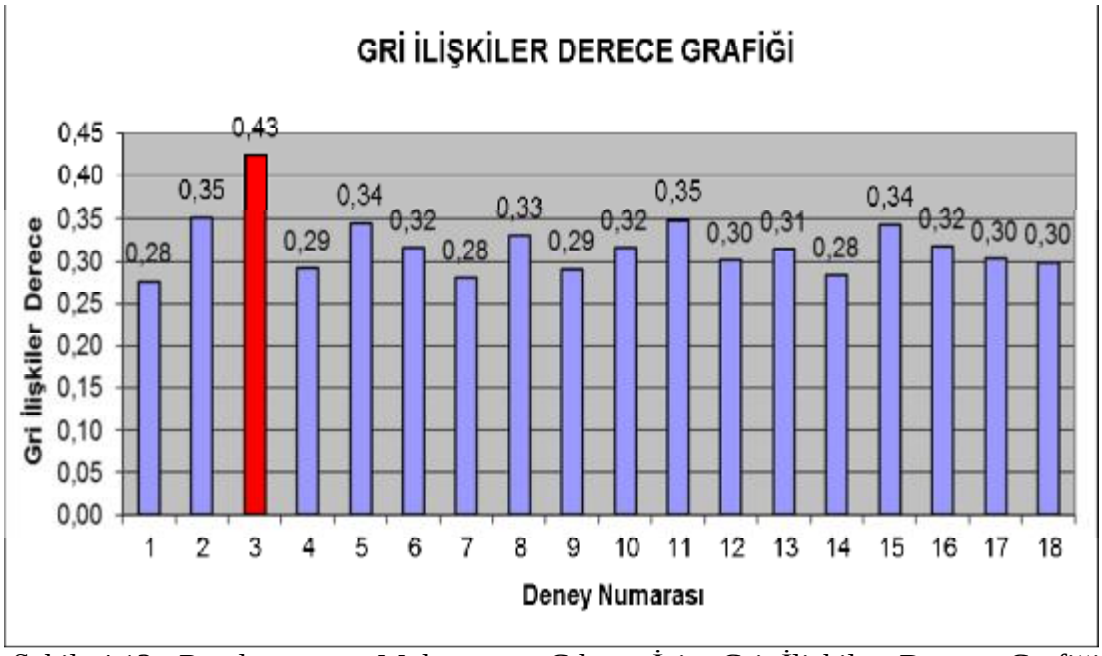
Gri İlişkiler Analizi yöntemine göre optimum proses parametreleri A4B2C2 olarak belirlenmişti. 70 m/dk hız, 20 Ns/m^2 viskozite ve Ne 60/1 iplik numarası Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 Ağırlıklandırma için optimum proses şartlarıdır. Bu şartlardaki haşıllı ipliklerle ilgili değerlendirme Taguchi Optimizasyonundaki gibidir (Bknz. sayfa 70).

Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 ağırlıklandırma için 6. Adım: Çizelge 4.26'da Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 ağırlıklandırma için Gri İlişkiler Derece ve sıralaması görülmektedir. Hesaplama şekli ayrıntılı olarak Ek-7'de verilmiştir.

Çizelge 4.26. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Derece ve Sıralaması (Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin)

Deney No	Gri İlişkiler Derece	Sıralama
1	0,28	18
2	0,35	2
3	0,43	1
4	0,29	14
5	0,34	4
6	0,32	8
7	0,28	17
8	0,33	6
9	0,29	15
10	0,32	9
11	0,35	3
12	0,30	12
13	0,31	10
14	0,28	16
15	0,34	5
16	0,32	7
17	0,30	11
18	0,30	13
Ortalama Gri İlişkiler Derecesi	**0,32**	

Gri İlişkiler Derece grafiği Şekil 4.13'de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi 3 nolu deneyin gri ilişkiler derecesi en yüksektir.



Şekil 4.13. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Derece Grafiği (Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin)

Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 ağırlıklandırma için 7. Adım: Gri İlişkiler Derece hesaplandıktan sonra deney faktörlerinin yeni seviyeleri belirlenir. Çizelge 4.27'de faktörlerin yeni seviyeleri olarak verilmiştir. Hesaplama şekli ayrıntılı olarak Ek-8'de yer almaktadır.

Çizelge 4.27. Hız, Viskozite ve İplik Numarası Faktörleri İçin Faktör Seviyelerinin Yeniden Hesaplanması (Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin)

Faktör ve Seviyesi	**Çizelge 3.3'de ki Deney Numarası**	**Yeni Seviye**
A1	1, 2,3	0,3510
A2	4, 5, 6	0,3173
A3	7, 8, 9	0,3003
A4	10, 11, 12	0,3220
A5	13, 14, 15	0,3135
A6	16, 17, 18	0,3063
B1	1, 4, 7, 10, 13, 16	0,2992
B2	2, 5, 8, 11, 14, 17	0,3268
B3	3, 6, 9, 12, 15, 18	0,3292
C1	1, 4, 9, 11, 15, 17	0,3089
C2	2, 5, 7, 12, 13, 18	0,3151
C3	3, 6, 8, 10, 14, 16	0,3312

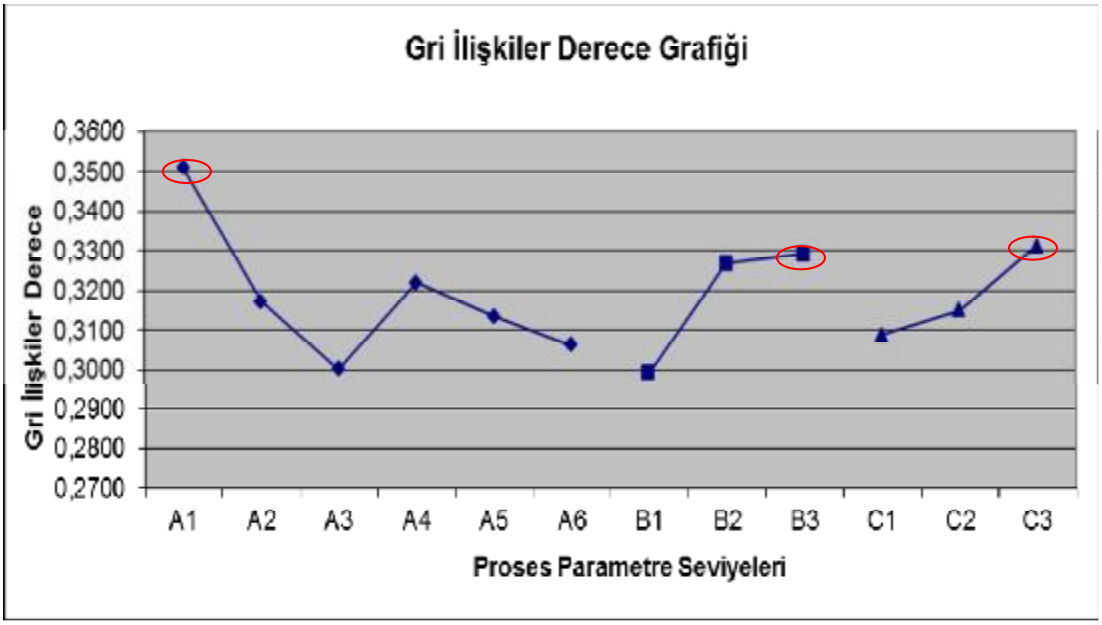
Çizelge 4.28'de ise faktörlerin yeni hesaplanan seviyeleri verilmiştir. Çizelgenin ilk sütunu faktörleri, ilk satırı ise seviyeleri ifade etmektedir. Son sütunda ise maksimum seviye ile minumum seviye arasındaki fark verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında faktörlerin en yüksek seviyeleri bize prosesin optimum seviyelerini vermektedir. Çizelgeden de anlaşılacağı gibi A (Hız) faktörünün 1. seviyesi, B

(Viskozite) faktörünün 3. seviyesi, C (İplik Numarası) faktörünün 3. seviyesi en yüksektir. Buna göre optimum proses parametreleri A1B3C3 olarak belirlenir (3 nolu deney) . 40 m/dk hız, 24 Ns/m^2 viskozite ve Ne 70/1 iplik numarası optimum proses şartlarıdır. Çizelgenin son sütununda seviyeleri arasında en büyük farkı olan faktörün de A (Hız) faktörü olduğu görülmektedir. Bunun anlamı haşıl prosesinin kalite parametrelerini etkileyen bu 3 faktör içinde en etkili faktör A (Hız) faktörüdür.

Çizelge 4.28. Hız, Viskozite ve İplik Numarası Faktörleri İçin Hesaplanan Yeni Faktör Seviyeleri (Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin)

Faktörler	**Seviyeler**						**Max-Min**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	
A	**0,3510**	0,3173	0,3003	0,3220	0,3135	0,3063	**0,0508**
B	0,2992	0,3268	**0,3292**				0,0300
C	0,3089	0,3151	**0,3312**				0,0223

Şekil 4.14'de haşıl prosesi parametre seviyelerinin grafiği verilmiştir. Burada da optimum parametre seviyeleri görülmektedir.



Şekil 4.14. Haşıl Prosesi Parametre Seviyelerinin Grafiği (Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin)

Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 ağırlıklandırma için 8. Adım: Bu adımda ANOVA testi yapılır. F değeri en yüksek olan faktör proses performansına etkisi en yüksek olan faktör olarak tespit edilir. Çizelge 4.29'da Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin Gri İlişkiler Derecenin ANOVA testi verilmiştir. Çizelge'de en yüksek F değerine sahip Girdi parametresi B (Viskozite) olarak görülmektedir. Contribution (%) değeri bununla uyumlu olmayıp en etkili girdi parametresinin A (Hız) olduğunu göstermektedir. Belirlenen yeni seviyelerin bulunduğu Çizelge 4.28 ile Contribution (%) değeri uyumluluk göstermektedir.

Çizelge 4.29. Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin Gri İlişkiler Derecenin ANOVA testi

Analysis of Variance for Means

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	Contribution (%)
A	5	0,004733	0,004733	0,000947	0,64	**21,9293**
B	2	0,003340	0,003340	0,001670	**1,12**	15,47514
C	2	0,001591	0,001591	0,000796	0,53	7,371542
Residual Error	8	0,011919	0,011919	0,001490		55,22402
Total	17	0,021584				

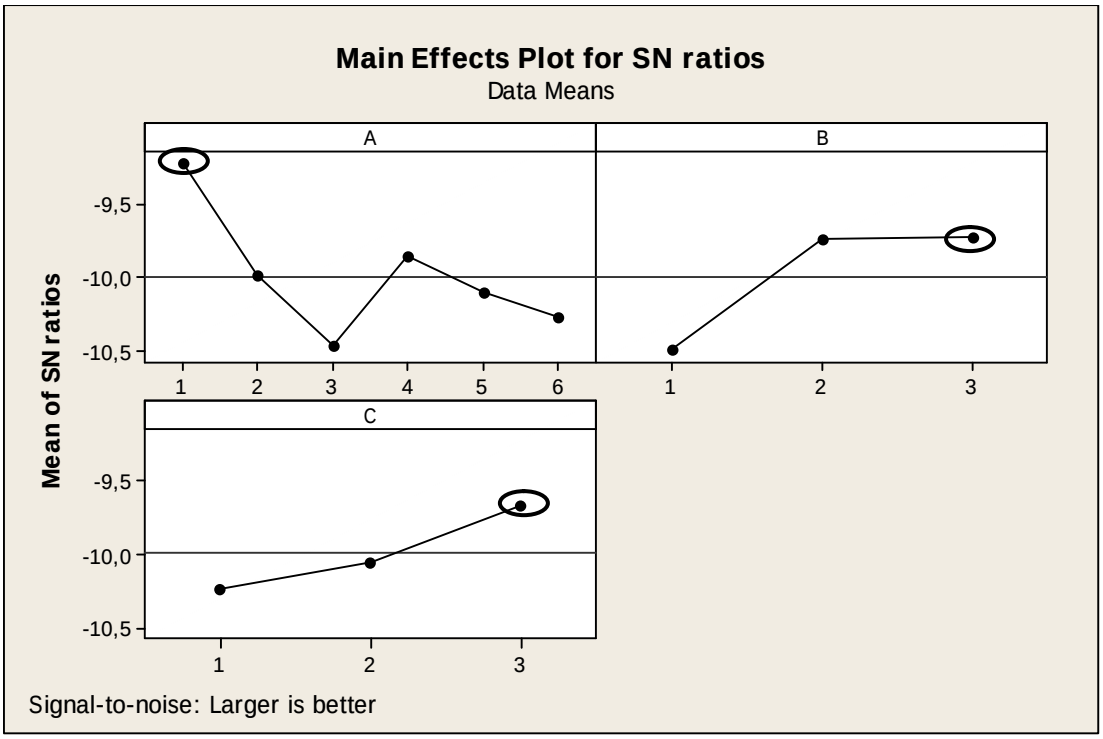
Çizelge 4.28 ve 4.29'a göre Mukavemet ve Randıman üzerinde Girdi parametrelerinden Hız ve Viskozite etkilidir. En az etkiyi İplik Numarası göstermiştir.

Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 ağırlıklandırma için 9. Adım: Son adımda Taguchi Metodu uygulanarak S/N oranları hesaplanır. Elde edilen optimal değerlerde tahmin ve doğrulama deneyi yapılır. Ek-9'da Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin Minitab 15® Analizi Ekran Görüntüsü verilmiştir. Çizelge 4.30'da Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 ağırlıklandırma için S/N oranları görülmektedir.

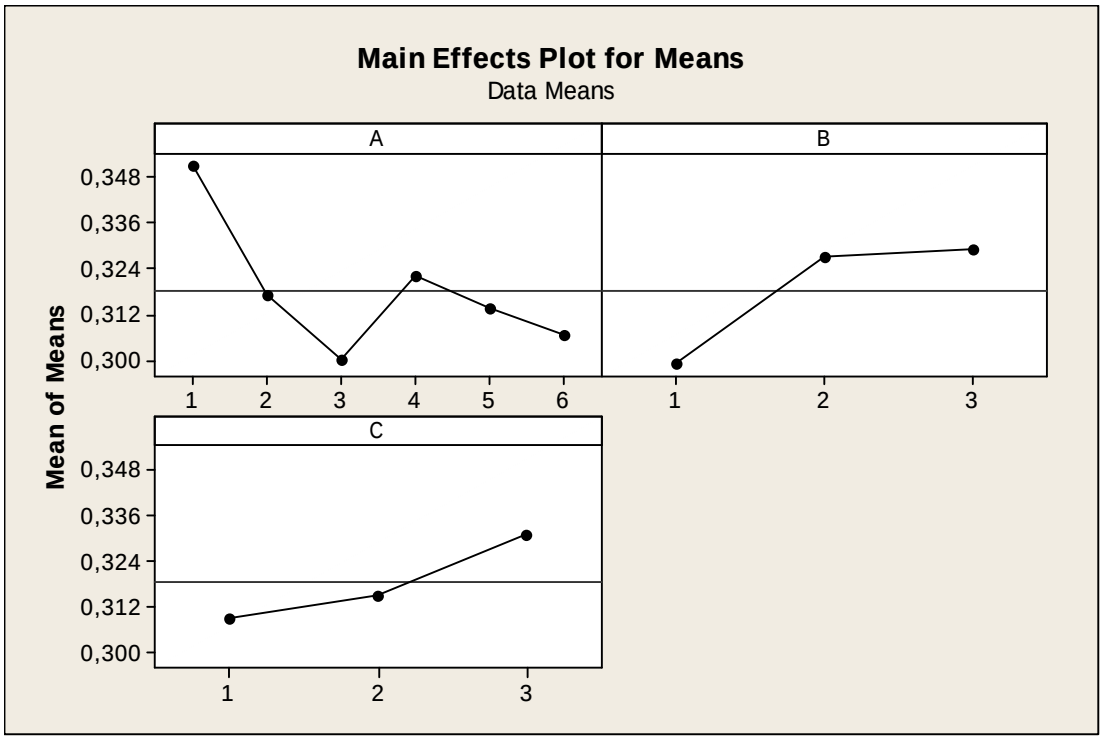
Çizelge 4.30. Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 Ağırlıklandırma İçin S/N Oranlarının Belirlenmesi

Deney No	**A (Hız m/dk)**	**B (Viskozite Ns/m^2)**	**C (Numara Ne)**	**S/N (dB)**
1	1	1	1	-9,9819
2	1	2	2	-9,0488
3	1	3	3	-8,6453
4	2	1	1	-10,7486
5	2	2	2	-9,8155
6	2	3	3	-9,4120
7	3	1	2	-11,0496
8	3	2	3	-9,9039
9	3	3	1	-10,4597
10	4	1	3	-10,0462
11	4	2	1	-9,8598
12	4	3	2	-9,6689
13	5	1	2	-10,6789
14	5	2	3	-9,5333
15	5	3	1	-10,0890
16	6	1	3	-10,4668
17	6	2	1	-10,2805
18	6	3	2	-10,0895

Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da de S/N oranı için ve Means için Minitab 15® paket programından elde edilen grafikler yer almaktadır. Optimum deney planı A1B3C3 şeklinde olup Şekil 4.14 Gri İlişkiler Derece grafiği ile uyumludur.



Şekil 4.15. Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 Ağırlıklandırma İçin S/N oranı Grafik



Şekil 4.16. Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 Ağırlıklandırma İçin Means Grafik

Doğrulama Deneyi: Doğrulama deneyi için, yöntemin önermiş olduğu proses parametreleri işletme koşullarında gerçekleştirilerek Mukavemet ve Randıman çıktıları için ölçümler yapılmıştır. Tahmin ve yapılan deney için Gri İlişkiler Derecesi hesaplanmıştır. Gri İlişkiler Derecesindeki iyileşme de bulunmuştur. Bu bulgular Çizelge 4.31'de toplu olarak görülmektedir.

Çizelge 4.31. Başlangıç ve Optimum Haşıl Prosesi Parametreleri Kullanılarak Elde Edilen Haşıl Proses Performans Sonuçları (Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 Ağırlıklandırma İçin)

	Başlangıç Proses Parametresi	**Optimum Proses Parametreleri**	
		Tahmin	**Deney**
Seviye	A1B1C1	A1B3C3	A1B3C3
Mukavemet (cN/Tex)	33,59		53,34
Randıman (%)	61,3		52,9
Gri İlişkiler Derecesi	0,28	0,37	0,43
Gri İlişkiler Derecesindeki İyileşme		0,15	

(1) nolu deney (A1B1C1) başlangıç tasarım olarak seçilir. Bu deney için Gri İlişkiler Derecesi = 0,28 hesaplanmıştır (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.31'de yer alan optimum tasarımın tahmin ettiği Gri İlişkiler Derecesi, Eşitlik 3.2'ye göre Çizelge 4.28'deki değerler kullanılarak hesaplanır. Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 ağırlıklandırma için ortalama Gri İlişkiler Derecesi η_m, 0,32'dir. (Bakınız Çizelge 4.26) $\eta_{A1} = 0{,}3510$, $\eta_{B3} = 0{,}3292$ ve $\eta_{C3} = 0{,}3312$ şeklinde faktörlerin optimum seviyeleridir.

$$\eta = \eta_m + (\eta_{A1} - \eta_m) + (\eta_{B3} - \eta_m) + (\eta_{C3} - \eta_m)$$

$$\eta = 0{,}32 + (0{,}3510 - 0{,}32) + (0{,}3292 - 0{,}32) + (0{,}3312 - 0{,}32) = 0{,}37$$

$$\eta = 0{,}37$$

Optimum proses parametrelerinde yapılan deney için (A1B3C3) Gri İlişkiler Derecesi de metottaki 1. Adım, 2. Adım, 3. Adım, 4. Adım, 5. Adım ve 6. Adım uygulanarak 0,43 olarak hesaplanır (Bu hesaplama "Ağırlıklandırma 0,5-0,5"'dekine benzer şekilde yapılmıştır).

Optimum proses parametrelerinde yapılan deney için hesaplanan Gri İlişkiler Derecesi (0,43) ile Başlangıç proses parametreleri için hesaplanan Gri İlişkiler Derecesi (0,28) arasındaki fark Gri İlişkiler Derecesindeki iyileşmeyi vermektedir. Bu değer tabloda 0,15 olarak görülmektedir.

Doğrulama deneyi için Gri İlişkiler Analizinin önermiş olduğu optimum deney planı (A1B3C3) deney planında yer almadığı için önerilen şartlar altında işletme koşullarında deney gerçekleştirilmiştir. Deney sonucunda Mukavemet ve Randıman çıktılarının sonuçları elde edilmiştir. Doğrulama deneyi için yapılan deneyde Mukavemet çıktısı 53,34 cN/Tex ve Randıman %52,9 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre Çizelge 4.31'de de görüldüğü gibi, Mukavemet çıktısı için değer 33,59 cN/Tex'den 53,34 cN/Tex'e (%58,79'luk artış) yükselmiştir. Randıman çıktısı için de değer %61,3'den %52,9'a (%13,7'lik azalış) düşmüştür. Mukavemet çıktısı ağırlıklandırmada 0,7 ağırlıkla daha önemli bir çıktı olarak ele alındığından randımandaki azalış, önemli bir azalış olarak dikkate alınmayabilir.

Gri İlişkiler Analizi yöntemine göre optimum proses parametreleri A1B3C3 olarak belirlenmişti. 40 m/dk hız, 24 Ns/m^2 viskozite ve Ne 70/1 iplik numarası Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 Ağırlıklandırma için optimum proses şartlarıdır. Bu şartlardaki haşıllı ipliklerle ilgili değerlendirme Taguchi Optimizasyonundaki gibidir (Bknz. sayfa 64).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

5.1.1.Taguchi Yönteminin Çıktılar Üzerindeki Sonuçları

5.1.1.1. Taguchi Yönteminin Mukavemet Çıktısı Üzerindeki Sonuçları

- Mukavemet çıktısının S/N oranı ANOVA analizi sonucuna göre Contribution (%) değeri en yüksek girdi parametresi Hız (A Parametresi) girdisi olup, Mukavemet çıktısı üzerinde %43,34'lük bir etkiye sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.3).
- Mukavemet çıktısının S/N oranı için yanıt tablosuna göre Rank ile belirtilen derecelendirmede en etkili girdi parametresinin Hız (A Parametresi), 2. etkili parametrenin İplik Numarası (C Parametresi), 3. etkili parametrenin ise Viskozite (B Parametresi) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.4).
- Mukavemet çıktısı için S/N oranı grafiğinde (Şekil 4.1) A (Hız) faktörünün en yüksek seviyesi 1. seviye, B (Viskozite) faktörünün en yüksek seviyesi 3. seviye, C (İplik Numarası) faktörünün en yüksek seviyesi 3. seviye olarak görülmüştür. Bu şartlar altında Taguchi Metodunun Mukavemet çıktısı için önerdiği optimum deney planı A1B3C3 olup, deney planında bu kombinasyon (3) nolu deney olarak görülmektedir. Optimum Mukavemet için Girdi değerleri:
  Hız 40 m/dk,
  Viskozite 24 Ns/m^2,
  İplik Numarası Ne 70/1
- Taguchi optimizasyon tekniği Mukavemet çıktısının optimize edilmesi için gerekli olan 54 deney sayısı yerine yapılan 18 deneyle optimum sonuca ulaşmamızı sağlamıştır.
- Taguchi optimizasyonuna göre en ince iplik için işletme koşullarında kullanılan viskozite reçetesinin dışında hazırlanan haşıl viskozitesi 24 Ns/m^2

olması gerektiği ve iplik sevk hızının da en düşük seviye olan 40 m/dk'da tutulması gerektiği ortaya konmuştur. İplik sevk hızı da işletmenin bu numaralı bir iplik için kullandığı hızdan daha düşük bir hız değeridir. Böylece optimizasyon tekniği ile en iyi mukavemet değeri için Ne 70/1 numaralı ipliğin üzerinde en etkili parametrelerin işletmenin uyguladığından farklı olduğu ortaya konmuştur. Çizelge 4.1'de de en yüksek mukavemet değeri 3 nolu deneydedir. Taguchi optimizasyonunun deney sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür.

- Viskozitesi 24 Ns/m^2, çözgü ipliği üzerinde iyi bir film tabakası oluşturması nedeniyle Mukavemet çıktısını olumlu şekilde etkilediği sonucuna varılabilir.

5.1.1.2. Taguchi Yönteminin Randıman Çıktısı Üzerindeki Sonuçları

- Randıman çıktısının S/N oranı ANOVA analizi sonucuna göre Contribution (%) değeri en yüksek girdi parametresi A (yani Hız) girdisi olup, Randıman çıktısı üzerinde % 33,56'lık bir etkiye sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.7).
- Randıman çıktısının S/N oranı için yanıt tablosuna göre Rank ile belirtilen derecelendirmede en etkili girdi parametresinin Hız (A Parametresi), 2. en etkili girdi parametresinin İplik Numarası (C Parametresi), 3. etkili girdi parametresinin ise Viskozite (B Parametresi) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.8).
- Randıman çıktısı için S/N oranı grafiğinde de (Şekil 4.3), A (Hız) faktörünün en yüksek seviyesi 4. seviye, B (Viskozite) faktörünün en yüksek seviyesi 2. seviye, C (İplik Numarası) faktörünün en yüksek seviyesi 2. seviye olduğu görülmüştür. Bu şartlar altında Taguchi Metodunun Randıman çıktısı için önerdiği optimum deney planı A4B2C2 olup, deney planında bu kombinasyon yer almamaktadır. Bu nedenle önerilen deney planı işletmede yapılarak sonuçlar elde edilmiştir.

  Hız 70 m/dk,

Viskozite 20 Ns/m^2,

İplik Numarası Ne 60/1 olduğu durum Randıman çıktısı için optimum kombinasyondur. Taguchi deney tasarımında yapılmasa dahi en iyi deney kombinasyonu önerisinde bulunabilmektedir.

- Taguchi optimizasyonuna göre orta kalınlıkta bir iplik için işletme koşullarında kullanılan viskozite reçetesi kullanılması gerektiği, iplik sevk hızının da orta seviye olan 70 m/dk hızda olması gerektiği ortaya konmuştur. Metodun önerdiği hız, işletme koşullarında uygulanan hızdan daha düşük bir hız değeridir. Böylece optimizasyon tekniği Ne 60/1 iplik numarası için en etkili parametrelerin haşıl viskozitesi için işletmenin uyguladığı viskozite değeri olduğu, fakat hız için işletmenin uyguladığı değerin dışında daha düşük bir hız değeri olduğu ortaya konmuştur. Çizelge 4.1.'deki Ne 60/1 iplik numaralarının bulunduğu deneylerdeki Randıman çıktısı değerlerinin ortalaması alındığında sonucun % 79,9 olduğu tespit edilmiştir. Randıman çıktısı için Taguchi Metodunun önermiş olduğu kombinasyon sonucu elde edilen Randıman çıktısı sonucu % 71,8 olup, ortalama sonucuna yakın bir değerdir. Bu iki sonucun birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

5.1.2. Gri İlişkiler Analizinin Performans Çıktıları Üzerindeki Sonuçları

Tez kapsamında Gri İlişkiler Analizine göre Randıman ve Mukavemet çıktılarının önem derecesine göre 3 farklı kombinasyonda ağırlıklandırma uygulanmıştır. Bu ağırlıklandırmalardan birincisi, Randıman ve Mukavemetin eşit oranda önemli olduğu 0,5-0,5 ağırlıklandırma, ikincisi Randımanın daha önemli olduğu 0,7-0,3 ağırlıklandırma ve üçüncüsü Mukavemetin daha önemli olduğu 0,3-0,7 ağırlıklandırmadır. Her 3 ağırlıklandırma sonucunda da her iki performans çıktısının en iyilenmesi amaçlanmıştır. Bu ağırlıklandırmaya göre Gri İlişkiler Analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

5.1.2.1. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Analizinin Performans Çıktıları Üzerindeki Sonuçları (Ağırlıklandırma Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 İçin)

- Bu ağırlıklandırmada hesaplanan Gri İlişki Derecesine göre yapılan deneyler arasında en yüksek Gri İlişki Derecesine sahip deney 0,78 ile (11) nolu deney (A4B2C1) olarak saptanmıştır (Çizelge 4.14).
- Analizin ilerleyen adımlarında ise faktörlerin yeni seviyeleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.16). Faktörler için elde edilen yeni seviyelerin en büyüğü ile en küçüğü arasındaki fark en büyük olan faktör, en etkili girdi parametresi olarak belirlenmiştir. Buna göre en etkili girdi parametresi Hız (A Parametresi) faktörüdür. Ayrıca elde edilen faktörlerin yeni seviyelerinde her bir faktör için en büyük değere sahip seviyeler saptanmıştır. Bu sonuca göre önerilen optimum girdi parametre seviyeleri Hız 70 m/dk, Viskozite 20 Ns/m^2, İplik Numarası Ne 60/1 (A4B2C2) olarak belirlenmiştir.
- Bir sonraki adımda yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.17) Contribution (%) değeri en yüksek % 19,68 ile Viskozite (B Parametresi) faktörüdür. Ancak Max-Min değerlerine bakıldığında (Çizelge 4.16) Hız (A Parametresi) ve Viskozite (B Parametresi) faktörleri arasındaki fark çok azdır. Çizelge 4.17'de de Contribution (%) değerleri Hız (A Parametresi) ve Viskozite (B Parametresi) için birbirine çok yakındır. Bu nedenle bu sonuç farklı bir sonuç olarak değerlendirilmemiştir. Literatürde ANOVA sonuçlarına göre yorum yapılmaktadır. Ancak tez çalışmasında sadece Taguchi Metoduyla yapılan optimizasyonda hem Mukavemet hem de Randıman için Hız parametresinin en etkili faktördür. Bu nedenle burada Contribution (%) değeri Viskoziteyi göstermiş olsa da Max- Min arasındaki farkın azlığı nedeniyle Hız parametresinin en etkili parametre olduğu sonucuna varılmıştır.
- Son adım olan doğrulama deneyi ile metodun önermiş olduğu A4B2C2 kombinasyonu için tahmini ve deney Gri İlişkiler Derecesi hesaplanmıştır.

Başlangıç tasarım olarak (1) nolu deney seçilerek bu deney ile metodun önermiş olduğu deney sonuçları, Gri İlişkiler Derecesi karşılaştırılmıştır. Doğrulama deneyi için Gri İlişkiler Analizinin önermiş olduğu optimum deney planı (A4B2C2) deney planında yer almadığı için önerilen şartlar altında işletme koşullarında deney gerçekleştirilmiştir. Deney sonucunda Mukavemet ve Randıman çıktılarının sonuçları elde edilmiştir. Doğrulama deneyi için yapılan deneyde Mukavemet çıktısı 44,79 cN/Tex ve Randıman %71,8 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre Çizelge 4.19'da da görüldüğü gibi, Mukavemet çıktısı için değer 33,59 cN/Tex'den 44,79 cN/Tex'e (%33,34'lük artış) ve Randıman çıktısı için de değer %61,3'den %71,8'e (%17,13'lük artış) yükselmiştir. Gri İlişkiler Analizi yöntemine göre optimum proses parametreleri A4B2C2 olarak belirlenmişti.

Hız 70 m/dk,

Viskozite 20 Ns/m^2,

İplik Numarası Ne 60/1,

Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 Ağırlıklandırma için optimum proses şartlarıdır.

5.1.2.2. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Analizinin Performans Çıktıları Üzerindeki Sonuçları (Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin)

- Bu ağırlıklandırmada hesaplanan Gri İlişki Derecesine göre yapılan deneyler arasında en yüksek Gri İlişki Derecesine sahip deney 0,44 ile (11) nolu deney (A4B2C1) olarak saptanmıştır (Çizelge 4.20).
- Analizin ilerleyen adımlarında ise faktörlerin yeni seviyeleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.22). Faktörler için elde edilen yeni seviyelerin en büyüğü ile en küçüğü arasındaki fark en büyük olan faktör, en etkili girdi parametresi olarak belirlenmiştir. Buna göre en etkili girdi parametresi Hız (A Parametresi) faktörüdür. Ayrıca elde edilen

faktörlerin yeni seviyelerinde her bir faktör için en büyük değere sahip seviyeler saptanmıştır. Bu sonuca göre önerilen optimum girdi parametre seviyeleri Hız 70 m/dk, Viskozite 20 Ns/m^2, İplik Numarası Ne 60/1 (A4B2C2) olarak belirlenmiştir.

- Bir sonraki adımda yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.23) Contribution (%) değeri en yüksek % 17,70 ile Viskozite (B Parametresi) faktörüdür. Ancak Max-Min değerlerine bakıldığında (Çizelge 4.22) Hız (A Parametresi) ve Viskozite (B Parametresi) faktörleri arasındaki fark çok azdır. Çizelge 4.23'de de Contribution (%) değerleri Hız (A Parametresi) ve Viskozite (B Parametresi) için birbirine çok yakındır. Bu nedenle bu sonuç farklı bir sonuç olarak değerlendirilmemiştir. Literatürde ANOVA sonuçlarına göre yorum yapılmaktadır. Ancak tez çalışmasında sadece Taguchi Metoduyla yapılan optimizasyonda hem Mukavemet hem de Randıman için Hız parametresinin en etkili faktördür. Bu nedenle burada Contribution (%) değeri Viskoziteyi göstermiş olsa da Max- Min arasındaki farkın azlığı nedeniyle Hız parametresinin en etkili parametre olduğu sonucuna varılmıştır.
- Son adım olan doğrulama deneyi ile metodun önermiş olduğu A4B2C2 kombinasyonu için tahmini ve deney Gri İlişkiler Derecesi hesaplanmıştır. Başlangıç tasarım olarak (1) nolu deney seçilerek bu deney ile metodun önermiş olduğu deney sonuçları, Gri İlişkiler Derecesi karşılaştırılmıştır. Doğrulama deneyi için Gri İlişkiler Analizinin önermiş olduğu optimum deney planı (A4B2C2) deney planında yer almadığı için önerilen şartlar altında işletme koşullarında deney gerçekleştirilmiştir. Deney sonucunda Mukavemet ve Randıman çıktılarının sonuçları elde edilmiştir. Doğrulama deneyi için yapılan deneyde Mukavemet çıktısı 44,79 cN/Tex ve Randıman %71,8 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre Çizelge 4.25'de de görüldüğü gibi, Mukavemet çıktısı için değer 33,59 cN/Tex'den 44,79 cN/Tex'e (%33,34'lük artış) ve Randıman çıktısı için de değer %61,3'den %71,8'e (%17,13'lük artış) yükselmiştir. Gri

İlişkiler Analizi yöntemine göre optimum proses parametreleri A4B2C2 olarak belirlenmişti.
Hız 70 m/dk,
Viskozite 20 Ns/m^2,
İplik Numarası Ne 60/1

Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 Ağırlıklandırma için optimum proses şartlarıdır.

5.1.2.3. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Analizinin Performans Çıktıları Üzerindeki Sonuçları (Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin)

- Bu ağırlıklandırmada hesaplanan Gri İlişki Derecesine göre yapılan deneyler arasında en yüksek Gri İlişki Derecesine sahip deney 0,43 ile (3) nolu deney (A1B3C3) olarak saptanmıştır (Çizelge 4.26).
- Analizin ilerleyen adımlarında ise faktörlerin yeni seviyeleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.28). Faktörler için elde edilen yeni seviyelerin en büyüğü ile en küçüğü arasındaki fark en büyük olan faktör, en etkili girdi parametresi olarak belirlenmiştir. Buna göre en etkili girdi parametresi Hız (A Parametresi) faktörüdür. Ayrıca elde edilen faktörlerin yeni seviyelerinde her bir faktör için en büyük değere sahip seviyeler saptanmıştır. Bu sonuca göre önerilen optimum girdi parametre seviyeleri Hız 40 m/dk hız, Viskozite 24 Ns/m^2 ve İplik Numarası Ne 70/1 (A1B3C3) olarak belirlenmiştir.
- Bir sonraki adımda yapılan ANOVA testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.29) Contribution (%) değeri en yüksek %21,92 ile Hız (A Parametresi) faktörüdür. Max-Min değerlerine bakıldığında (Çizelge 4.28) ile Contribution (%) değeri uyumluluk göstermektedir. Literatürde ANOVA sonuçlarına göre yorum yapılmaktadır. Ancak tez çalışmasında sadece Taguchi Metoduyla yapılan optimizasyonda hem Mukavemet hem de

Randıman için Hız parametresinin en etkili faktördür. Bu nedenle burada Contribution (%) değeri Viskoziteyi göstermiş olsa da Max- Min arasındaki farkın azlığı nedeniyle Hız parametresinin en etkili parametre olduğu sonucuna varılmıştır.

- Son adım olan doğrulama deneyi ile metodun önermiş olduğu A1B3C3 kombinasyonu için tahmini ve deney Gri İlişkiler Derecesi hesaplanmıştır. Başlangıç tasarım olarak (1) nolu deney seçilerek bu deney ile metodun önermiş olduğu deney sonuçları, Gri İlişkiler Derecesi karşılaştırılmıştır. Doğrulama deneyi için Gri İlişkiler Analizinin önermiş olduğu optimum deney planı (A1B3C3) deney planında yer almaktadır. Bu sonuca göre Çizelge 4.31'de de görüldüğü gibi, Mukavemet çıktısı için değer 33,59 cN/Tex'den 53,34 cN/Tex'e (%58,79'luk artış) yükselmiştir. Randıman çıktısı için de değer %61,3'den %52,9'a (%13,7'lik azalış) düşmüştür. Mukavemet çıktısı ağırlıklandırmada 0,7 ağırlıkla daha önemli bir çıktı olarak ele alındığından randımandaki azalış, önemli bir azalış olarak dikkate alınmayabilir. Gri İlişkiler Analizi yöntemine göre optimum proses parametreleri A1B3C3 olarak belirlenmişti.

Hız 40 m/dk,

Viskozite 24 Ns/m^2,

İplik Numarası Ne 70/1

Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 Ağırlıklandırma için optimum proses şartlarıdır.

5.1.3. Genel Sonuç

Tez çalışmasında tek bir yanıtın en iyilenmesi esasına dayalı Taguchi Metodu ile birden fazla yanıtın en iyilenmesi esasına dayalı Gri İlişkiler Analizi yöntemi sonuçları aşağıdaki Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2'de özet şeklinde verilmiştir.

Çizelge 5.1. Taguchi Yönteminin Çıktılar Üzerindeki Sonuçları

ÇIKTI	**HIZ**	**VİSKOZİTE**	**İPLİK NO**	**DENEY NO**	**SEVİYE**	**DENEY YAPILDI/ YAPIL-MADI**
MUKAVEMET	40 m/dk	24 Ns/m^2	Ne 70/1	3	**A1B3C3**	Yapıldı
RANDIMAN	70 m/dk	20 Ns/m^2	Ne 60/1	----	**A4B2C2**	Yapılma-dı

Çizelge 5.2. Gri İlişkiler Analizinin Performans Çıktıları Üzerindeki Sonuçları

AĞIRLIK	**GRİ İLİŞKİ DERECESİNE GÖRE**	**MAX-MİN'E GÖRE**	**ANOVA'YA GÖRE**	**S/N'E GÖRE**
RANDIMAN 0,5 – MUKAVEMET 0,5	**A4B2C1 (11 Nolu Deney)**	A4B2C2 (En etkili A (Hız))	B (Viskozite)	**A4B2C2 (Yapılmadı)**
RANDIMAN 0,7 – MUKAVEMET 0,3	**A4B2C1 (11 Nolu Deney)**	A4B2C2 (En etkili A (Hız))	B (Viskozite)	**A4B2C2 (Yapılmadı)**
RANDIMAN 0,3 – MUKAVEMET 0,7	**A1B3C3 (3 Nolu Deney)**	A1B3C3 (En etkili A (Hız))	F'ye göre: B (Viskozite) Contr. Göre: A (Hız)	**A1B3C3 (3 Nolu Deney)**

- Çizelge 5.1'de ilk sütunda tek tek en iyilenmek istenen çıktılar yer almaktadır. Diğer sütunlarda ise en iyilenmek istenen çıktı parametresine göre Taguchi Metodunun önermiş olduğu deney kombinasyonları görülmektedir. En son sütunda ise önerilen deneyin deney planı içinde yer alıp almadığı görülmektedir. Çizelgeden anlaşılacağı üzere

  Mukavemet çıktısı için Taguchi Metodu deney planında yer alan 40 m/dk hız,

24 Ns/m^2 viskozite ve
Ne 70/1 iplik numarası (A1B3C3) kombinasyonunu önermiştir.

Randıman çıktısı için ise deney planında yer almayan
70 m/dk hız,
20 Ns/m^2 viskozite ve
Ne 60/1 iplik numarası (A4B2C2) kombinasyonunu önermiştir.

- Çizelge 5.2'ye bakıldığında ilk sütunda çıktılara uygulanan ağırlıklandırma grupları verilmiştir. Sırasıyla diğer sütunlarda da Gri İlişkiler Derecesi sıralamasına göre önerilen deney numarası, bu deneyin hangi kombinasyona denk geldiği, hesaplanan yeni seviyelere göre önerilen faktör seviyeleri, ANOVA testine göre hangi faktörün daha etkili olduğu ve deneyin deney planında yer alıp almadığı verilmiştir. Çizelgede de faktörlerin seviyelerinin en büyüğü ve en küçüğü arasındaki farka göre en etkili parametre Hız (A) parametresi olduğu görülmüştür. ANOVA tabloları incelendiğinde Hız (A) ve Viskozite (B) faktörlerinin Contribution (%) değerleri arasındaki fark pek fazla olmadığından ANOVA testine göre Viskozite (B) faktörünün etkili olarak görülmesi farklı bir sonuç olarak değerlendirilmemelidir.
- Sonuç olarak haşıl prosesinde etkili parametrenin Hız (A) parametresi olduğuna karar verilmiştir. Gri İlişkiler Analizi de Randıman çıktısının ağırlığı eşit (0,5-0,5) ve daha yüksek olduğunda (0,7-0,3) olduğunda 70 m/dk hız, 20 Ns/m^2 viskozite ve Ne 60/1 iplik numarası (A4B2C2) deney kombinasyonunu önermiştir.

Bu sonuçta Çizelge 5.1'deki Randıman çıktısı için Taguchi Metodunun önermiş olduğu deney kombinasyonu ile uyumludur. Gri İlişikler Analizinde Mukavemet çıktısının ağırlı daha yüksek olduğu (0,3-0,7) durumda 40 m/dk hız, 24 Ns/m^2 viskozite ve Ne 70/1 iplik numarası (A1B3C3) deney kombinasyonunu önermiştir. Bu sonuçta Çizelge 5.1'deki Mukavemet çıktısı için Taguchi Metodunun önermiş olduğu deney kombinasyonu ile uyumludur.

Böylece çalışmada; Gri İlişkiler Analizinde ağırlıklandırma yoluyla bir çıktı parametresi olan plana çıkarıldığında elde edilen optimizasyon çıktısı, Taguchi Optimizasyonu ile tek başına optimize edilen çıktıyla uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

- Çalışmada haşıl alma ve rutubet değerleri için de deney planına göre ölçüm yapılmış; ancak planına göre yapılan deneylerde, 1 ölçüm sonucu elde edildiği için istatistiksel analiz yapılamamış ve varyansı hesaplanamamıştır. Dolayısıyla S/N oranları da hesaplanamamıştır. Bu nedenle metodun uygulanmasında bu çıktılar analiz edilememiştir. İstatistiksel analizi yapılmasa da Çizelge 4.1'de elde edilen haşıl alma ve rutubet değerleri verilmişti.

Tezde kullanılan pamuk materyali için işletme koşullarında haşıl alma değeri %12-13 civarında olmalıdır. Taguchi Metodunun Mukavemet çıktısı için önermiş olduğu deney planı olan 40 m/dk hız, 24 Ns/m^2 viskozite ve Ne 70/1 iplik numarası (A1B3C3) koşullarında elde edilen haşıl alma sonucu %17,16'dır. Taguchi Metodunun Randıman çıktısı için önermiş olduğu deney planı olan 70 m/dk hız, 20 Ns/m^2 viskozite ve Ne 60/1 iplik numarası (A4B2C2) koşullarında elde edilen haşıl alma sonucu ise %13'dür. Randıman 0,5-Mukavemet 0,5 Ağırlığında Gri İlişkiler Analizine Dayalı Taguchi Metodunun önermiş olduğu deney kombinasyonu 70 m/dk hız, 20 Ns/m^2 viskozite ve Ne 60/1 iplik numarası (A4B2C2) olup bu koşullarda elde edilen haşıl alma oranı %13'dür. Randıman 0,7-Mukavemet 0,3 Ağırlığında Gri İlişkiler Analizine Dayalı Taguchi Metodunun önermiş olduğu deney kombinasyonu 70 m/dk hız, 20 Ns/m^2 viskozite ve Ne 60/1 iplik numarası (A4B2C2) olup bu koşullarda elde edilen haşıl alma oranı %13'dür. Randıman 0,3-Mukavemet 0,7 Ağırlığında Gri İlişkiler Analizine Dayalı Taguchi Metodunun önermiş olduğu deney kombinasyonu 40 m/dk hız, 24 Ns/m^2 viskozite ve Ne 70/1 iplik numarası (A1B3C3) olup bu koşullarda elde edilen haşıl alma oranı %17,16'dır. Tüm önerilen kombinasyonlara bakıldığında Randıman çıktısının önemli olduğu durumlarda metodların önermiş olduğu kombinasyonda elde edilen haşıl alma değeri istenilen değerdedir. Mukavemet çıktısının önemli olduğu durumlarda metodların önermiş

olduğu kombinasyonda elde edilen haşıl alma değeri istenilen değerden yüksek çıkmıştır.

Tezde kullanılan pamuk materyali için işletme koşullarında rutubet değeri %8,5 civarında olmalıdır. Taguchi Metodunun Mukavemet çıktısı için önermiş olduğu deney planı olan 40 m/dk hız, 24 Ns/m^2 viskozite ve Ne 70/1 iplik numarası (A1B3C3) koşullarında elde edilen Rutubet sonucu %6,9'dur. Taguchi Metodunun Randıman çıktısı için önermiş olduğu deney planı olan 70 m/dk hız, 20 Ns/m^2 viskozite ve Ne 60/1 iplik numarası (A4B2C2) koşullarında elde edilen rutubet sonucu %6,3'dür. Randıman 0,5-Mukavemet 0,5 Ağırlığında Gri İlişkiler Analizine Dayalı Taguchi Metodunun önermiş olduğu deney kombinasyonu 70 m/dk hız, 20 Ns/m^2 viskozite ve Ne 60/1 iplik numarası (A4B2C2) olup bu koşullarda elde edilen rutubet değeri %6,3'dür. Randıman 0,7-Mukavemet 0,3 Ağırlığında Gri İlişkiler Analizine Dayalı Taguchi Metodunun önermiş olduğu deney kombinasyonu 70 m/dk hız, 20 Ns/m^2 viskozite ve Ne 60/1 iplik numarası (A4B2C2) olup bu koşullarda elde edilen rutubet değeri %6,3'dür. Randıman 0,3-Mukavemet 0,7 Ağırlığında Gri İlişkiler Analizine Dayalı Taguchi Metodunun önermiş olduğu deney kombinasyonu 40 m/dk hız, 24 Ns/m^2 viskozite ve Ne 70/1 iplik numarası (A1B3C3) olup bu koşullarda elde edilen rutubet değeri %6,9'dur. Tüm önerilen kombinasyonlarda elde edilen rutubet değeri olması gereken rutubet değerinin altında yer almaktadır. Bu durum daha sonra yapılacak çalışmalarla daha net olacak şekilde açıklığa kavuşturulabilir.

- Tez çalışmasında çalışmanın kapsamını belirlemek amacıyla maliyet ve iş etüdü çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalarda 1000 m çözgü ipliğinin haşıllamasında toplam 314 TL'lik maliyet ve 2 personel tahsisi ile 4 saatlik bir proses süresi tespit edilmiştir. Bu prosesle elde edilen haşıllı ipliklerde istenen performansın elde edilememesi halinde maliyet ve zaman kaybı da bu şekilde olacaktır. İşletme ortamında 4 saatlik süre kaybı oldukça ciddi bir üretim gecikmesidir. Üstelik 2 personel ve 4 saatlik üretim maliyeti de 314 TL (1000 m çözgü ipliği için)'lik maliyet de eklenecektir. Bu bilgiler ışığında yapılan optimizasyon çalışması işletme için önemli sonuçlar vermiştir.

5.2. Öneriler

Bu çalışma pamuk hammaddesi için Ne 50/1, Ne 60/1 ve Ne 70/1 iplik numaraları için 14, 20 ve 24 Ns/m^2 viskozite, 40, 50, 60, 70, 80, 90 m/dk hızlarda gerçekleşmiştir. İlerleyen çalışmalarda hammadde materyali değiştirilerek aynı numara, aynı viskozite ve aynı çalışma hızında hammadde değişiminin etkisi incelenebilir. Benzer şekilde İplik Numarası sabit tutulup hız ve viskozitenin optimum değerleri tespit edilebilir. Çalışma, 54 adet deneyin tamamının yapılması ile tam faktöriyel deney tasarımı ile tekrarlanabilir. Haşıl alma oranı ve rutubet (%) için istatistiksel analiz yapılabilecek şekilde aynı deneyde ipliğin farklı yerlerinden ölçüm yapılarak analize dahil edilebilir. Veriler optimizasyon yöntemi değiştirilerek incelenebilir ve alternatif çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

ANİŞ, P., MİRZALI H., 2002-a. Haşıl Rejeneratının Ultrafiltrasyon Yöntemiyle Derişikleştirilmesinde Yardımcı Kimyasal Kullanımının Ultrafiltrasyon Verimi Üzerine Etkisi, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, Sayfa 27-33.

ANİŞ, P., MİRZALI H., 2002-b. Haşıl Rejeneratının Ultrafiltrasyon Yöntemiyle Derişikleştirilmesinde Sıcaklık Ve Sürenin Ultrafiltrasyon Verimi Üzerine Etkisi, Tekstil Maraton Dergisi, Eylül-Ekim, Sayfa 57-63.

ANONİM, 1989. Cost Factors Involved In The Design Of A Sizing/Desizing Treatment Plant, American Dyestuff Reporter, Sayı 78, no: 1, Ocak, sayfa 37-38, 41-42.

ANONİM, 1994. New Control For Sizing Machine, Textile Month, Şubat, sayfa 20

ANTONY, J., ANAD, R.B., KUMAR, M., TIWARI, M.K., 2006. Multiple Response Optimization Using Taguchi Methodology and Neuro-Fuzzy Based Model, Journal of Manufacturing Technology Management, vol 17 (7), Sayfa 908-925.

AY, E., 1998. Denizli ilindeki tekstil işletmelerinde uygulanan haşıllama sürecinin rehabilitasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

AYTAÇ, A., YILMAZ, B., DENİZ, V., 2008. Kord Bezi Üretiminde Büküm Yönünün Etkilerinin Farklı Deney Tasarımı Yöntemleri ile İncelenmesi, İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt:9, Sayı:1, Sayfa 61-71.

BALASUBRAMANIAN, S., GANAPATHY, S., 2011. Grey Relational Analysis to Determine Optimum Process Parameters for Wire Electro Discharge Machining (WEDM), International Journal of Engineering Science and Techonolgy, vol 3 (1), Sayfa 95-101.

BAŞER, İ., 1992. Elyaf Bilgisi. Marmara Üniversitesi Yayınları,İstanbul, Yayın No: 524, 179 s.

Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 2013, Kopma Mukavemeti Deney Föyü.

CHAN, L.K, WU, M.L., 1998. Prioritizing The Thecnical Measures in Quality Function Deployment, Quality Engineering, vol 10 (3), Sayfa 467-479.

CHENG, J.C., LAI, W.T., CHOU, C.Y., LIN H.H., 2007. Determination Of Sizing Conditions For E Class Glass Fibre Yarn Using Taguchi Parameter Design, Materials Science and Technology, Vol 23, No 6, Sayfa 683-687.

DJORDJEVIC, S., NIKOLIC, L., UROSEVIC, S., DJORDJEVIC, D., 2012. Importance Of Polymer Size Rheology For Efficient Sizing Of Cotton Warp Yarns, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, 2, Sayfa 77-82.

DOBRZANSKI, L. A., DOMAGALA, J., SILVA, J.F., 2007. Application of Taguchi Method in The Optimisation of Filament Winding of Thermoplastic Composites, Archives of Materials Science and Engineering, Mart, Vol: 28, Sayfa 133-140.

EKEN, S. 1992. Haşıl İşleminin Çözgü Kopuşlarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

EREN, R., 2009. Dokuma Hazırlık Teknolojisi, Marmara Kitap Merkezi, Bursa, 232 sayfa.

ERYİĞİT, E, 2004. Haşıl Kimyasallarının İncelenmesi ve İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.

EŞME, U., BAYRAMOĞLU, M., AYDIN, H., 2009. Galetaj İşleminin Taguchi Tabanlı Gri İlişki Çözümlemesi ile Optimizasyonu, 2. Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumu, Çankaya Üniversitesi, Ankara, Sayfa 205-217.

FUNG, C.P., 2003. Manufacturing Process Optimization for Wear Property of Fiber –Reinforced Polybutylene Terephthalate Composites with Grey Relational Analysis, Wear, vol 254, Sayfa 298-306.

FUNG, C.P., KANG, P.C., 2005. Multi-response Optimization in Friction Properties of PBT Composites Using Taguchi Method and Principle Component Analysis, Journal of Materials Processing Technology, vol 170, Sayfa 602-610.

HAMZAÇEBİ, C., KUTAY, F., 2003. Taguchi Metodu: Bir Uygulama, Teknoloji Dergisi, Yıl 6, Sayfa 7-17.

HARI P. K., TEWARY A., 1985. Role of Moisture In The Performance Of Sized Yarn, Textile Research Journal, Sayı 9, Vol 55, Sayfa 567-571.

HASANI, H., SOMAYEH, A. T., GHAFOUR, A., 2012. Grey Relational Analysis to Determine the Optimum Process Parameters for Open-End Spinning Yarns, Journal of Engineered Fibers and Fabrics Volume 7, Issue 2, Sayfa 81-86.

HEBEISH, A., ABDEL-RAHMAN, A., EL-HILW, Z., and HASHEM, M., 2005. Cationized Starch Derived From Pre-Oxidized Starch For Textile Sizing and Printing, Starch/Stärke, 57, Sayfa 616-623.

HEBEISH, A., FAHMY, H. M., ABO-SHOSHA, H.M., IBRAHIM, N. A., 2006. Preparation of a Chemical Polyblend Sizing Agent via Polymerization of Acrylic Acid with Polyvinyl Alcohol, Polymer-Plastics Technology and Engineering, vol 45, Sayfa 309–315.

HSU, C.I., WEN, Y.H., 2000. Application of Grey Theory and Multiobjective Programming Towards Airline Network Design, European Journal of Operatioanl Research, vol 127, Sayfa 44-68.

HUANG, J.T., LIAO,Y. S., 2003. Optimization of Machining Parameters of Wire – EDM Based On Grey Relational and Statistical Analyses, International Journal of Production Research, vol 41:8, p 1707-1720.

İÇ, Y.T., YILDIRIM, S., 2012. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Birlikte Taguchi Yöntemini Kullanarak Bir Ürünün Tasarımının Geliştirilmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 27, No 2, Sayfa 447-458.

JULONG, D., 1989. Introduction to Grey System Theory, The Journal of Grey System, vol 1, Sayfa 1-24.

KARABAY G., KURUMER G., 2011. A Study On Decreasing Lead Time Of Fabric Supply In An Apparel Subcontractor, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, 3, Sayfa 294-300.

KATOVIC, D., VUKUSIC, S.B., GRAGC, F.S., KOVACEVIC, S., SCHWARZ, I., 2008. The Effect of Microwave Drying on Warp Sizing, Textile Research Journal, volume 78, page 353-360.

KHAN, Z. A., SIDDIQUEE, A. N., KAMARUDDIN, S, 2012. Optimization of In-feed Centreless Cylindrical Grinding Process Parameters Using Grey Relational Analysis, Pertanika J. Sei. & Technol. Vol 20 (2), Sayfa 257 – 268.

KOPAC, J., KRAJNIK, P., 2007. Robust Design of Flank Milling Parameters Based On Grey-Taguchi Method, Journal of Materials Processing Technology, vol 191, p 400–403.

KOVACEVIC, S., HAJDAROVIC, K., GRANCARIC, A., 2000. Influence Of Warp Loading On Weaving Machines Upon Yarn Deformation, Textile Research Journal, July, page 603-610.

KOVACEVIC, S., SCHWARZ, I., BRNADA, S., 2008. Analysis Of Size Pick-Up And Mechanical And Surface Properties Of Multicolored Warps, Textile Research Journal, volume 78, page 158-167.

KUMAR A., ISHTIAQUE, S. M. , 2009. Optimisation of a Textile Process Using Taguchi Method, The Open Textile Journal, 2, Sayfa 16-28.

KUMAR A., ISHTIAQUE, S. M. , SALHOTRA, K. R., 2006. Study of Effect of Spınnıng Process Variables on the Packing Density of Ring, Rotor and Air-jet Yarns Using The Taguchi Method, AUTEX Research Journal, Vol. 6, No 3, September, Sayfa 122-135.

KUO C. J., SU T., HUNG L., 2007. The Construction and Analysis of Prediction Model in Combining Taguchi Method and Neural Network to The Dying Process, Polymer-Plastics Technology and Engineering, vol 46, Sayfa 1063–1071.

KUO, C. J., TU, H., 2009. Gray Relational Analysis Approach for the Optimization of Process Setting in Textile Calendering, Textile Research Journal, No:79, Sayfa 981-992.

KUO, C.F.J., SU, T.L., 2003. Gray Relational Analysis For Recognizing Fabric Defects, Textile Research Journal, vol 73 (5), Sayfa 461-465.

KUO,Y., YANG T., HUANG G.W., 2008. The Use of A Grey Based Taguchi Method for Optimizing Multi Response Simulation Problems, Engineering Optimization, vol 40. No.6 ,517-528.

LIAO, H.C., 2006. Multi-response Optimization Using Weighted Principal Component, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol 27, Sayfa 720-725.

LIN, J.L., LIN, C.L., 2002. The Use Of The Orthogonal Array With Grey Relational Analysis To Optimize The Electrical Discharge Machining Process With Multiple Performance Characteristics, International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol 42, p 237–244.

LIN, Z.C., HO, C.Y., 2003. Analysis and Application of Grey Relation and ANOVA in Chemical- Mechanical Polishing Process Parameters, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol 21, Sayfa 10-14.

LITAEIM, Y., and DHAHBI, M., 2010. Measurements And Correlation Of Viscosity And Conductivity For The Mixtures Of Ethylammonium Nitrate With Organic Solvents, Journal of Molecular Liquids, 155, Sayfa 42-50.

LO, S.P., 2002. The Application of An ANFIS and Grey System Method in Turning Tool-Failure Detection, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol 19, Sayfa 564-572.

LU, H.S., CHANG, C.K., HWANG, N.C., CHUNG, C.T., 2009. Grey Relational Analysis Coupled With Principal Component Analysis for Optimization Design of the Cutting Parameters in High-Speed End Milling, Journal of Materials Processing Technology, Volume 209, Sayfa 3808-3817.

MEZARCIÖZ, S., OĞULATA, T., 2010. Süprem Kumaşlarda Patlama Mukavemeti Değerinin Taguchi Ortogonal Dizayna Göre Optimizasyonu, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, Sayfa 320-328.

Minitab User's Guide2, Minitab Inc. 2000.

MONDAL, S., PAUL, C. P., KUKREJA, L. M., BANDYOPADHYAY, A., PAL, P. K. 2013. Application of Taguchi-based Gray Relational Analysis for Evaluating The Optimal Laser Cladding Parameters for AISI1040 Steel Plane Surface, Int J Adv Manuf Technol, vol 66, Sayfa 91-96.

ÖNCÜ, G. 2002. Dokuma Makinelerinde Dokuma İpliklerinin Kayıpların İncelenmesi Ve Mukavemetlerinin Arttırılması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.

ÖZGÜR, E., 2013. Seçilmiş Dokuma Kumaşların Kalite Özelliklerine Boyamanın ve Şardonlamanın Etkisinin İstatistiksel Yöntemlerle Araştırılması, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana, 144s.

PAN, L.K, WANG, C.C., WEI, S.L., SHER, H.F., 2007. Optimizing Multiple Quality Characteristics Via Taguchi Method- Based Grey Analysis, Journal of Materials Processing Technology, vol 182, Sayfa 107-116.

PAWADE, R. S., JOSHI, S. S., 2011. Multi-objective Optimization of Surface Roughness and Cutting Forces in High-speed Turning of Inconel 718 Using Taguchi Grey Relational Analysis (TGRA). The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Volume 56, Sayfa 47-62.

PINAR, A. M.., GÜLLÜ, A., 2010. Sayısal Denetimli Hidrolik Pozisyonlama Sisteminin Taguchi Metodu ile Optimizasyonu, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 25, No:1, Sayfa 93-100.

RAJYALAKSHMI, G., VENKATA RAMAIAH, P., 2013. Multiple Process Parameter Optimization of Wire Electrical Discharge Machining on Inconel 825 using Taguchi Grey Relational Analysis, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol 69, Sayfa 1249-1262.

SABIR, E. C., ve SARPKAYA, Ç., 2011. Haşıl Prosesinin Önemi, Maliyet Analizi, Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Tekstil ve Mühendis Dergisi, Yıl 18 , Sayı 83, 8-13.

SALHOTRA, K. R., ISHTIAQUE, S. M., KUMAR, A., 2006. Analysis of Spinning Process Using the Taguchi Method. Part I: Effect of Spinning Process Variables on Fibre Orientation and Tenacities of Sliver and Roving, The Textile Institute, Vol. 97 No. 4, Sayfa 271–283.

SAVAŞKAN, M., TAPTIK, Y., ÜRGEN, M., 2004. Deney Tasarımı Yöntemi ile Matkap Uçlarında Performans Optimizasyonu, İTÜ Dergisi Mühendislik, Aralık, Cilt:3, Sayı:6, Sayfa 117-128.

STEDIEL, H., LEITNER, H., 1997. Denim Kumaşların Haşıllanması, Melliand Türkiye Sayısı, 26-28.

STEGMAIER, T., WUNDERLICH, W., ABELE, H., HAGER, T., PLANCK, H., 2004. Filament İpliklerin Haşıllanmasında Gelişmiş Teknolojiler, Tekstil Maraton Dergisi, Eylül-Ekim, Sayfa 42-44.

SU T.L., CHEN, H. W., MA, C. M., LU, C. F., 2011. Improving the Quality of Combed Yarn Spun by OE Rotor Spinning Using The Grey-Taguchi Method, Fibres & Textiles in Eastern Europe, Vol. 19, No. 2 (85), Sayfa 23-27.

SU T.L., LU, C. F., 2011. Automated Vision System for Recognising Lycra Spandex Defects, Fıbres & Textıles in Eastern Europe, Vol. 19, No. 1 (84) Sayfa 43-46.

TARNG, Y.S., JUANG, S.C., CHANG, C.H. 2002. The Use of Grey-Based Taguchi Methods to Determine Submerged Arc Welding Process Parameters in Hardfacing, Journal of Materials Processing Technology, vol 128, p 1-6.

TONG, L.I., WANG, C.H., CHEN, H.C., 2005. Optimization of Multiple Responses Using Principial Component Analysis and Technique for Urder Preference by Similarity to Ideal Solution, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol 27, Sayfa 407-414.

TOSUN, N., 2006. Determination of Optimum Parameters for Multi-Performance Characteristics in Drilling by Using Grey Relational Analysis, Int J Adv Manuf Technol vol 28, p 450–455.

TRAUTER, J.ve STEGMAIER, T.,1992. ITV- Haşıl Regülatörü Sıcam ile Haşılda Yeni Kalite Standartları, Tekstil Maraton Dergisi, Temmuz-Ağustos, Sayfa 40-49.

TZENG, C-J., LIN, Y-H., YANG, Y-K., JENG, M-C., 2009. Optimization of Turning Operations With Multiple Performance Characteristics Using The Taguchi Method And Grey Relational Analysis, Journal of Materials Processing Technology, vol 209, p 2753-2759.

ÜNAL GÜRKAN P., ÖZDİL N., TAŞKIN C., ŞENOL M. F., 2010. Farklı Harmanlardan Üretilen Pamuk İpliklerinde Uç Birleştirme Bölgesinin Mukavemet Ve Uzama Özelliklerinin Tahminlenmesi, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, 2, Sayfa 109-114.

ÜNAL, İ. M., EKMEKCİ , A., DURAN, K., 2003. Tekstilde Kullanılan Haşıl Yardımcı Maddeleri, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, Sayfa 33-37.

ÜNAL, İ. M., EKMEKCİ , A. DURAN, K., 2004. Haşıl Maddesi Geri Kazanımı, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, Sayfa 99-103.

ÜSTÜNIŞIK, N. Z., 2007. Türkiye'deki İller ve Bölgeler Bazında Sosyo-ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması: Gri İlişkisel Analiz Yöntemi ve Uygulaması, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Sayfa 132.

VUKUSIC, S.B., KATOVIC, D., SCHRAMM, C., 2003. Influence Of Microwaves On Nonformaldehyde DP Finished Dyed Cotton Fabrics, Textile Research Journal, August, page 733-738.

WEBB C.J., WATERS G.T., THOMAS A.J., LIU G.P., THOMAS E.J.C., 2009. Optimising Splicing Parameters for Splice Aesthetics for a Continuous Filament Synthetic Yarn, The Journal of The Textile Institute, Vol. 100, No. 2, March, Sayfa 141–151.

WEN, K.L., 2004. The Grey System Analysis and Its Application in Gas Breakdown and Var Compensator Finding, International Journal of Computational Cognition, vol 2 (1), Sayfa 21-44.

WU, H.H., 2002. A Comparative Study of Using Grey Relational Analysis in Multiple Attribute Decesion Making Problems, Quality Engineering, vol 15 (2), Sayfa 209-217.

WUNDERLICH, W., STEGMEIER, T., HAGER, T., PLANCK, H.,2007. Kompakt ipliklerin haşıllanmasının dokuma prosesi üzerindeki etkileri, Tekstil Maraton Dergisi, 17(92):63-68.

YAO, G., GUO, J., ZHOU, Y., 2005. Predicting The Warp Breakage Rate in Weaving By Neural Network Techniques, Textile Research Journal, volume 75, page 274-278.

YILDIRIM, S., 2011. Ürün Tasarım Geliştirilmesi: Taguchi Tasarımı, Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 55 Sayfa

YILMAZ, E., GÜNGÖR, F., 2010. Gri İlişkisel Analiz Yöntemine Göre Farklı Sertliklerde Optium Takım Tutucusunun Belirlenmesi, 2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, Balıkesir Sayfa 1-9.

YOON, S. Y., PARK, C. K., KIM, H., KIM, S., 2010. Optimization of Fusing Process Conditions Using the Taguchi Method, Textile Research Journal, Vol 80(11), Sayfa 1016-1026.

ZERVENT, B., 2002. Havlu Üretimi ve Ürün Kalitesine Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

ZHU, Z., LI, Y., 2002. Effects Of Some Surfactants As Stabilizers To Reduce The Phase Separation Rates Of Blended Pastes For Warp Sizing, Textile Research Journal, volume 72, page 206-210.

ZHU, Z., QIAO, Z., KANG, C., and LI, Y., 2004. Effect Of Acrylate Constituent Units On The Adhesion Of Polyacrylate Sizes To Fiber Substrates, Journal of Applied Polymer Science, 91, Sayfa 3016-3022.

www.dogakimya.com/pratikbilgiler.htm, (Erişim Tarihi, 18 Ağustos 2011).

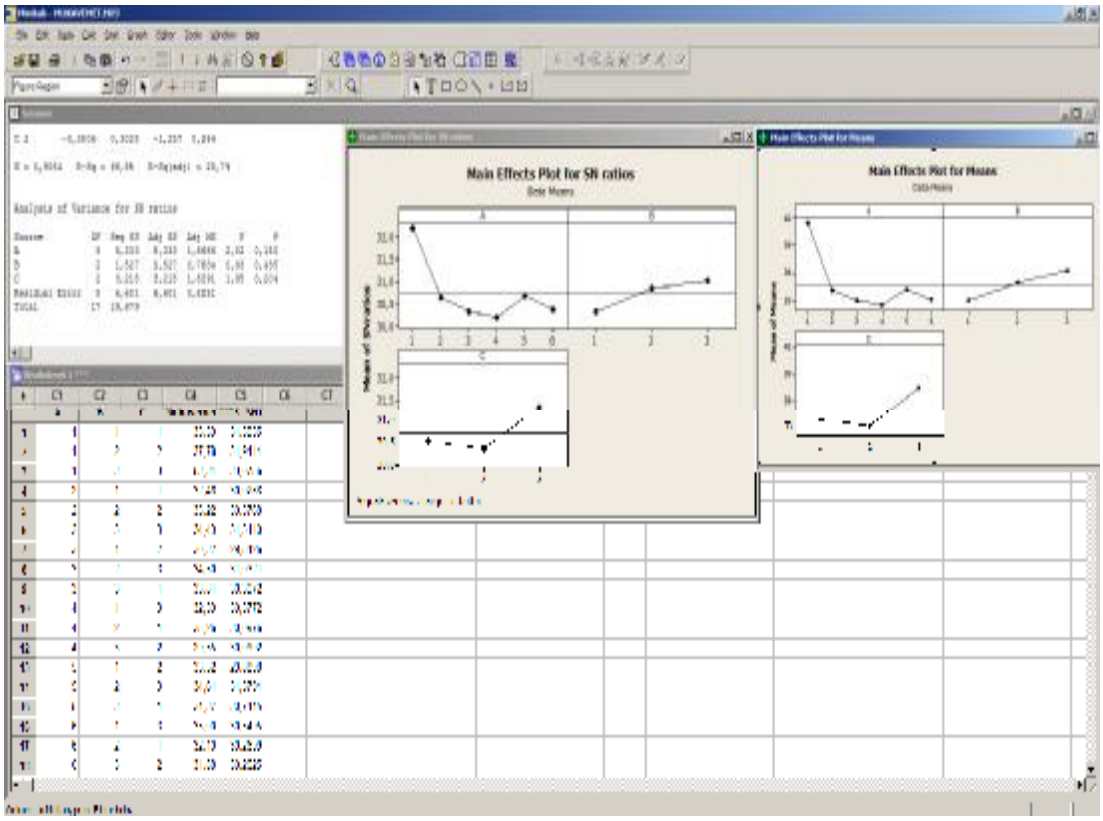
www.egeliihracatcilar.com/DersNotlari/02/02.pdf, (Erişim Tarihi, 10 Ocak 2014).

ÖZGEÇMİŞ

1980 Adana doğumludur. İlk, orta, ve lise tahsilini Adana'da tamamladı. 2001 yılında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2004 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programını bitirdi. Evli ve bir çocuk annesidir.

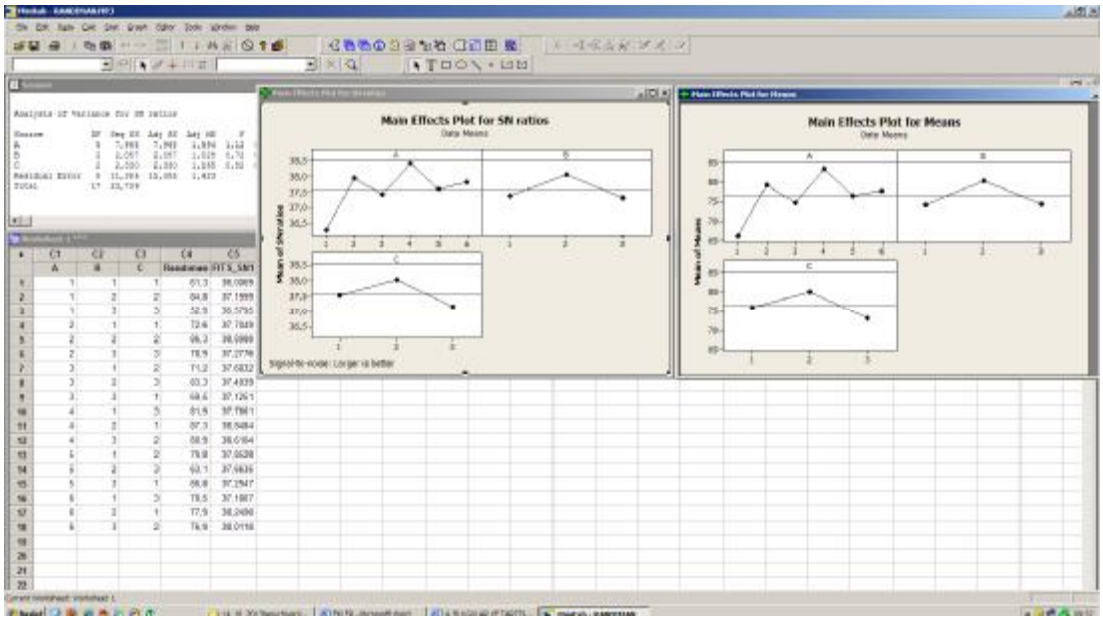
EKLER

Ek-1



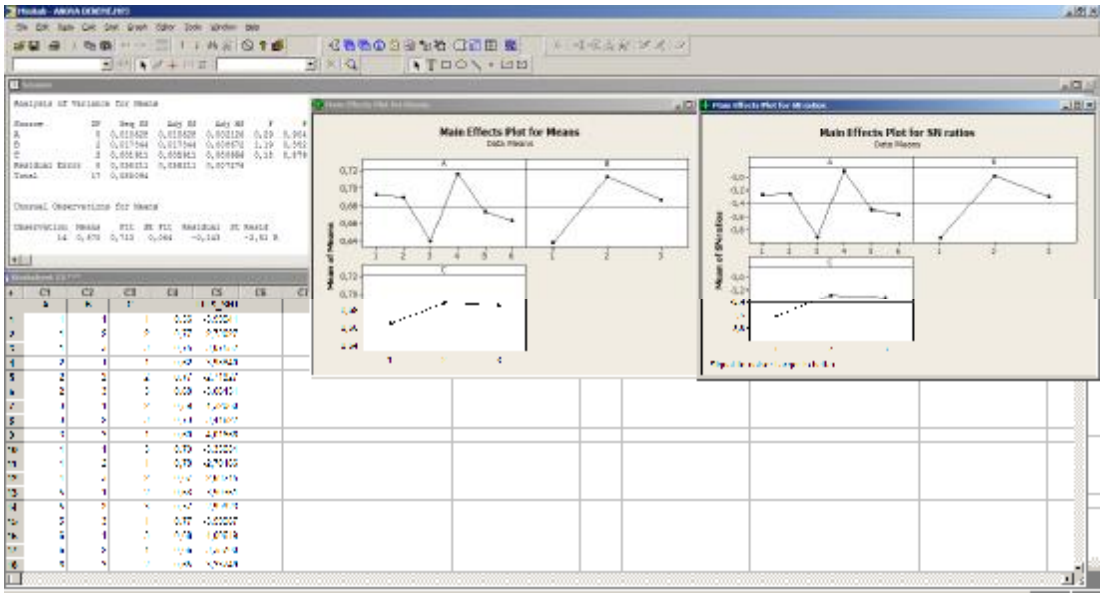
Mukavemet Çıktısı İçin Minitab 15 Ekran Görüntüsü

Ek-2



Randıman Çıktısı İçin Minitab 15 Ekran Görüntüsü

Ek-3



Ağırlıklandırma Randıman 0,5 ve Mukavemet 0,5 İçin Minitab 15 Analizi Ekran Görüntüsü

Ek-4

Çizelge 4.20. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Derece ve Sıralaması (Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin)

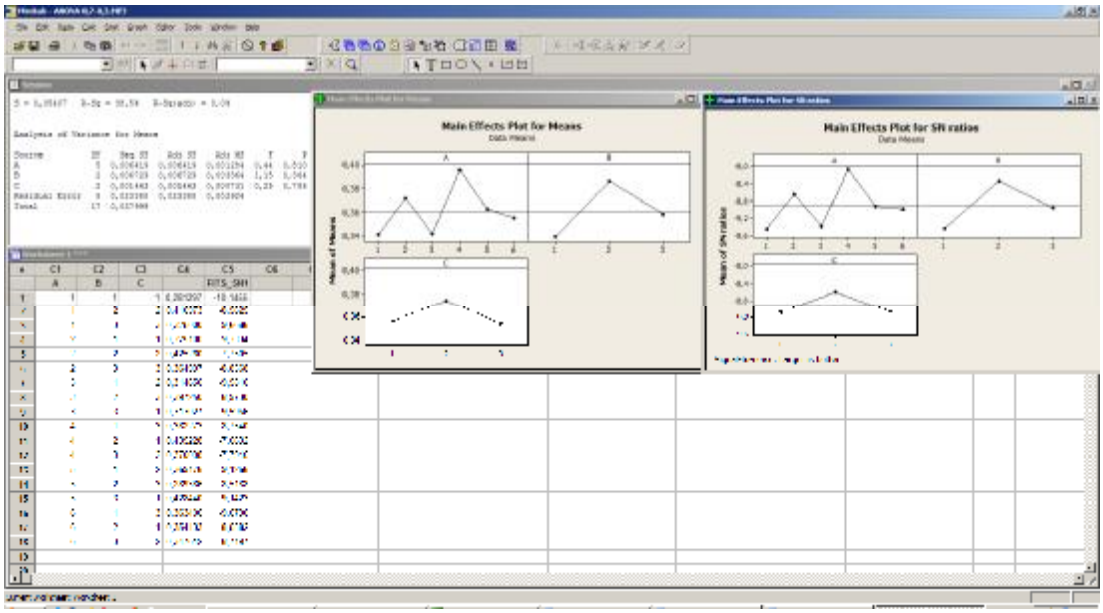
	Gri İlişkiler Derece		Sıralama
Deney No	**Hesaplama**	**Sonuç**	
1	$((0,7x0,57)+(0,3x0,55))/2$	0,28	18
2	$((0,7x0,93)+(0,3x0,60))/2$	0,42	4
3	$((0,7x0,50)+(0,3x1,00))/2$	0,33	14
4	$((0,7x0,70)+(0,3x0,53))/2$	0,33	13
5	$((0,7x0,97)+(0,3x0,57))/2$	0,43	3
6	$((0,7x0,80)+(0,3x0,56))/2$	0,36	9
7	$((0,7x0,68)+(0,3x0,51))/2$	0,31	15
8	$((0,7x0,90)+(0,3x0,56))/2$	0,40	5
9	$((0,7x0,66)+(0,3x0,55))/2$	0,31	16
10	$((0,7x0,86)+(0,3x0,53))/2$	0,38	6
11	$((0,7x1,00)+(0,3x0,57))/2$	0,44	1
12	$((0,7x0,84)+(0,3x0,50)/2$	0,37	7
13	$((0,7x0,82)+(0,3x0,55))/2$	0,37	8
14	$((0,7x0,59)+(0,3x0,56))/2$	0,29	17
15	$((0,7x0,01)+(0,3x0,80))/2$	0,43	2
16	$((0,7x0,26)+(0,3x0,77))/2$	0,36	10
17	$((0,7x0,27)+(0,3x0,89))/2$	0,35	11
18	$((0,7x0,30)+(0,3x0,90))/2$	0,35	12

Ek-5

Çizelge 4.21. Hız, Viskozite ve İplik Numarası Faktörleri İçin Faktör Seviyelerinin Yeniden Hesaplanması (Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin)

Faktör ve Seviyesi	**Çizelge 3.3'de ki Deney Numarası**	**Deney Numaralarına Karşılık Gelen Gri İlişkiler Derecesi Değeri ve Hesaplama**	**Yeni Seviye**
A1	1, 2,3	$(0,28+0,42+0,33)/3$	0,3411
A2	4, 5, 6	$(0,33+0,43+0,36)/3$	0,3718
A3	7, 8, 9	$(0,31+0,40+0,31)/3$	0,3416
A4	10, 11, 12	$(0,38+0,44+0,37)/3$	0,3959
A5	13, 14, 15	$(0,37+0,29+0,43)/3$	0,3623
A6	16, 17, 18	$(0,36+0,35+0,35)/3$	0,3551
B1	1, 4, 7, 10, 13, 16	$(0,28+0,33+0,31+0,38+0,37+0,36)/6$	0,3393
B2	2, 5, 8, 11, 14, 17	$(0,42+0,43+0,40+0,44+0,29+0,35)/6$	0,3864
B3	3, 6, 9, 12, 15, 18	$(0,33+0,36+0,31+0,37+0,43+0,35)/6$	0,3582
C1	1, 4, 9, 11, 15, 17	$(0,28+0,33+0,31+0,44+0,43+0,35)/6$	0,3562
C2	2, 5, 7, 12, 13, 18	$(0,42+0,43+0,31+0,37+0,37+0,35)/6$	0,3740
C3	3, 6, 8, 10, 14, 16	$(0,33+0,36+0,40+0,38+0,29+0,36)/6$	0,3537

Ek-6



Ağırlıklandırma Randıman 0,7 ve Mukavemet 0,3 İçin Minitab 15 Analizi Ekran Görüntüsü

Ek-7

Çizelge 4.26. Randıman ve Mukavemet Çıktısı İçin Gri İlişkiler Derece ve Sıralaması (Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin)

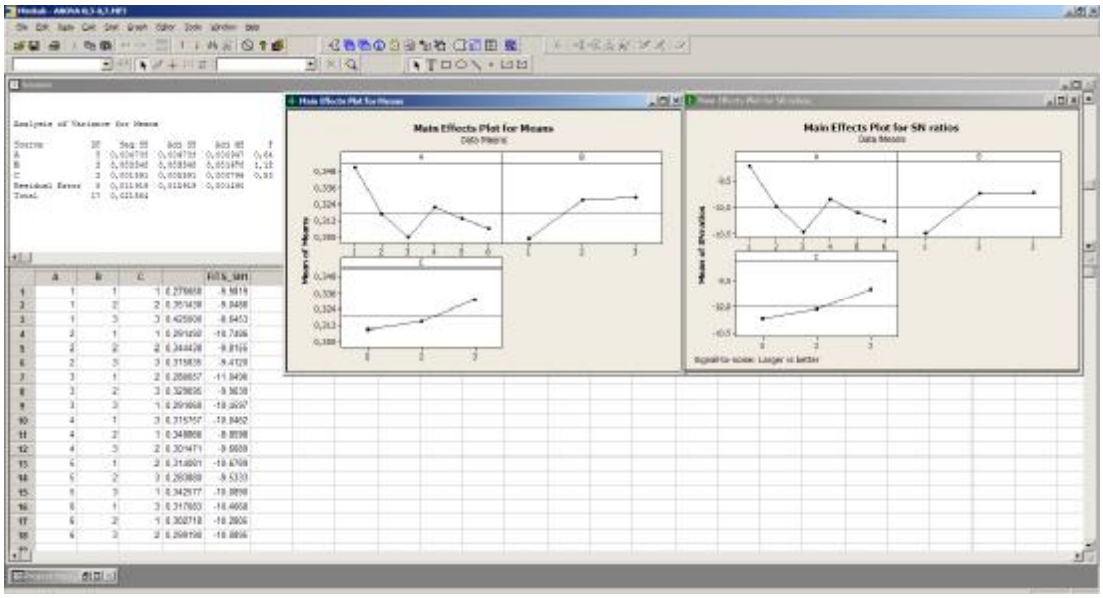
	Gri İlişkiler Derece		Sıralama
Deney No	**Hesaplama**	**Sonuç**	
1	((0,3x0,57) + (0,7x0,55)) / 2	0,28	18
2	((0,3x0,93) + (0,7x0,60)) / 2	0,35	2
3	((0,3x0,50) + (0,7x1,00)) / 2	0,43	1
4	((0,3x0,70) + (0,7x0,53)) / 2	0,29	14
5	((0,3x0,97) + (0,7x0,57)) / 2	0,34	4
6	((0,3x0,80) + (0,7x0,56)) / 2	0,32	8
7	((0,3x0,68) + (0,7x0,51)) / 2	0,28	17
8	((0,3x0,90) + (0,7x0,56)) / 2	0,33	6
9	((0,3x0,66) + (0,7x0,55)) / 2	0,29	15
10	((0,3x0,86) + (0,7x0,53)) / 2	0,32	9
11	((0,3x1,00) + (0,7x0,57)) / 2	0,35	3
12	((0,3x0,84) + (0,7x0,50) / 2	0,30	12
13	((0,3x0,82) + (0,7x0,55)) / 2	0,31	10
14	((0,3x0,59) + (0,7x0,56)) / 2	0,28	16
15	((0,3x0,01) + (0,7x0,80)) / 2	0,34	5
16	((0,3x0,26) + (0,7x0,77)) / 2	0,32	7
17	((0,3x0,27) + (0,7x0,89)) / 2	0,30	11
18	((0,3x0,30) + (0,7x0,90)) / 2	0,30	13

Ek-8

Çizelge 4.27. Hız, Viskozite ve İplik Numarası Faktörleri İçin Faktör Seviyelerinin Yeniden Hesaplanması (Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin)

Faktör ve Seviyesi	**Çizelge 3.3'de ki Deney Numarası**	**Deney Numaralarına Karşılık Gelen Gri İlişkiler Derecesi Değeri ve Hesaplama**	**Yeni Seviye**
A1	1, 2,3	$(0,28+0,35+0,43)/3$	0,3510
A2	4, 5, 6	$(0,29+0,34+0,32)/3$	0,3173
A3	7, 8, 9	$(0,28+0,33+0,29)/3$	0,3003
A4	10, 11, 12	$(0,32+0,35+0,30)/3$	0,3220
A5	13, 14, 15	$(0,31+0,28+0,34)/3$	0,3135
A6	16, 17, 18	$(0,32+0,30+0,30)/3$	0,3063
B1	1, 4, 7, 10, 13, 16	$(0,28+0,29+0,28+0,32+0,31+0,32)/6$	0,2992
B2	2, 5, 8, 11, 14, 17	$(0,35+0,34+0,33+0,35+0,28+0,30)/6$	0,3268
B3	3, 6, 9, 12, 15, 18	$(0,43+0,32+0,29+0,30+0,34+0,30)/6$	0,3292
C1	1, 4, 9, 11, 15, 17	$(0,28+0,29+0,29+0,35+0,34+0,30)/6$	0,3089
C2	2, 5, 7, 12, 13, 18	$(0,35+0,34+0,28+0,30+0,31+0,30)/6$	0,3151
C3	3, 6, 8, 10, 14, 16	$(0,43+0,32+0,33+0,32+0,28+0,32)/6$	0,3312

Ek-9



Ağırlıklandırma Randıman 0,3 ve Mukavemet 0,7 İçin Minitab 15 Analizi Ekran Görüntüsü